



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – FCT  
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Vinicius Carmello

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E PRODUÇÃO DE SOJA: ANÁLISE  
COMPARATIVA ENTRE REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL, ESTADOS UNIDOS E  
ÍNDIA**

Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant'Anna Neto

Presidente Prudente, agosto de 2018.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – FCT  
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Vinicius Carmello

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E PRODUÇÃO DE SOJA: ANÁLISE  
COMPARATIVA ENTRE REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL, ESTADOS UNIDOS E  
ÍNDIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Campus de Presidente Prudente, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant’Anna Neto

Presidente Prudente, agosto de 2018.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Presidente Prudente

Carmello, Vinicius.  
C189v Variabilidade pluviométrica e produção de soja : análise comparativa entre regiões produtoras do Brasil, Estados Unidos e Índia / Vinicius Carmello. - 2018  
236 f. : il.

Orientador: João Lima Sant'Anna Neto  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018  
Inclui bibliografia

1. Variabilidade das chuvas. 2. Produtividade de soja. 3. Análise comparativa. I. Carmello, Vinicius. II. Sant'Anna Neto, João Lima. III. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

Claudia Adriana Spindola  
CRB-8º/5790

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA TESE:** VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E PRODUÇÃO DE SOJA: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL, ESTADOS UNIDOS E ÍNDIA

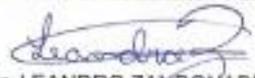
**AUTOR:** VINICIUS CARMELLO

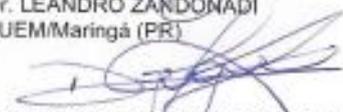
**ORIENTADOR:** JOÃO LIMA SANTANNA NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em GEOGRAFIA, área: PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. JOÃO LIMA SANTANNA NETO  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

  
Prof. Dr. EDILSON FERREIRA FLORES  
Departamento de Estatística / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

  
Prof. Dr. LEANDRO ZANDONADI  
CCH / UEM/Maringá (PR)

  
Profa. Dra. DANIELA FERNANDA DA SILVA FUZZO  
Depto de Coordenação de Curso de Geografia / UNESP - Campus de Ourinhos

  
Prof. Dr. JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 30 de julho de 2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos tempos de Londrina, da UEL e da EMBRAPA, pois este foi o tempo responsável pela base da minha formação como pesquisador.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado referente ao período anterior à aprovação da bolsa FAPESP.

Agradeço à FAPESP pela concessão da bolsa de pesquisa e da reserva técnica que me proporcionou a participação em eventos, congressos, cursos e a realização de dois períodos sanduíches com a modalidade BEPE. Processos número: 2016/24271-1, 2015/18063-4 e 2014/01071-1.

À FCT/UNESP, aos funcionários e professores. Sou grato pelo ensino público e de qualidade recebido desde a graduação até o doutorado.

Ao Prof. João Lima Sant'Anna Neto pelo apoio, orientação, confiança e contribuição junto ao desenvolvimento da pesquisa. Obrigado também pela amizade.

Aos Professores da banca de qualificação e de defesa.

Ao amigo Danilo Alvares, atual pós-doutorado da Universidade de Harvard, por toda a ajuda e grande parte da estatística empregada nesta pesquisa.

Ao Prof. Scott Sheridan da *Kent State University* por me receber e me auxiliar durante sete meses os quais fiquei em sua instituição realizando o período sanduíche.

À Profa. Liliana Zaharia da Universidade de Bucareste também por me receber e me auxiliar durante o mês que fiquei trabalhando em sua instituição.

Ao Prof. Vincent Dubreuil pelo companheirismo nos eventos da AIC, pela ajuda na elaboração dos resumos e pelas dicas e alertas de que é necessário sempre melhorar.

À colega Florentina Stan pela ajuda com as análises de evapotranspiração e também pela recepção em Bucareste.

À colega Fabiana Mangilli, doutoranda em Geografia pela UEL, pelos gráficos de Balanço Hídrico.

Ao amigo Baiano pelo apoio e amizade desde 2006.

Aos amigos do GAIA que foram fundamentais para iniciar e concluir essa pesquisa. Em especial aos amigos Juninho, Núbia e Karime.

Aos amigos da UNESP – Heck, Agnaldo, Jessica e Fani.

A todos os amigos que a vida me presenteou.

À minha esposa Maria Paula, pelo carinho. Que quero agradecer muito pela revisão na estrutura, na forma, na gramática e pela produção da capa. Te amo muito.

À minha família, mãe, pai, irmã e cunhado e em especial, aos meus sobrinhos Otávio e Ana Maria.

**“A genialidade é 1% inspiração e 99% transpiração”**

Thomas Edison

**“Neste mundo, o homem tem apenas três necessidades originais: 1) a de subsistência, 2) a de sua preservação e 3) a de perpetuação de sua espécie. Dessas três, a primeira é a única imperativa, indispensável e individual.”**

François Quesna

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar a variabilidade das chuvas e a produtividade da soja em regiões produtoras no Brasil, Estados Unidos e Índia. A partir de um estudo comparativo e amparado pelas análises climatológicas que envolvem técnicas estatísticas e cartográficas, buscou-se compreender os arranjos regionais particulares a cada realidade. Configurada e considerada sob as possibilidades e formas desiguais de acesso à técnica e ao manejo necessário para minimizar os efeitos adversos e negativos/positivos da variabilidade, considera-se que essa heterogeneidade dá o caráter de maior ou menor susceptibilidade as quebras ou déficits agrícolas. Espera-se contextualizar a realidade regional em função da observação dos diferentes arranjos regionais produzidos diferentemente conforme a história e da política internacional em conexões globais, para tanto, foi elaborada a parte de fundamentação teórica tratando temas contemporâneos da geopolítica, da globalização, do conceito de região e da importância de se realizar um estudo comparado. Foram coletados dados de produtividade de soja e de precipitação e temperatura de quatro regiões. A primeira delas localiza-se no sul do Brasil e é constituída pela região noroeste do Rio Grande do Sul, a segunda localiza-se no centro oeste do Brasil, mais especificamente o norte do Mato Grosso, a terceira é nos Estados Unidos e constitui o noroeste do Estado de Ohio, e a quarta situa-se na região central e mais agrícola da Índia, o oeste do estado de Madhya Pradesh. Cada região apresenta diferentes características e especificidades quanto a história, cultura, padrões, crenças, estruturas econômicas, etc., mas detém uma característica em comum, a presença da soja, fator determinante para realizar uma pesquisa comparativa. Os resultados mostraram maior variação dos totais anuais de produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul, Ohio e Madhya Pradesh e menor variação, indicando maior homogeneidade no norte do Mato Grosso. O Mato Grosso, juntamente com Ohio são os dois maiores produtores, com valores anuais alcançando, em alguns casos, 3,800 kg/ha. O Rio Grande do Sul, neste contexto, se torna intermediário, com marcada variação anual tanto entre os totais regionais, quanto entre os municípios. A região indiana mostra valores baixos se comparado às demais regiões, porém com certa homogeneidade dos dados – baixa variação. A variabilidade das chuvas também foi marcada no Rio Grande do Sul, Ohio e com menor intensidade em Madhya Pradesh e norte do Mato Grosso. Apesar das análises nas escalas anuais indicar bons resultados, foi a partir da redução para a escala mensal que foi possível medir com maior precisão os níveis de correlação entre a chuva e a produtividade de soja. Para o sul do Brasil, 90% dos resultados do total de 42 testes realizados mostraram uma correlação estatisticamente significativa (para valores de  $p$  entre 0,001 e 0,03), principalmente para os meses de janeiro e fevereiro. Nos Estados Unidos, os resultados apresentaram correlações positivas com valores de  $p$  entre 0,028 e 0,042 em julho e agosto e negativos em maio. Estes mesmos testes não foram significativos no norte do Mato Grosso e na região indiana. No sul do Brasil, os resultados estatisticamente positivos correspondem aos principais períodos de desenvolvimento da soja, onde as necessidades de água são maiores: os meses de janeiro e fevereiro correspondem à floração, ao desenvolvimento e ao enchimento das vagens, um período que requer uma boa distribuição de precipitação (o que explica o grande número de correlações positivas). Ao mesmo tempo, nos Estados Unidos, os resultados indicam uma maior dependência entre os rendimentos da soja e as chuvas que ocorrem em julho e agosto, o que corresponde também ao período mais importante para o desenvolvimento fenológico da cultura nesta região. Os resultados integram e contribuem para pesquisas relacionadas à climatologia numa escala global, e aos estudos dos impactos regionais das mudanças climáticas, e temas da geopolítica no contexto atual (estratégicas), relacionado à produção de alimentos. Em síntese, a tese representou uma correlação entre a realidade climática geográfica (chuva e vulnerabilidade agrícola) a partir do contexto regional de cada ponto escolhido.

**Palavras-chave:** Produtividade; soja; precipitação; variabilidade.

## **ABSTRACT**

This research main goal is to analyze the rainfall variability and soybean yield in producing regions in Brazil, India and United States. The study sought to understand the specific regional arrangements based on a comparative study supported by climatological analyzes involving statistical and cartographic techniques. Configured and considered under different and unequal technique access forms and required management to minimize variability' positive/negative adverse effects, the research considers this heterogeneity gives greater or lesser susceptibility to agricultural breaks or deficits. Different regional arrangements are produced differently according to history and global connection international politics. Theoretical basis was elaborated dealing with contemporary geopolitics issues such as globalization, concept of region and comparative study. 4-regions soybean yield, precipitation and temperature data were collected. The first region corresponds to Southern Brazil, specifically Rio Grande do Sul northwest, and the second is placed on Brazil's Middle-West, at northern Mato Grosso state. The third region is located at United States, in northwest Ohio state, and the fourth one represents the most agricultural region of India: western Madhya Pradesh state. Strong annual soybean yield variability was found in Rio Grande do Sul, Ohio and Madhya Pradesh, with less variation and strong homogeneity in Mato Grosso. Also, Mato Grosso and Ohio are the largest producers, with annual values reaching 3,800kg/ha, followed by Rio Grande do Sul, affected by seasonality. The Indian region shows the lowest values although has a strong data homogeneity (less variation). Annual rainfall variability was well marked in Rio Grande do Sul and Ohio, with less intensity in Madhya Pradesh and northern Mato Grosso state. However, monthly data allows to reach better correlations between soybean yield and rainfall. 90% of 42 correlation tests showed statistical significance (p-value between 0.001 and 0.03) for southern Brazil, principally in January and February. For Ohio, positive correlations (p-value between 0,028 and 0.042) were found in July and August, and negative correlations were found in May. The first result corresponds to main soybean development period in Brazil, with more water needs: January and February correspond to flowering and pods' filling and development period, that requires a satisfactory precipitation distribution (which explains the substantial number of positive correlations). At the same time, in United States the results indicate more dependence between soybean yield and July and August rainfall, most important months to phenological development at this region. The results increase climatological research related to climate at global scale, and the climate change regional impacts. Also contributes to geopolitics issues at current context (strategies), related to food production. The thesis presents correlation between the geographical-climatic reality (rainfall and agricultural vulnerability) from regional context of each selected point.

**Key Words:** Yield; soybean; rainfall; variability.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Produção e produtividade mundial de cereais versus área plantada.....	18
Figura 2– Regiões produtoras de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia o que corresponde às áreas de estudos desta pesquisa.....	21
Figura 3 - Hartshorne versus Schaefer no que tange a diferenciação de área e a comparação. ....	26
Figura 4 - Os processos civilizatórios e os processos estruturantes da regionalização .....	29
Figura 5 - Proposta de fluxograma para compreender as duas formas clássicas e expansão do desenvolvimento tecnológico .....	30
Figura 6 - Questionamentos acerca da produção de soja .....	34
Figura 7 - Calendário agrícola e os principais períodos de desenvolvimento da planta por região comparada .....	35
Figura 8 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas acima de 10% no noroeste rio-grandense .....	41
Figura 9 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas acima de 10% no norte mato-grossense .....	41
Figura 10 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas no noroeste de Ohio. ....	43
Figura 11 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas no oeste de Madhya Pradesh -.....	45
Figura 12 - Esquema de um gráfico <i>Boxplot</i> .....	47
Figura 13 - Exemplo de como o consumo de produtos agrícolas aumentaram entre os países de capital emergente (Brasil, Índia e China) em comparação com Europa e Estados Unidos .....	55
Figura 14 - Representação do histórico da produção mundial de grãos entre 1960 e 2005 – ênfase para os valores de produção e produtividade a partir de 1970. ....	58
Figura 15 - Trajetória histórica da produção de alimentos e a ruptura na década de 1970 .....	60
Figura 16 - Produção em milhões de toneladas dos cinco principais produtores .....	66
Figura 17 - Área total colhida entre os cinco maiores produtores .....	67
Figura 18 - Produtividade média anual dos cinco maiores produtores de soja .....	68
Figura 19 - Linha de tendência de aumento da produção de soja representada para cada país.....	69
Figura 20 - Produção em milhões de tonelada entre EUA, Brasil e Índia .....	70
Figura 21 - Variação do índice padronizado por região produtora de soja. ....	71
Figura 22 – Comparativo da variação da produtividade total anual (103kg/ha) da soja comparando o total produção das quatro regiões.....	72
Figura 23 - Teste de tendência para os valores de produtividade por município e região entre 1999-2013 .....	74
Figura 24 - Interpolação dos valores de produtividade e dos resultados de tendência de Mann-Kendall em comparação ao agrupamento – Ward – Grupos P1, P2 e P3 de alta, média e baixa produtividade.....	76
Figura 25 - Localização geográfica das principais áreas produtoras de soja do Brasil .....	78
Figura 26 - Exemplo de propriedade agrícola no Rio Grande do Sul .....	79
Figura 27 - Variação anual do total produzido em toneladas pelo estado do Rio Grande do Sul (1999 – 2012).....	81
Figura 28 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do noroeste gaúcho.....	82
Figura 29 - Grupos conforme a média de produtividade das 15 safras.....	83
Figura 30 - Grupos de produtividade da soja a partir do teste de hierarquização no noroeste do Rio Grande do Sul.....	85
Figura 31 - Regionalização da soja por grupo de produtividade no noroeste do Rio Grande do Sul .....	86
Figura 32 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop .....	87
Figura 33 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop .....	87
Figura 34 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop .....	88
Figura 35 - Variação anual da quantidade produzida em toneladas pelo estado do Mato Grosso .....	89
Figura 36 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do norte mato-grossense. ....	90
Figura 37 - Grupos de produtividade formados a partir da técnica de Ward conforme a média de produtividade das 15 safras .....	91
Figura 38 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões utilizando técnica de agrupamento hierárquico. ....	92
Figura 39 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no norte do Mato Grosso .....	94
Figura 40 - Comparação entre a média anual de produtividade das regiões noroeste gaúcho e norte mato-grossense.....	95
Figura 41 - Comparação anual da variação da produtividade de soja entre os municípios produtores .....	95
Figura 42 - Diferenças nos padrões de produtividade da soja entre as duas regiões no Brasil .....	96
Figura 43 - Perfil das propriedades agrícolas no noroeste do Rio Grande do Sul e norte do Mato Grosso .....	98
Figura 44 - Padrão médio da área das propriedades rurais em hectares.....	98

Figura 45 - Quantidade de estabelecimentos que realizaram modificações e benfeitorias até 2006 .....	99
Figura 46 - Quantidade de estabelecimentos com tratores (%).....	99
Figura 47 - Padrões quanto ao perfil do trabalhador por gênero .....	99
Figura 48 - Principais regiões produtoras de soja nos Estados Unidos .....	100
Figura 49 – formas da geomorfologia do estado de Ohio para comparar com a região mais produtora de soja do estado.....	101
Figura 50 - Perfil Agrícola das propriedades de soja em Ohio.....	102
Figura 51 - Perfil Agrícola das propriedades de soja em Ohio.....	103
Figura 52 - Cultivo de soja e milho na mesma propriedade agrícola .....	103
Figura 53 - Variação anual da produtividade (to/ha) entre os municípios do noroeste de Ohio.....	104
Figura 54 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do noroeste de Ohio.....	105
Figura 55 - Grupos de produtividade conforme a média de Produtividade das 15 safras .....	106
Figura 56 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões utilizando técnica de agrupamento hierárquico .....	107
Figura 57 - Número de estabelecimentos com lavouras temporárias no estado de Ohio.....	108
Figura 58 - Média de estabelecimentos agropecuários por grupo de município em Ohio. ....	108
Figura 59 - Área média (hectares) dos estabelecimentos agropecuários no estado de Ohio.....	109
Figura 60 - Quantidade de estabelecimentos agrícolas que realizaram benfeitorias e melhorias até 2012 .....	109
Figura 61 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no noroeste de Ohio .....	111
Figura 62 - Diferenças nas estruturas econômicas da Índia desde 1950 até 1999.....	112
Figura 63 - Perfil de propriedade de soja na Índia .....	113
Figura 64 - Perfil de propriedade de soja na Índia .....	113
Figura 65 - Relação entre a área, a produção e a produtividade anual de soja na Índia .....	115
Figura 66 - Produtividade anual da soja entre os municípios do oeste de Madhya Pradesh.....	116
Figura 67 - Grupos de produtividade conforme a média das 15 safras.....	117
Figura 68 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões .....	118
Figura 69 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no oeste de Madhya Pradesh.....	120
Figura 70 - Os desastres naturais em escala mundial – 1994-2003 .....	123
Figura 71 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas no Rio Grande do Sul.....	124
Figura 72 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas no Mato Grosso.....	125
Figura 73 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas em Ohio.....	125
Figura 74 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas em Madhya Pradesh .....	125
Figura 75 - Exemplo de variabilidade pluviométrica a partir dos totais anuais de chuva em um período de 30 anos ....	127
Figura 76 - Exemplo de variabilidade a partir do Índice Padronizado de Precipitação para o total acumulado no período de safra de soja nos estados de Ohio e Madhya Pradesh.....	127
Figura 77 - Exemplo de variabilidade a partir do Índice Padronizado de Precipitação para o total acumulado no período de safra de soja nos estados de Ohio e Madhya Pradesh.....	128
Figura 78 - O risco no setor agrícola e seus desdobramentos.....	135
Figura 79 - Descrição dos principais riscos aos quais a agricultura está vulnerável .....	135
Figura 80 - Mapa climático do Brasil a partir da classificação de Köppen .....	139
Figura 81 - Tipo climático segundo a classificação de Köppen .....	140
Figura 82 - Classificação climática para as regiões da soja.....	142
Figura 83 - - Exemplo da distribuição anual das chuvas e temperatura a partir dos climogramas de cada região .....	143
Figura 84 - Mapa climático de Ohio a partir da classificação de Köppen .....	144
Figura 85 - Distribuição e ocorrência das massas de ar no noroeste de Ohio entre julho e agosto .....	146
Figura 86 - Mapa climático da Índia com destaque para Madhya Pradesh a partir da classificação de Köppen .....	147
Figura 87 - Resultados estatisticamente significativos em séries de chuva do oeste de Madhya Pradesh .....	149
Figura 88 – Comparativo entre os valores de precipitação e as diferenças quanto aos padrões regionais.....	150
Figura 89 - Diferenças nos padrões de precipitação em regiões produtoras de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia .	151
Figura 90 - Variabilidade entre os postos e entre os anos no noroeste do Rio Grande do Sul .....	153
Figura 91 - Comparação dos valores de produtividade de soja e da variabilidade das chuvas entre os postos pluviométricos do noroeste rio-grandense. ....	155
Figura 92 - Distribuição mensal da precipitação, da evapotranspiração da soja e o período de maior necessidade de irrigação para o rio Grande do Sul.....	156
Figura 93 - Variabilidade entre os postos e entre os anos no norte do Mato Grosso .....	158
Figura 94 - distribuição mensal das saídas do modelo CropWat simuladas por ano diferente 2012-2013 (úmido). 1998-1999 (seco).....	160

Figura 95 - Comparação dos valores de produtividade de soja e da variabilidade das chuvas entre os postos pluviométricos do noroeste mato-grossense.....	160
Figura 96 - A variabilidade entre os postos e entre os anos no noroeste de Ohio.....	162
Figura 97 - Distribuição mensal das saídas do modelo CropWat simuladas por diferentes anos em Defiance, Ohio. 1999 (seco) e 2011 (úmido).....	165
Figura 98 - Produtividade entre os municípios, variação do total anual e variabilidade das chuvas entre os postos do noroeste de Ohio.....	166
Figura 99 - Variabilidade anual das chuvas no oeste de Madhya Pradesh - Índia.....	168
Figura 100 - Distribuição mensal dos valores de evapotranspiração da planta de soja em 2004 (úmido) e 2005 (seco).....	170
Figura 101 - Produtividade entre os municípios, variação do total anual e variabilidade das chuvas entre os postos do oeste de Madhya Pradesh.....	171
Figura 102 - Períodos fenológicos da planta de soja e destaque para as fases VE e R4.....	175
Figura 103 - Valores de chuva no mês de fevereiro e correlação com a produtividade de soja em 1 - Barracão e 2 – Espumoso.....	180
Figura 104 - Valores de chuva no mês de fevereiro no município de David Canabarro e Guarani das Missões, Brasil... ..	181
Figura 105 - Valores de chuva nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em Santo Antônio das Missões, Brasil.....	184
Figura 106 - Valores de chuva nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em São Miguel das Missões.....	185
Figura 107 - Correlação negativa nos meses de dezembro em Paranatinga e Colíder, Brasil.....	188
Figura 108 - Correlação positiva em outubro em Nova Maringá e em março em Lucas do Rio Verde.....	189
Figura 109 - Valores de chuva no mês de julho em Bucyrus e Sandusky, Estados Unidos.....	192
Figura 110 - Valores de chuva no mês de agosto em Pandora, Marion e Toledo, Estado Unidos.....	193
Figura 111 - Valores positivos de correlação no mês de julho em Dhar e Ujjain, Índia.....	196
Figura 112 - Valores positivos de correlação no mês de julho em Shajapur e Mandsaur, Índia.....	197
Figura 113 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul.....	198
Figura 114 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no norte do Mato Grosso.....	199
Figura 115 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no noroeste de Ohio.....	199
Figura 116 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no oeste de Madhya Pradesh.....	200
Figura 117 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2001-2002 no noroeste do Rio Grande do Sul.....	201
Figura 118 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2003-2004 no noroeste do Rio Grande do Sul.....	202
Figura 119 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2004-2005 no noroeste do Rio Grande do Sul.....	203
Figura 120 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2011-2012 no noroeste do Rio Grande do Sul.....	204
Figura 121 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2003-2004 no norte do Mato Grosso.....	205
Figura 122 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2004-2005 no norte do Mato Grosso.....	206
Figura 123 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2005-2006 no norte do Mato Grosso.....	207
Figura 124 - Extrato do balanço hídrico para o ano de 2002 em Ohio.....	208
Figura 125 - Extrato do balanço hídrico para o ano de 2008 em Ohio.....	209
Figura 126 - Balanço Hídrico no ano agrícola de 2007 - ano em que o rendimento não mostrou variação.....	210
Figura 127 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2003).....	211
Figura 128 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2004).....	212
Figura 129 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2005).....	213

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização regional, nacional e local do universo de análise.....	22
Tabela 2 - Municípios, postos pluviométricos e porcentagem de falhas nas séries mensais na mesorregião norte mato-grossense.....	38
Tabela 3 - Municípios, postos pluviométricos e porcentagem de falhas nas séries mensais na mesorregião noroeste rio-grandense.....	39
Tabela 4- Exemplo do formato da planilha e os dados ainda em inches (polegadas).....	42
Tabela 5 - Parte da planilha com os dados de chuva já convertidos em milímetros.....	43
Tabela 6 - Exemplo de como os dados de chuva são disponibilizados pelo departamento de meteorologia da Índia.....	44
Tabela 7 - Falhas nas séries históricas de precipitação dos postos pluviométricos da Índia.....	44
Tabela 8 - Dados climáticos e institutos consultados em cada país, de acordo com cada variável.....	50
Tabela 9 - Principais produtores, consumidores, importadores e exportadores.....	64

Tabela 10 - Análise integrada e estatística descritiva para o total de 284 municípios. ....	72
Tabela 11 - Resultados do teste de tendência para os valores de produtividade da soja .....	73
Tabela 12 - Estatística descritiva para a produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul.....	81
Tabela 13 - Classes para definir os grupos de produtividade.....	84
Tabela 14 - Estatística descritiva para a produtividade de soja no norte do Mato Grosso .....	89
Tabela 15 - Limites das classes para definir os grupos de produtividade .....	91
Tabela 16 - Estatística descritivas para os valores de produtividade no noroeste de Ohio.....	104
Tabela 17 - Classes para definir os grupos de produtividade para a região noroeste de Ohio .....	107
Tabela 18 - Estatística descritiva para os dados de produtividade soja da região oeste de Madhya Pradesh.....	115
Tabela 19 - Classes para definir os grupos de produtividade.....	118
Tabela 20 - Tipo de tempo para cada aparição de massa de ar em Ohio. ....	146
Tabela 21 - Resultados estatisticamente significativos em séries de chuva do oeste de Madhya Pradesh ...	148
Tabela 22 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola .....	152
Tabela 23 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola .....	157
Tabela 24 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola .....	161
Tabela 25 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola .....	167
Tabela 26 - Municípios e Postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos .....	177
Tabela 27 - Síntese dos resultados estatísticos de correlação.....	179
Tabela 28 - Valores totais de chuva no mês de fev. em Barracão e Espumoso, RS .....	181
Tabela 29 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em Carazinho.....	182
Tabela 30 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em Guarani das Missões.....	182
Tabela 31 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em David Canabarro .....	183
Tabela 32 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho. ....	186
Tabela 33 - Síntese dos resultados de correlação por tipo de teste .....	187
Tabela 34 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho. ....	190
Tabela 35 - Síntese dos resultados para o noroeste de Ohio.....	191
Tabela 36 - Valores totais de chuva no mês de julho em Bucyrus e Sandusky .....	194
Tabela 37 - Valores totais de chuva no mês de agosto em Pandora e Marion .....	194
Tabela 38 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho .....	195
Tabela 39 - Síntese dos resultados de correlação por tipo de teste .....	195
Tabela 40 - Anos-padrões em séries de precipitação no Brasil, Estados Unidos e Índia .....	218
Tabela 41 - Destaque aos períodos de risco durante o desenvolvimento da soja.....	220

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de posto com falhas no município de Vera, MT.....	37
Quadro 2 - Exemplo de posto pluviométrico sem falhas na série histórica no município de Sorriso, MT. ....	38
Quadro 3 - Quantis para caracterização da variabilidade das chuvas .....	46
Quadro 4 - Principais elementos que influenciaram a atual configuração da geopolítica .....	55
Quadro 5 - Variabilidade temporal e espacial das chuvas na região noroeste rio-grandense .....	154
Quadro 6 - Variabilidade temporal das chuvas na região norte mato-grossense.....	159
Quadro 7 - Variabilidade temporal das chuvas na região noroeste de Ohio .....	164
Quadro 8 - Variabilidade espaço temporal da precipitação no oeste de Madhya Pradesh .....	169

## SUMÁRIO

<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
Questionamento e Hipótese .....	19
Objetivo geral.....	20
Objetivos Específicos.....	20
Universo De Análise .....	21
<b>1 - O SENTIDO DA COMPARAÇÃO E DA DIFERENCIAÇÃO EM GEOGRAFIA, O CONCEITO DE REGIÃO E O PROCESSO DE GLOBALIZAÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 - Introdução.....	23
1.2 - O sentido da comparação nos estudos geográficos e o uso do conceito de região .....	24
1.3 - O processo de Globalização .....	29
1.4 - Teorias gerais sobre formação socioeconômica dos Estados Nação e temas gerais das relações internacionais.....	32
<b>2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>34</b>
2.1 - Materiais .....	36
2.1.1 - Quanto aos dados de produtividade de soja .....	36
2.1.2 - Quanto aos dados de precipitação, a rede de postos utilizados e a série histórica .....	36
2.2 - Técnicas.....	45
2.2.1 - Representação da variabilidade a partir da técnica do Quantis.....	45
2.2.2 - Testes de tendência e homogeneidade em séries de dados .....	46
2.2.3 – Quanto a representação dos resultados a partir de gráficosdo tipo boxblots .....	47
2.2.4 - Agrupamento segundo os diferentes níveis de produtividade – Técnica de Ward .....	48
2.2.5 - Quanto às técnicas de correlação – Kendall, Pearson e Spearman .....	48
2.2.6 - Quanto à representação da vulnerabilidade em curvas através da abordagem de estimação Bayesiana ....	49
2.2.6 - Quanto à análise da evapotranspiração e dos períodos de maior necessidade hídrica – irrigação .....	49
2.2.7 - Quanto à técnica de balanço hídrico .....	50
<b>3 - A REPRESENTATIVIDADE DA SOJA A AS REGIÕES PRODUTORAS NO BRASIL, NOS ESTADOS UNIDOS E NA ÍNDIA ...</b>	<b>52</b>
3.1 – Introdução.....	52
3.2 - A geopolítica da produção de alimentos, a internacionalização da economia e o papel da agricultura no mundo .....	53
3.3 - A organização agrícola no contexto global e o papel da soja como um produto de integração econômica.....	57
3.4 - Indicadores da variação anual da produção de soja entre os cinco países que lideram o rank de produção de soja: 1999 - 2013.....	65
3.5 - Teste de tendência aplicado ao total anual de cada município .....	73
3.6 - Indicadores regionais de produtividade para duas regiões representativas no Brasil .....	77
3.7 - Rio Grande do sul e a região noroeste rio-grandense .....	79
3.8 - Mato Grosso e a região norte mato-grossense .....	87
3.9 - Comparação e discussão acerca das diferenças entre as duas regiões do Brasil .....	95
3.10 - Perfil das propriedades agrícolas que cultivam soja no Brasil .....	97
3.11 - Indicadores regionais de produtividade para uma região representativa de Ohio .....	100
3.12 - Indicadores regionais de produtividade para uma região representativa da Índia .....	112
<b>4 - IMPACTOS RECENTES DA VARIABILIDADE DAS CHUVAS EM REGIÕES PRODUTORAS DE SOJA NO BRASIL, NOS ESTADOS UNIDOS E NA ÍNDIA: ANÁLISE INTER ANUAL.....</b>	<b>121</b>
4.1 – Introdução.....	121

4.2 - Quanto ao conceito de variabilidade em análises climatológicas .....	124
4.3 - Quanto ao conceito de vulnerabilidade: contextualização e definição em estudos climatológicos .....	128
4.4 - Quanto ao conceito de risco: contextualização e definição em estudos climatológicos.....	130
4.5 - O risco climático e a relação com a agricultura: pontos que justificam estudos entre o clima e a agricultura ...	131
4.5 - Análise de séries temporais de chuva em municípios produtores de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia: caracterização, variabilidade e impacto.....	139
4.6 - Análise recente da variabilidade interanual das chuvas, os anos extremos e as correlações lineares entre os totais anuais de chuva e de soja em municípios produtores (1999 – 2013).....	148
4.7 - Variabilidade anual das chuvas no noroeste do rio-grandense e norte mato-grossense.....	152
4.8 - A variabilidade anual das chuvas no noroeste de Ohio .....	161
4.9 - A variabilidade anual das chuvas no oeste de Madhya Pradesh – Índia.....	167
<b>5 - VARIABILIDADE MENSAL DAS CHUVAS E O BALANÇO HÍDRICO DOS ANOS DE MAIOR VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE .....</b>	<b>172</b>
5.1 – Introdução.....	172
5.2 - Chuva e soja – uma questão de escala .....	172
5.3 - A variabilidade mensal e a relação com a soja em comparação a seus períodos fenológicos e exigências hídricas.....	174
5.4 - Estatística descritiva e correlação mensal entre os valores de chuva e o total de produtividade .....	176
5.4.1 - Quanto aos resultados no Brasil.....	176
5.4.2 - Quanto aos resultados em Ohio – Estados Unidos.....	190
5.4.3 - Quanto aos resultados em Madhya Pradesh – Índia.....	194
5.5 - Correlação entre a produtividade final e o acúmulo de chuvas nos períodos determinantes para o desenvolvimento da planta.....	197
5.6 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico - Brasil.....	200
5.7 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico – Estados Unidos .....	208
5.8 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico – Índia.....	211
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>214</b>
Quanto à variação temporal e espacial dos dados de produtividade da soja .....	215
Quanto à variabilidade e a tendência nas séries de chuva entre os postos pluviométricos .....	216
Quanto à correlação estatística, a análise mensal, o balanço hídrico e os níveis de vulnerabilidade.....	218
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>222</b>

## PRÓLOGO

Não é por acaso que existam motivações para o desenvolvimento da presente pesquisa.

O autor tem se dedicado à esta temática desde 2008, quando iniciou a primeira iniciação científica na EMBRAPA/CNPSo Londrina, com resultados materializados na Monografia de Bacharelado apresentado ao Departamento de Geociência da Universidade Estadual de Londrina/2011 e orientada pela Prof. Deise Fabiana Ely. Este tema se manteve na elaboração do projeto de pesquisa apresentado no processo seletivo de mestrado. E o mesmo foi desenvolvido e concluído no ano de 2013, sob a orientação do Prof. João Lima e com financiamento da FAPESP.

A proposta de pesquisa que deu origem a esta tese surgiu de alguns questionamentos realizados pelo autor durante o estágio de pesquisa na Universidade de Rennes 2 – França, o qual foi supervisionado pelo Prof. Vincent Dubreuil. O período de mestrado sanduíche despertou o interesse em ampliar a escala de análise, além da inserção da proposta de comparação, técnica clássica da ciência geográfica, logo bastante frequente em estruturas metodológicas das ciências sociais e em pesquisas da Geografia.

O contato com outro grupo de pesquisa proporcionou maiores relações com estudos desta magnitude. Uma das maiores motivadoras foi a bióloga Heloiza Tozato, que em sua tese de doutorado, comparou duas regiões com características semelhantes (áreas alagadas) no Brasil e na França. Outros trabalhos da Universidade de Paris 8 em Saint-Dennis – França, também com objetivos parecidos foram estímulos para elaborar o projeto. Era frequente acompanhar pesquisas comparativas em desenvolvimento no Brasil, na Ucrânia, no Mali, em Burkina Faso, no Senegal, na Polônia, no Camboja, etc. Sem dúvida, o período na França foi o ponto de partida para desenvolver o atual projeto.

Apesar dos alertas recebidos quanto as dificuldades e desafios em se realizar um trabalho comparativo e também em considerar a escala internacional, os principais sujeitos interessados na pesquisa apoiaram e estimularam seu desenvolvimento. Um deles, sem dúvida, foi o Prof. João Lima, que esteve presente desde a elaboração do projeto à conclusão da tese, além dos membros do Grupo de pesquisa GAIA que se mostraram bastante motivadores. O período na *Kent State Universit*, em Ohio, e a participação em eventos como o da AAG em San Francisco, foram outros importantes fatores que mostraram ser possível concluir esta proposta. A troca e o diálogo internacional que ocorre neste tipo de evento aumentou o contato com pesquisas similares e, além disso, encontrar projetos convergentes é bastante motivador.

Na primeira reunião para discutir o projeto de pesquisa de doutorado, o principal foco foi manter a temática relacionada à soja e ao estudo da variabilidade das chuvas. Por partir da escala regional de análise, tanto nos projetos da graduação, quanto no mestrado, houve a preocupação de mantê-la também no doutorado. Porém, o diferencial seria a inclusão de dois outros países, também produtores de soja, estratégicos para a discussão geográfica pretendida, considerando as diferenças quanto a representatividade da soja em cada um deles, as diferenças dos padrões de

produção agrícola e as dependências quanto a variabilidade climática – relação entre risco e vulnerabilidade que a agricultura ainda apresenta, apesar da inserção da técnica voltada para a mitigação e controle. É importante destacar que o ponto de partida é o fato da soja estar presente nos três países, e de ser considerada como um dos produtos agrícolas com maior importância e destaque internacional das últimas décadas, no contexto da segurança alimentar.

Descritas as motivações, seguem a Introdução, a Estrutura da tese, os Objetivos e a caracterização do Universo de análise.

## INTRODUÇÃO

Considera-se a agricultura a grande responsável pelo sedentarismo e pela fixação do homem em regiões específicas do planeta. Nesse período iniciou-se a divisão social do trabalho, que determinou a configuração da sociedade próxima como é composta atualmente. Por ser considerada a grande responsável pela sedentarização, fixação e pelas primeiras formas de sociabilização e trocas ocorridas na história, foi responsável pelo início da aglomeração humana e pelo surgimento das primeiras cidades.

A concretização da agricultura no processo histórico da humanidade foi fundamental e responsável pelo surgimento de complexas organizações sociais, aumentando a concentração da população, tornando-as densas. Sem a agricultura esse processo não poderia ter ocorrido ou não teria ocorrido da mesma forma (DRENNAN e PETERSON, 2008). A agricultura é a base econômica dos países de capital periférico, ditos em desenvolvimento ou emergentes, outrora chamados de terceiro mundo. Está presente também nos países de capital central, onde detém grande influência na economia e centraliza autoridade no que se refere a geração de divisas.

Tomando como princípio que a história de cada país pode direcionar às questões de maior ou menor produção agrícola, seriam os países de capital central, que apresentam altos níveis de tecnologia e industrialização, os mesmos que possuem capacidade de produção diferenciada? Logo, seria possível determinar relações desiguais se comparados os níveis de produção agrícola destes países aos dos países periféricos?

Essa questão pode ser respondida quando se comparam os níveis globais de produção agrícola. Fato que é marcante ao verificar que tanto o Brasil, considerado um país periférico no conjunto da economia global, quanto os Estados Unidos, país que ocupa posição central, podem apresentar os mesmos níveis de produção agrícola.

Segundo o Banco Mundial, a população do planeta vem aumentando ao longo das últimas décadas e hoje ultrapassa os 7 bilhões de habitantes. E se a população do planeta aumenta, proporcionalmente se intensificam a demanda por alimento (HONDA et al., 2014) e consequentemente a necessidade de melhoria das práticas agrícolas.

Com as transformações demográficas na história da humanidade em associação com as transformações econômicas e sociais, mudaram-se também os costumes e as práticas de consumo. A base alimentar da população mundial é um exemplo dessas transformações. Por mais que existam populações inteiras vivendo abaixo da linha de pobreza no mundo, outros milhões deixaram de passar fome e passaram a ter acesso a alimentos processados e ricos em proteína animal.

A histórica econômica do Brasil é marcada por mudanças quanto aos padrões de produção agrícola, ou seja, se em determinado momento da história do Brasil o país era responsável pelo plantio e o abastecimento de açúcar no mundo, em outro, se tornou o principal produtor de café e recentemente um dos maiores exportadores de grãos como a soja e o milho. Belik (1994), por exemplo, demonstra que em um curto período, delimitado pelos anos 70, o Brasil trocou a sua

posição de exportador de produtos primários, como o café, e passou a dominar o mercado de óleo e farelo de soja e suco de laranja, além de ter posição de destaque no caso das carnes processadas, tabaco e outros. O Brasil segue a tendência e supre parte significativa das necessidades do mundo desde os tempos de colônia.

A forma de colonização implementada na região Sul dos Estados Unidos se aproxima dos projetos de colonização portuguesa implementados no Brasil nos séculos XVI e XVII. Porém existem diferenças ao se comparar com as regiões do meio oeste, norte e nordeste daquele país, as quais não empregavam o plantio de monoculturas, latifúndios e mantinham o trabalho escravo, ou seja, não seguiam as bases do *plantation*.

Nos Estados Unidos, primeiro produtor mundial, a soja detém papel central entre os produtos agrícolas de verão e, juntamente com o milho, estão presentes nas principais regiões produtoras de grãos, pois metade da produção de soja dos Estados Unidos é originária dos *Corn Belts*, região agrícola que inclui os estados de Illinois, Indiana, Iowa, Minnesota, Missouri e Ohio (HYMOWITZ, 1970), características econômicas e regionais que se mantem até o século XXI.

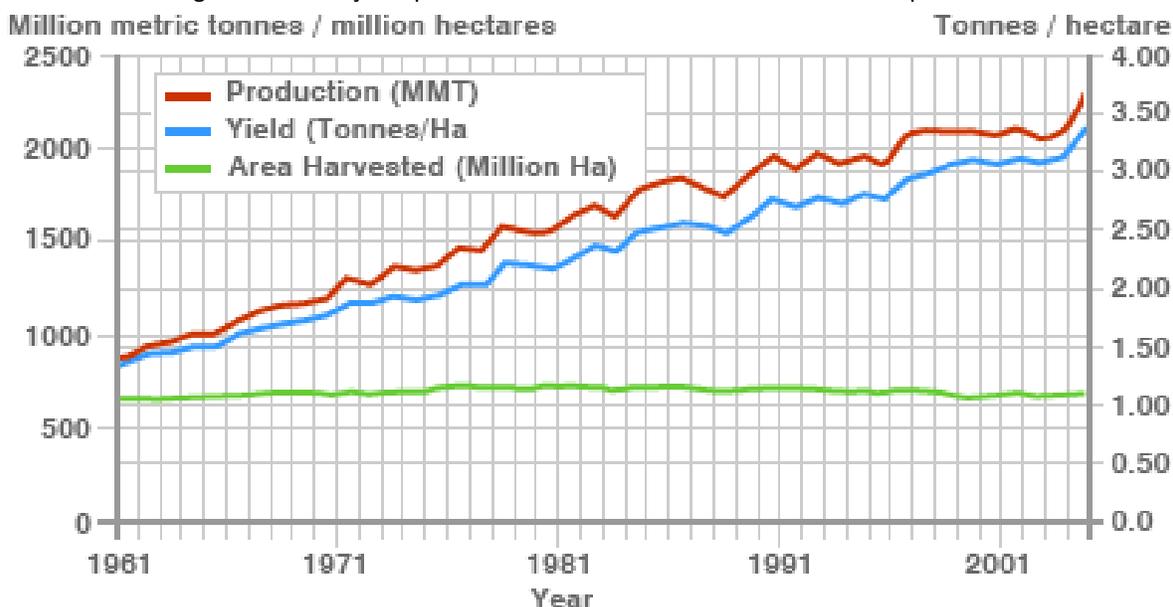
A Índia é um país que tem deixado as raízes agrícolas e está se tornando um país mais industrializado, com o desenvolvimento de tecnologia e *softwares* e a presenças das principais empresas de *callcenter* do mundo. Mesmo assim, 62% da população indiana ainda mantém suas bases na agricultura e cerca de 60% de seus habitantes estão empregadas no campo.

Considera-se então, que no caso Indiano a agricultura ainda é a espinha dorsal da economia do país, porém é importante salientar que sua contribuição para o produto interno bruto (PIB) diminuiu de 57% em 1950-51 para cerca de 30% em 1998-99, devido principalmente ao crescimento de outros setores da economia (KUMAR et al., 2004).

A revolução verde nos anos 70 foi decisiva para transformar o tipo de agricultura produzida no país, entretanto, apesar de apresentar ao longo dos anos um dinâmico processo de industrialização e mecanização da agricultura, ainda mostra marcada relação com suas tradições milenares, sobretudo em determinados estados. Em síntese, é considerado um país de contrastes, tanto neste setor citado, quanto na diversidade cultural, política e social.

É importante destacar a “importância” desta *commodity* no cenário econômico global (Figura 1), sobretudo nos tempos atuais quando as transformações das necessidades humanas são constantes. É importante destacar também a relação contraditória que existe no campo e a relação direta que a referida oleaginosa possui com o agronegócio e os desdobramentos e críticas que existem quanto as formas de regionalização as quais este sistema está intrinsecamente relacionado.

Figura 1 – Produção e produtividade mundial de cereais versus área plantada



Fonte: FAO<sup>1</sup>

A partir destas premissas, a tese está estruturada em cinco capítulos articulados entre fundamentação teórica, a análise, os resultados e as discussões conclusivas. No primeiro capítulo encontram-se as bases teóricas, em que se justificam a escolha pelo método de comparação, o uso do conceito de região, além da necessidade de entender o processo de globalização e as novas funções dos Estados-Nações no mundo contemporâneo.

No segundo capítulo estão os procedimentos metodológicos, assim como as informações referentes aos dados e técnicas utilizados. No terceiro capítulo, partindo da escala internacional, analisam-se o histórico de produção e de quanto o mesmo vem aumentando ao longo das últimas décadas. Em seguida, já considerando as quatro regiões da soja, buscou-se entender as variações anuais, a tendência e também a variação espacial da produtividade de soja.

No quarto capítulo abordam-se às concepções teóricas sobre a climatologia, os conceitos de variabilidade climática, vulnerabilidade e risco climático, e em todos estes conceitos, a busca pela relação com a agricultura foi considerada imprescindível. Apresentam-se os dados de precipitação e analisa-se a variabilidade dos anos agrícolas. Nesta etapa também estão inseridas as análises sobre a evapotranspiração com os extratos dos períodos que a soja necessita maior atenção hídrica em um ano seco e um ano chuvoso em cada região.

No quinto capítulo, reduziu-se a escala de análise para períodos mensais e considerados os calendários agrícolas da soja e de seus principais períodos fenológicos. Considera-se que essa parte da pesquisa é aquela que melhor define a dependência agrícola aos episódios de chuva.

<sup>1</sup><http://news.bbc.co.uk/2/hi/6496585.stm>

## HIPÓTESE E QUESTIONAMENTOS

Parte-se da premissa de que o grau de influência dos atributos do clima na produtividade agrícola da soja é mediado pela capacidade organizacional e pelo nível tecnológico disponível nas diferentes regiões do planeta em que a soja é cultivada. Mas, que, apesar de localizadas em diferentes zonas climáticas e em distintos contextos agrários, a cultura da soja está sujeita a diferentes níveis de vulnerabilidade agrícola.

Qual o grau de dependência da produtividade de soja em relação a variabilidade das chuvas em quatro diferentes contextos regionais que produzem soja no mundo?

Em que medida os diferentes níveis de apropriação tecnológica encontrados em regiões/países que se encontram em estágios de desenvolvimento tão distintos, são fatores de neutralização dos efeitos negativos da variabilidade das chuvas?

## OBJETIVO GERAL

Analisar a variação da produtividade de soja e a variabilidade das chuvas em regiões produtoras que se encontram em diferentes estágios de desenvolvimento econômico, de cultura organizacional e de apropriação tecnológica no Brasil, Estados Unidos e Índia, entre os anos agrícolas de 1998/99 – 2012/13 no Brasil e 1998 – 2013 nos Estados Unidos e Índia.

### ***Objetivos Específicos***

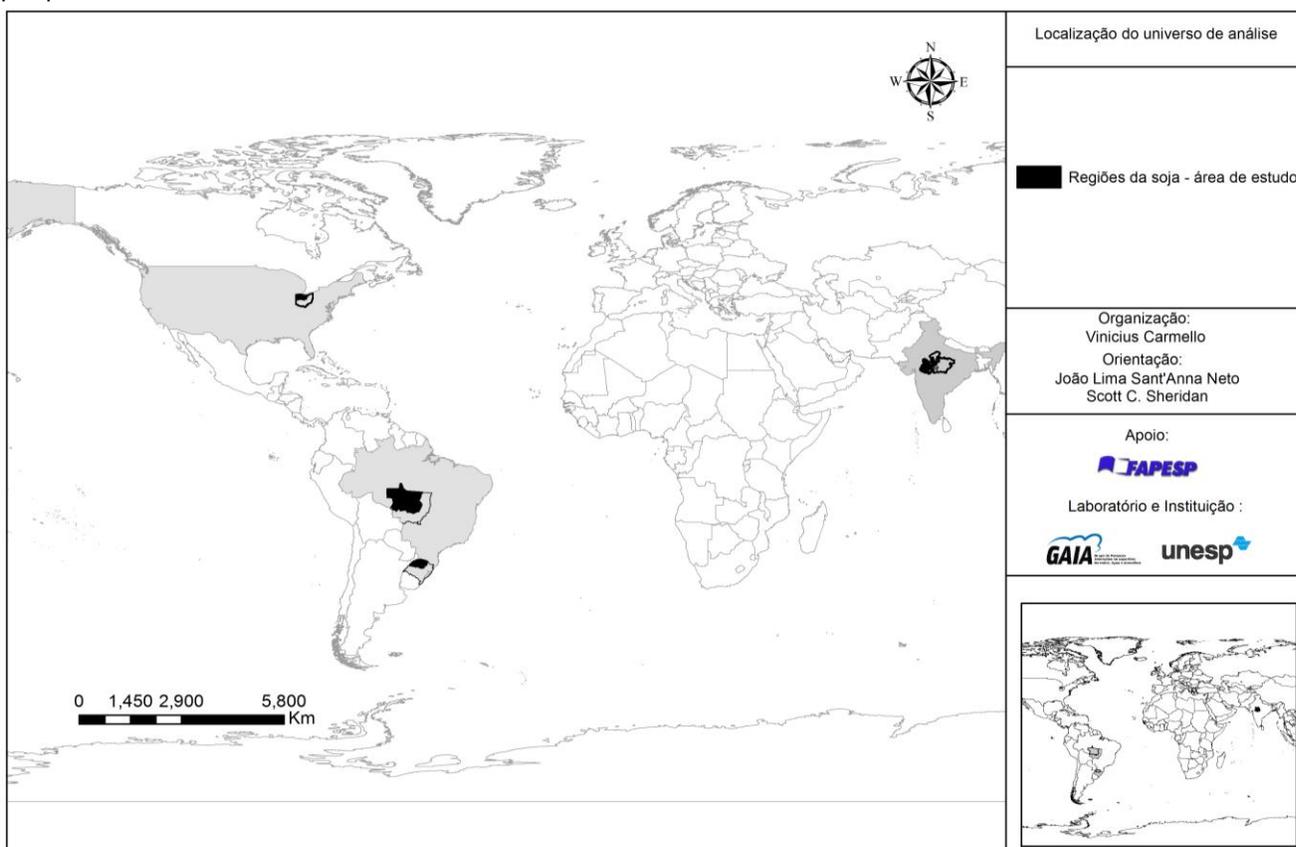
- Analisar as séries históricas de produtividade da soja, e dos dados de precipitação pluviométrica no período de plantio dos anos de 1999 a 2013 em áreas (municípios) com produção significativa, nas principais regiões sojicultoras dos três países;
- Analisar a variação temporal e espacial dos dados de produtividade da soja;
- Aplicar estudos estatísticos convencionais que mostrem as variações temporais e a tendência nas séries de chuva entre os postos pluviométricos de cada região;
- Diferenciar os níveis de dependência agrícola, com base nos cálculos de correlação estatística entre a produtividade da soja e a variabilidade pluviométrica – análise mensal e o balanço hídrico.

## UNIVERSO DE ANÁLISE

A soja (*Glycine Max*), comercializada na forma contemporânea, está presente em praticamente todo o globo, seja na forma bruta, processada e industrializada (produtos secundários) ou ainda como alimento, ração animal, etc. Apesar de ser encontrada em todo o globo, sua produção é restrita, na medida em que tem sido cultivada de forma seletiva, ou seja, em regiões organizadas e especializadas. Sua expansão também tem causado grandes mudanças regionais e sociais no mundo pelo fato de estar sendo responsável por reestruturações severas nos locais onde se estimula a sua produção. A metade da produção global de soja ocorre nos Estados Unidos, Brasil, China e Índia.

Os Estados Unidos lideram o ranking de produção de soja, em seguida o Brasil e entre os cinco maiores produtores estão a China, Argentina e Índia. Ou seja, destaca-se que a soja é plantada pelos principais países do ponto de vista econômico e populacional, com exceção da Argentina. Dos países supracitados, três foram os escolhidos para a atual pesquisa (Figura 2 e Tabela 1).

Figura 2– Regiões produtoras de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia o que corresponde às áreas de estudos desta pesquisa



Org. Carmello (2015)

Os fatores da escolha destes três países não partiram de forma arbitrária, mas considerando algumas características fundamentais, exemplo é a participação destes países no ranking mundial de produção, as características climáticas diversas que propiciam a análise comparativa, a diversidade de culturas organizacionais e de apropriação tecnológica e a disponibilidade de dados de informação.

A Índia, país populoso, continental e com presença de climas tropicais e equatoriais, localizado no Hemisfério Norte; o Brasil, continental, populoso caracterizado por domínios climáticos que se estendem do Equador, passando pelos trópicos até as regiões subtropicais do Hemisfério Sul; e os EUA, país continental, populoso e com características de clima Temperado e Subtropical do Hemisfério Norte, este último com o perfil consumidor elevado e representando a maior economia do mundo.

Para os três países, foi necessário determinar regiões específicas e representativas da soja para que os dados pudessem ser coletados (Figura 2). Optou-se por comparar duas regiões no Brasil (pelas diferenciações climáticas, agrárias e tecnológicas): a mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul e o Norte do Mato Grosso; uma região nos Estados Unidos: o noroeste do estado de Ohio; e uma região na Índia: o oeste de Madhya Pradesh. A Tabela 1 apresenta as informações principais sobre os países e as regiões determinadas. Nela estão algumas diferenças e similaridades e apresenta uma síntese comparativa entre os três países.

Tabela 1 - Caracterização regional, nacional e local do universo de análise

<b>Continente</b>	<b>América do Sul</b>	<b>América do Norte</b>	<b>Ásia</b>
<b>Estado Nação</b>	<b>Brasil</b>	<b>EUA</b>	<b>Índia</b>
<b>Área territorial (km<sup>2</sup>)</b>	8.515.767 km <sup>2</sup>	9.826.675 km <sup>2</sup>	3.287.519 km <sup>2</sup>
<b>População</b>	201, 032, 714	316, 769,000	1,210,193,422
<b>Índice de desenvolvimento humano*</b>	0.730 (alto)	0.937 (muito alto)	0,554 (médio)
<b>Principais cultivos agrícolas</b>	Soja, trigo, milho, café, cana-de-açúcar.	Soja, milho, trigo, alfafa, algodão, feno, tabaco, arroz	Arroz, trigo, manga, soja.
<b>Estados produtores de soja</b>	Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso	Ohio, Illinois, Indiana, Minnesota	Madhya Pradesh, Maharashtra e Rajastão
<b>Regiões comparadas de cada País</b>	Noroeste Rio-grandense e Norte Mato-Grossense	Noroeste de Ohio	Oeste de Madhya Pradesh
<b>Quantidade de municípios estudados</b>	242	26	17
<b>Produção de Soja em 2014</b>	87 milhões de toneladas	108 milhões de toneladas	11 milhões de toneladas
<b>Participação Global em 2014</b>	27%	33,7%	3,3%

Org.: Carmello (2014)

# 1 - O SENTIDO DA COMPARAÇÃO E DA DIFERENCIAÇÃO EM GEOGRAFIA, O CONCEITO DE REGIÃO E O PROCESSO DE GLOBALIZAÇÃO

## 1.1 - Introdução

A comparação pretendida na tese é justificada por Whittlesey (1960), quando o autor defende que para fins de estudo comparado é necessário definir pelo menos um critério unificador. As demais características (física, social, histórica, cultural, etc.) não devem ser descartadas, pois podem se tornar importantes elementos a serem considerados em uma pesquisa comparativa, já que estes elementos foram definidos pela história, segundo as características de cada tempo e de cada forma de organização social.

A comparação utilizada como processo de análise, e conseqüentemente de diferenciação entre os três países é o método mais adequado para alcançar os resultados pretendidos, apesar de da existência de uma série de especificidades que orbitam entre estes três países.

Excetuando-se o fato de o Brasil e os Estados Unidos serem países ocidentais com modos de vida semelhantes, são ex-colônias europeias, por exemplo (apesar de terem sido estruturados diferentemente quanto aos projetos de colonização e quanto à forma de organização política, social e econômica durante o período em que foram colônias). Sofreram vasta influência dos povos europeus, bem como de povos vindos de outras partes do mundo, como África e Ásia. Passaram por diversas reestrutuições ao longo de cinco séculos, houve mudanças nos padrões demográficos, de trabalho, econômicos, etc., a princípio seguindo os interesses das metrópoles e em seguida, com a independência nos séculos XVIII e XIX, segundo o que os definiam como república.

A Índia, caracterizada como um grande país asiático ligado aos modos de vida orientais com tradições milenares, não se enquadraria? Não necessariamente, afinal, nos últimos séculos as distâncias têm sido cada vez mais minimizadas entre o oriente e o ocidente<sup>2</sup>. Apesar das distâncias físico-territoriais e também socioculturais, marcadas pela trajetória histórica de cada país, também foi ex-colônia britânica e conseqüentemente recebeu influência ocidental em partes do seu território, que modificaram e reorganizaram as formas de vida das populações numa escala ampla e abrangente. O fato do Inglês ser um dos idiomas oficiais deste país é uma prova de como este período foi decisivo e influenciador.

Apesar da distância (principalmente física e cultural), o Brasil e Índia aproximam-se em alguns pontos: pertencem ao mesmo bloco econômico, formado pelo Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul – BRICS e são classificados como países de estruturas econômicas periféricas, resultado da história e do tipo de colonização a que foram submetidos, porém de economia emergente. A América Latina e o sudeste asiático foram as regiões mais exploradas pelos europeus durante

---

<sup>2</sup> a Índia foi colônia inglesa por mais de um século, ou seja, por muito tempo houve a sobreposição dos modos de vida ocidentais aos orientais. Outros exemplos como o Taiwan, Filipinas e regiões da China, Japão e Indonésia configuram este tipo de sobreposição de padrões culturais impostos segundo o interesse de agentes sociais.

séculos. A total desconsideração destes povos com àqueles que encontraram em suas expedições ultramarinas resultou nos maiores genocídios ocorridos no planeta, onde populações inteiras foram dizimadas na América Central e América do Sul. A imposição da língua e da religião destruíram formas e ritmos de sociedades bem mais organizadas que cidades europeias daquele período, que padeciam de epidemias e a fome.

O fato é que à primeira vista estes três países podem parecer distantes e nada similares, porém levando em consideração fatos históricos, a trajetória e principalmente o contexto atual de cada um deles, é possível ressaltar as relações de proximidade. Estas aumentaram ao longo do tempo, com o avanço tecnológico. Hoje o mundo está/é globalizado e está integrado e homogêneo, apesar de haverem “ilhas opacas”, ou seja, desprovidas deste tipo de inserção técnica, hoje as distâncias estão/são reduzidas e as sociedades estão próximas suficientemente para realizarem importantes trocas.

## **1.2 - O sentido da comparação nos estudos geográficos e o uso do conceito de região**

A análise comparativa é frequente tanto na geografia como nas ciências sociais. Comumente a consideram sem valor heurístico e limitada a estabelecer paralelo entre estudos de caso relacionados a áreas culturais distintas (GOBIN e THERY, p. 3, 2010). Na verdade, a comparação é um processo clássico e a base inicial é o positivismo. É necessário lembrar, por exemplo, da indução e da dedução, pois estes já eram parte de um processo de comparação desde os estudos mais clássicos.

A comparação na ciência é um processo antigo. Segundo Brandão (2012) é um dos recursos de investigação mais requisitados historicamente, sendo inclusive utilizado de Aristóteles e Heródoto, até pensadores modernos, como Karl Marx e Adam Smith.

Nos tempos contemporâneos, a busca por similaridades e diferenças entre os elementos de estudo que lhes caracterizam é extremamente comum em praticamente todos os campos do conhecimento (BRANDÃO, 2012). De forma bastante ampla e aberta a críticas, este tipo de procedimento, na maioria das vezes, se restringe a destacar semelhanças e diferenças e, nestes termos, a confirmar ou refutar uma tese sem contribuir em discussão genuinamente científica (GOBIN e THERY, p.3, 2010).

Para Lakatos (1986) a comparação, dentro de metodologia científica, deve ser dimensionada não como método de estudo, mas como um procedimento de apoio metodológico, articulado no interior do escopo da uma fundamentação teórico-filosófica de construção do objeto. Como perspectiva de análise, a comparação é um processo que implica a elaboração de um raciocínio para o estabelecimento de irregularidades (SCHNEIDER e SCHMITT, 1998).

Para Truzzi (2005), por exemplo, todas as ciências sociais embutem, ao menos implicitamente, um projeto comparativo, já que buscam invariavelmente explicar um determinado fenômeno em termos de sua tipicidade, representatividade ou unicidade, todos eles implicando algum grau de comparação. Para este autor, quando se proclama que um projeto de pesquisa é

explicitamente comparativo, normalmente busca-se investigar processos sociais específicos que ocorrem ao longo de diferentes tipos de sociedade (capitalista e socialista, por exemplo), estados nação (países), regiões ou mesmo tipos de organizações (pública e privada, por exemplo). Já em relação à pretensão de se comparar regiões, deve-se considerar que:

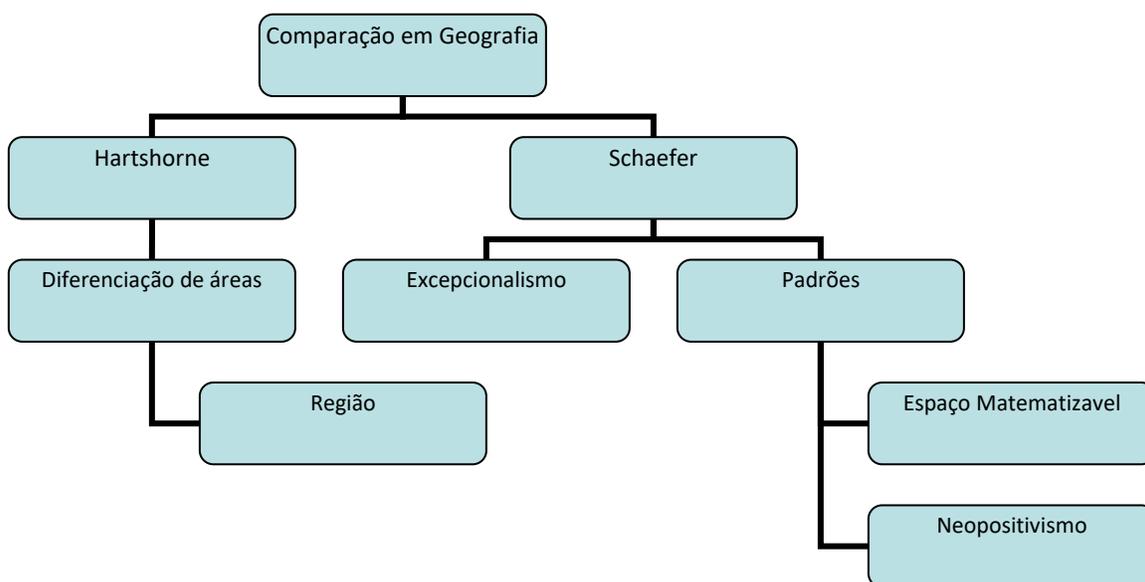
[...] uma região só pode existir, e, portanto, ser tratada como tal, se ela se particularizar em um elenco de questões, tais como: sua economia, sua sociedade, sua cultura, sua formação histórica. A análise de uma região tratada no seu isolamento e no seu “absoluto” carece de sentido; por exemplo: uma análise de desenvolvimento regional só consegue explicitar as peculiaridades desse desenvolvimento desde um ponto de vista comparativo; essa comparação deve ser realizada com pelo menos outra região. Dada à complexidade que envolve a análise comparada, os estudos que integram essa linha de pesquisa devem incorporar três dimensões: a histórica, a econômica e social e a política (TARGA, 1991).

Seguindo o que Truzzi (2005) defende, é importante destacar que o que está em foco não é testar um determinado modelo teórico e tampouco usar comparações para contrastar casos historicamente singulares, mas estabelecer configurações (combinações de determinadas variáveis), favoráveis ou desfavoráveis, a determinados resultados históricos. Tomar como ponto de partida da discussão uma determinada indagação a respeito do tipo de comparação pretendida, que seja cabível aos elementos comparados.

Desde muito cedo, no decurso da evolução da humanidade, o homem descobriu que o seu mundo variava acentuadamente de região para região. O estudo comparativo de áreas permite à geografia utilizar-se de métodos similares aos das ciências experimentais, nas quais certos fatores são controlados e mantidos constantes, enquanto outros variam (HARTSHORNE, 1978).

Para Hartshorne, a geografia era a ciência da diferenciação de áreas, baseada e influenciada pela geografia francesa. A geografia era a ciência dos lugares e deveria estudar e diferenciar as especificidades de cada ponto do planeta, quase como uma monografia de cada área. Apesar desse perfil, Hartshorne foi criticado por Schaefer, pois este autor denominava esse estudo da diferenciação de áreas como excepcionalismo e dizia que a geografia, enquanto não produzisse teorias mais gerais, seria tratada como uma subciência. Para ele a geografia deveria encontrar padrões e não diferenças e esses padrões, para Schaefer, seriam padrões espaciais (Fig. 3).

Figura 3 - Hartshorne versus Schaefer no que tange a diferenciação de área e a comparação



Org.: Carmello, Armond, Nascimento Júnior (2016)

Hartshorne diz que cada área é resultado de múltiplos fenômenos que coexistem e combinam-se, por isso a diferenciação. Este autor possui muito mais proximidade com os franceses do que com o neopositivismo de Viena e de Schaefer. Quando Hartshorne escreveu “propósitos e natureza da geografia”, é uma resposta a um outro livro anterior, no qual ele havia feito críticas a uma geografia enciclopédica, uma geografia descritiva, ou uma geografia quantitativa ou matematizada. Para o referido autor, a geografia deve entender os processos e a natureza da interação e por isso ele traz a diferenciação de áreas.

Na pesquisa ora apresentada, pode-se traçar dois pontos de partida: a relação que cada país desenvolveu entre a variável soja (fator constante), e outros elementos como a política, a economia, a cultura, etc., (fatores variantes), ou seja, uma análise pós chegada do cultivo da soja nestes países ou; não necessariamente a relação que cada país desenvolveu com a soja, mas sim os motivos pelos quais a soja foi implementada em cada um destes países e, mais especificamente, em cada região trabalhada

Segundo Moreira (1999) percebe-se que o veículo da operação é o processo da classificação. Um processo do método calcado na semelhança. Na classificação, primeiro se compara, a seguir se ordena e por fim se separa e se agrupa os fenômenos por semelhanças. Neste passo, diferença transforma-se numa categoria do método, um elemento da comparação, a diferença separando e a semelhança aproximando, até que, numa aparente dialeticidade que mal disfarça um jogo da lógica formal, os grupos de identidade se constituem e desaparece a diferença. (MOREIRA, 1999; HARTSHORNE, 1978).

Segundo Moreira (1999), a diferenciação e a heterogeneidade são os termos da diferença na geografia. Diferenciação de áreas. Heterogeneidade dos elementos compostos da constituição da

área. Diferença e semelhança não são, pois, opostas entre si. E diferenças não são contrastes. Diferença é variação.

Para Haesbaert (1999), os trabalhos clássicos sobre a regionalização são as bases relevantes para se considerar em estudos geográficos. O autor comenta que em distintas perspectivas, enfatizaram a “diferenciação de áreas” como questão fundamental para o trabalho do geógrafo, legitimando o que ensinou e foi descrito por Hartshorne (1978). No mesmo trabalho, Haesbaert (1999) tenta destacar que Hartshorne a encarava como um constructo intelectual e que, como tal, poderia variar em sua delimitação de acordo com os objetivos do pesquisador.

Moreira ainda relata que é a variação de uma mesma categoria de fenômeno na superfície terrestre (o clima, por exemplo) que conduz à diferenciação de áreas (variação do mesmo? ou diferenciação no sentido do que produz diferença?), enfatiza Hartshorne. Ainda para Moreira, é esse caráter de variação de um mesmo fenômeno, resultando na diferenciação de áreas, o que distingue a geografia de “um catálogo organizado ou uma enciclopédia de fatos sobre diversos países”, errando, pois, quem acha que a geografia se limita a “distinguir área”, a “estabelecer diferenças entre uma e outra área” ou a fazer a “mera descrição de uma área”, uma vez que diferenciação é variação, e esta variação pela superfície terrestre é por excelência o tema geográfico.

O fato é que a região se espelha numa imagem, a imagem regional, dada pelo elemento escolhido como a referência homogeneizante (daí chamar-se região homogênea). A imagem é o referente da identidade (MOREIRA, 1999). Quanto à especificidade/singularidade regional: vimos que ainda ocorre uma “diferenciação de áreas” e que a diversidade territorial continua a se difundir, apesar da relativa homogeneização promovida pelos processos globalizadores, especialmente aqueles ligados aos circuitos econômicos do capitalismo globalizado (HAESBAERT, 1999).

Gomes (2009) mostra que o conceito de região tem implicações fundadoras no campo da discussão política, da dinâmica do Estado, da organização da cultura e do estatuto da diversidade espacial, ou seja, vê-se que o viés na discussão deste tema está relacionado especificamente às projeções no espaço das nações de autonomia, soberania, direitos etc.

Para Haesbaert (1999) a questão regional retoma hoje sua força, não apenas nas ciências sociais, em função de vários debates acadêmicos, como também pela proliferação de regionalismos, identidades regionais e de novas-velhas desigualdades tanto em âmbito global como internacional. Este autor defende que apesar de perder “terreno” para concepções como as de território, rede e paisagem, a região nunca deixou de ser um instrumento de trabalho para o geógrafo, isto sem falar nos planejadores, nos políticos e nos militares. Segundo Haesbaert:

[...] o estudo das especificidades, da “diferenciação de áreas” ou ainda, para utilizar um termo menos carregado de um legado empirista, da diversidade territorial; apesar de toda a uniformização promovida através da globalização capitalista, torna-se imprescindível discutir e encontrar formas de distinguir espaços/regiões,

pois no nosso entendimento a diversidade territorial continua sendo um motivo fundamental na construção da Geografia (1999).

Os processos responsáveis pela formação de regiões interligam o político, o econômico e o cultural, principalmente para fins de planejamento e gestão. Para muitos geógrafos, nem todo recorte coerente do espaço geográfico é uma região - apenas aqueles que se referem a processos específicos como os movimentos regionalistas e as identidades regionais. Para entendermos a produção da diversidade territorial no mundo contemporâneo é necessário pensar, antes de qualquer coisa, nos binômios (mas não num raciocínio binário) desigualdade-diferença e globalização e fragmentação através das relações global-local (HAESBAERT, 1999).

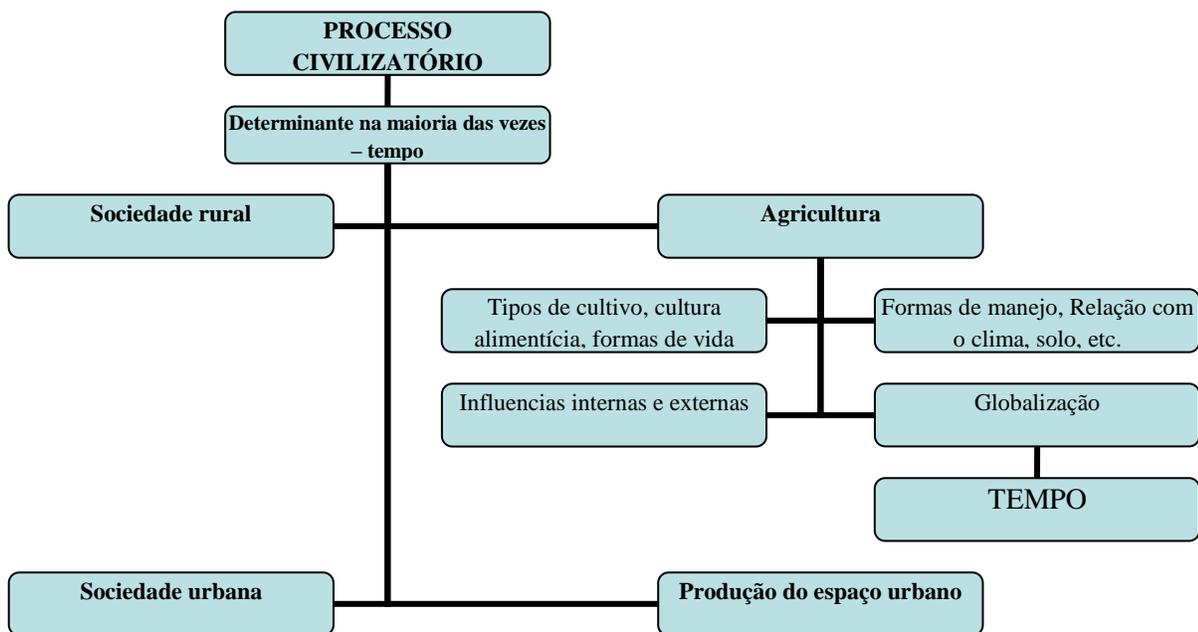
A diversidade territorial do mundo contemporâneo é resultado da imbricação entre duas grandes tendências ou lógicas sócias e espaciais, uma decorrente mais dos processos de diferenciação/singularização, outra dos processos de intensificação da desigualdade, padronizadores (mas nem por isso homogeneizante) (HAESBAERT, 1999).

A produção da diversidade territorial resulta deste modo, de uma imbricação ou hibridização complexa entre as dimensões global e local, ou, em termos mais abstratos, universal e particular. Tentamos integrar aqui as dimensões econômicas, política e cultural, numa dialética em que o espaço regional é ao mesmo tempo um espaço de reprodução econômica, locus de representação política (efetiva ou almejada) e um espaço de identidade cultural, mesmo considerando que esta “diversidade territorial” não cobre todos os espaços (HAESBAERT, 1999).

Para Claval (2002) a geografia regional de ontem estudava a organização do espaço como o resultado da ação de parcela da população que trabalhava e a produzia. Hoje, os geógrafos têm interesse em todas as formas de percepção dos lugares, de construção do outro e de fixação da fronteira entre nós e os estrangeiros. O mesmo autor defende que as identidades individuais e coletivas estão ligadas ao desenvolvimento da consciência territorial – regionalização. Num tempo em que a globalização ameaça muitas identidades, a luz que a abordagem cultural põe nas relações entre identidades e território indica interessantes perspectivas de ação.

Cada região apresenta determinada história, assim como formas de vida, culturas, idiomas, dialetos, costumes e tradições que as caracterizam das formas que podem ser observadas e, conseqüentemente, causam estranhamentos, pois a partir desta caracterização demarcam-se as diferenças (Figura 4). O ponto de partida é a consciência da existência de uma profunda diversidade cultural, regimes políticos diferentes e formações históricas específicas que existem de país para país e imprimem em cada um deles uma feição única (MATIAS-PEREIRA, 2008).

Figura 4 - Os processos civilizatórios e os processos estruturantes da regionalização



Org.: Carmello (2015).

E se a soja está presente nestas diferentes regiões é porque outros processos contribuíram para que houvesse essa **aproximação** e um deles sem dúvida é o processo de globalização.

### 1.3 - O processo de Globalização

A análise das “diferenças” em paralelo com os conceitos do processo de globalização faz com que cada um dos perfis que por vezes poderiam ser considerados distintos sejam, sem dúvida, aproximados. Essa aproximação, num mundo onde a geopolítica precisa ser redesenhada, causa desestruturas nos modelos historicamente descritos pela geografia. Gobin e Thery (2010, p. 4) ao justificar o uso do procedimento de comparação fundamentou parte de seus argumentos no processo de globalização. Estes autores defendem que no contexto atual, fundado em nova etapa do capitalismo e da globalização:

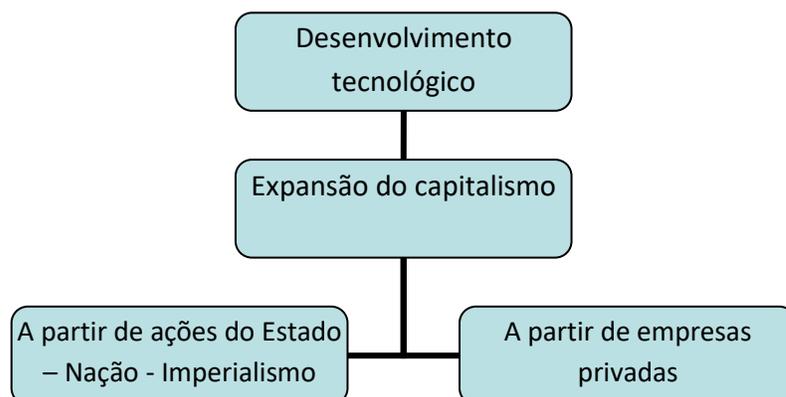
[...] há maior intensificação das trocas comerciais (em domínios também diversificados como a informação, a produção artística, as crenças religiosas, etc.) e reposicionamento (econômico e político) de países em escala global, dado a impor consideração das contribuições da abordagem comparativa (GOBIN e THERY, 2010, p. 4)

Por mais que o processo de globalização seja uma questão bastante intrínseca para este tipo de pesquisa e que seu perfil seja de homogeneização das características globais, há de se considerar também, segundo Sarfati (2006) que a globalização, vista como aprofundamento das

redes mundiais e interdependência, não significa a universalização. Logo, existem especificidades de cada/todos os países que devem ser levadas em consideração numa pesquisa comparativa. Assim, por mais que os países estejam cada dia mais inseridos num contexto homogeneizado, levou-se em consideração processos individuais ainda presentes em cada um dos países, mais especificamente os voltados à agricultura e a relação clima e soja.

A globalização, definida como multifacetada, multidimensional e intermitentemente econômica, política e cultural, é vista como um processo que corresponde a uma tendência histórica de aproximação dos povos do mundo, que é sempre estimulada pelo processo de descoberta e desenvolvimento tecnológico (LANDAU, 2001; SARFATI, 2006). Dito isso, temos a ponte necessária que justifica algumas das aproximações existentes entre as três diferentes regiões deste estudo comparativo, que se deram pelos processos mais simples da globalização (mencionados no decorrer deste subitem): o desenvolvimento tecnológico na mobilidade e aumento do fluxo de pessoas, mercadorias e capitais são resultados da necessidade do capitalismo se expandir e garantir o lucro para além do recorte do estado-nação (Fig. 5). E ele se expande de duas formas clássicas:

Figura 5 - Proposta de fluxograma para compreender as duas formas clássicas e expansão do desenvolvimento tecnológico



Org.: Carmello (2015)

A citação supracitada de Landau (2001) é ponto que abre discussões, levando em consideração o fato de que, quando dos dois marcos temporais da globalização (Grandes Navegações e 1970), nenhum deles teve como objetivo a aproximação dos povos, embora muito provavelmente esta aproximação foi uma das resultantes desse processo (tenha ele começado no século XV ou 1970) e não um interesse do ponto de vista dos agentes sociais que “controlam” essa (des) fronterização. Afinal, essa aproximação não se dá da mesma forma ou uniformemente para em todas as situações.

E quais são processos mais simples da globalização? Por muito tempo ou pelas classificações mais simplórias, o processo de globalização tem sido relacionado marcadamente com a economia. Porém, a economia é mais um aspecto dentro do amplo processo internacional chamado

globalização, que atinge outras áreas, como o meio ambiente, político, cultural, social, etc. (SARFATI, 2006). Este processo universal representa considerável parcela daquilo que vem se alterando no tempo e no espaço geográfico. Isso porque, sempre que a tecnologia dá saltos, a tendência de aproximação é acelerada, desde os descobrimentos marítimos (SARFATI, 2006). Isto é, sempre que o capitalismo, através dos seus agentes (Estado Nacional e empresas privadas de atuação global), apresenta a necessidade de expansão de mercados, a tecnologia dá saltos e a tendência de aproximação é acelerada.

A definição do conceito de globalização que mais se aproxima dos aspectos da agricultura foi feita por Bernstein (2011) quando o autor define este conceito como:

[...] novo e reestruturador das formas do capital em uma escala mundial, que incluem: a desregulamentação dos mercados financeiros e a “financeirização” de todos os aspectos da atividade econômica; a liberalização do comércio internacional; mudanças na estratégia e tecnologia de produção, fornecimento e vendas, do agronegócio transnacional e das corporações industriais; e todas as novas possibilidades relacionadas à tecnologia da informação, tão importante para a mobilidade do capital financeiro e para a organização da produção e dos mercados (p. 53).

Hoje as “distâncias” entre o Brasil, os Estados Unidos e a Índia não são as mesmas se comparadas a 50 anos atrás. O fato de a soja estar presente nos três países é um reflexo deste processo globalizado e sem dúvida um exemplo clássico de produto global. A soja, segundo Tiwari (2017) é uma das principais commodities produzidas, comercializadas e utilizadas globalmente. O agronegócio transnacional é exemplo daquilo que é difuso e bastante líquido na sociedade contemporânea. Antes a soja era um produto exclusivo da Ásia e fonte de proteína vegetal para as sociedades asiáticas, entretanto hoje alimenta o gado das fazendas do interior do centro oeste brasileiro.

Esta característica é questionada por Haesbaert (1999) quando o autor diz que regionalizar num mundo em globalização é uma tarefa duplamente difícil: como se pode dividir o que em tese está em crescente processo de integração? Como se podem distinguir espaços num mundo que se diz em processo de homogeneização?

O autor considera que a luta entre uma face homogeneizadora e uma face heterogeneizadora demonstra que processos globais “implantam-se” no local, adaptando-se a ele, ao mesmo tempo em que o local pode globalizar-se na medida em que expande pelo mundo determinadas características locais. O processo de globalização, que significa a difusão e a consolidação de uma ordem ou modelo social único, resultará no fim da importância que sempre tiveram as ordens ou modelos sociais regionais e locais, ou esses modelos conseguirão sobreviver via diversas formas de resistências e adaptações? (CUNHA, 2000).

Quanto a este questionamento Haesbaert (1999) defende que apesar da propalada globalização homogeneizadora, o que vemos, concomitantemente, é uma permanente reconstrução da heterogeneidade e da fragmentação via novas desigualdades e recriação da

diferença em todos os cantos do planeta. Uma questão que é inerente e difundida pelas ciências humanas é o papel do Estado Nação enquanto instituição capitalista. Muito se questionou sobre a diminuição do papel do Estado Nação (sobretudo no período neoliberal, que na América Latina se deu entre 1970-2000), já que o capital não tem pátria.

Entretanto, nas crises econômicas conjunturais que o capitalismo viveu, os governos dos estados nacionais, através das reservas públicas, bancaram as empresas privadas para não falirem. Este é apenas um exemplo de como é complexa a questão da globalização nos dias atuais.

O sentido da globalização está colocado como fato consumado na sociedade contemporânea ao aproximar os interesses que hoje podem ser considerados embutidos num contexto global. O Brasil não produz tanta soja, para conseqüentemente produzir uma quantidade expressiva de frango e carne de forma liliputiana. Essa mesma força não está presente na Índia de forma expressiva. Existem interesses que aproximam tais diferenças, que no fim se tornam semelhanças de um mundo cada vez mais homogêneo.

A seguir algumas considerações e parte do levantamento teórico acerca da formação socioeconômica dos Estados e Nações que contribuem na compreensão dos motivos pela escolha dos três países considerados na atual pesquisa.

#### **1.4 - Teorias gerais sobre formação socioeconômica dos Estados Nação e temas gerais das relações internacionais**

A ideia de Estado-Nação não é consensual e as características históricas, sociais e geográficas de determinados países são descontínuas, apesar de similaridades poderem se tornar reais com investigações bem aprofundadas. Um exemplo relacionado às estratégias geopolíticas para produção de alimento é dado quando Clark e Foster (2006) dizem que, com a criação das monoculturas para a exportação destinadas à Europa – e as populações trabalhadoras escravizadas ou semi-escravizadas que nelas trabalhavam – era produto do desenvolvimento da economia mundial capitalista, em que se roubava abertamente a periferia em benefício dos países centrais.

Pode-se analisar a história econômica dos últimos séculos, que viram o aparecimento de disparidades drásticas na riqueza entre um grupo de países, chamado por Caldwell (1979) de superdesenvolvidos, e outro grupo (os subdesenvolvidos), de duas maneiras:

[...] aplicar os instrumentos desenvolvidos por Marx e seus sucessores para explicar o desenvolvimento do capitalismo (e do Colonialismo – neocolonialismo - imperialismo, que lhe são concomitantes e recíprocos), ou desviar nosso enfoque para as trocas físicas que se realizaram e explicar o resultado em termos “reais” (isto é, em termos do fluxo de matérias-primas e da crescente utilização, de impacto geograficamente desigual, das reservas minerais finitas e não renováveis, entre as quais os combustíveis fósseis são de importância e significação particulares) (CALDWELL, 1979, p. 9).

A constituição desigual dos Estado-Nação reflete nas mais diversas formas de conduzir as atividades econômicas, alguns voltados para a produção, por exemplo, de ciência e tecnologia, e outros com capacidade limitada e direcionada para a produção agrícola e/ou exploração de matéria prima. Além de ter sido responsável pela fixação do homem em pontos do planeta depois de sua sedentarização, a agricultura, considerando sua trajetória histórica complexa, é responsável pela reordenação global das relações sociais, o que detém relação com as bases da formação de um Estado-Nação, principalmente porque suas bases mostram evidências de dependência e dominação de grupos sociais ao longo do tempo.

O mapa da economia mundial no início dos anos 90, se anunciou desafiador. E desde então não deixou de sofrer alterações. É um mapa estruturado e vulnerável ao realinhamento das diferentes áreas geoeconômicas, novas repartições do poder mundial, novos papéis do Estado na economia e na sociedade, dissolução de novos e velhos sistemas monetários internacionais, etc. (MARTINS, 1994). Conforme descrito nos objetivos da pesquisa, aqui aparecem três países, de três continentes diferentes. Estes países, embora possuam diferenças quanto à história e organização político-econômica, mantém alguns pontos de contato. Sobretudo, apresentam semelhanças em suas dimensões territoriais.

As Nações mudam de forma e de propósitos; avanços tecnológicos são feitos; alianças são forjadas e quebradas. Estas são mudanças dentro do sistema, e tais mudanças ajudam a explicar as variações nas resultantes político-internacionais. A internacionalização das sociedades, a ampliação dos mercados, o impacto dos processos de integração regional e a economia política da globalização são alguns dos fenômenos que despertam atenção crescente (WALTZ, 1979). Sarfati (2006), baseado em Marx e Engels, explica que para entender como a história se movimenta temos de entender como as sociedades se organizam economicamente, como estes modelos se sustentam e como eles declinam. Deve-se conhecer a infraestrutura da sociedade, ou seja, sua base material ou econômica entendida como força produtiva (que são as ferramentas, as máquinas, as técnicas e tudo o que permite a produção) e as relações de produção.

A seguir, serão expostos os procedimentos metodológicos da tese e posteriormente os resultados referentes a produtividade de soja, variabilidade das chuvas e a correlação entre as variáveis.

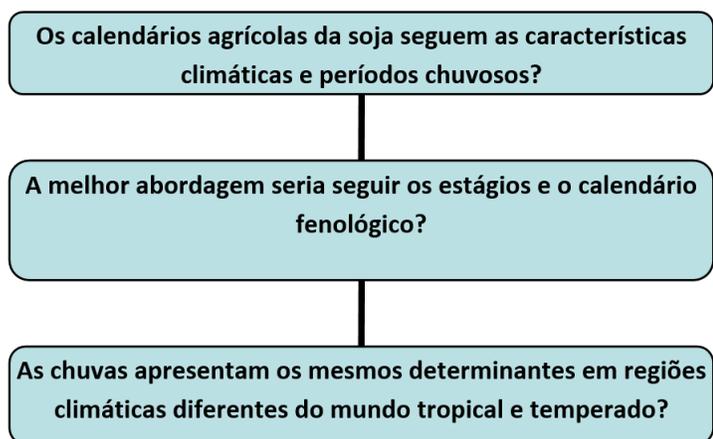
## 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O ponto de partida da tese foi considerar a variável soja como elemento central e presente nos três países para, posteriormente, discutir o papel da variabilidade climática e seus impactos nas diferentes regiões estudadas, considerando que tais repercussões e impactos se dão em diferentes configurações sociais, naturais (climática) e econômicas de cada país e região.

Alguns questionamentos (Fig. 5) foram decisivos e importantes para elaborar os procedimentos metodológicos e conseqüentemente estruturar os resultados da pesquisa. Para responder o primeiro questionamento da proposta de tese foi necessário consultar o site da FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura.

Neste site estão disponíveis os mapas e os calendários agrícolas da soja para os principais países produtores. Optou-se então por utilizar estes calendários agrícolas como guia metodológico para determinação do recorte temporal, ou seja, em qual período do ano seriam coletados os dados. No caso do Brasil, é possível consultar também o calendário agrícola elaborado por Almeida (2005) cujo período condiz com o indicado pela FAO (Fig. 6).

Figura 6 - Questionamentos acerca da produção de soja



Org.: Carmello (2016)

Quanto ao segundo questionamento, os dados de precipitação foram coletados considerando apenas os períodos correspondentes ao calendário agrícola da soja (Fig. 7). A partir do calendário agrícola e com a definição dos períodos a serem trabalhados, foram coletados os dados de precipitação de todos os postos pluviométricos disponíveis. No Brasil, estes dados foram coletados de outubro até abril. Nos Estados Unidos de maio até novembro e na Índia de junho até dezembro. Almeida (2000; 2005) utilizou esse procedimento. Carmello e Sant'Anna Neto (2013) considerando os trabalhos de Almeida, também seguiram os calendários agrícolas.

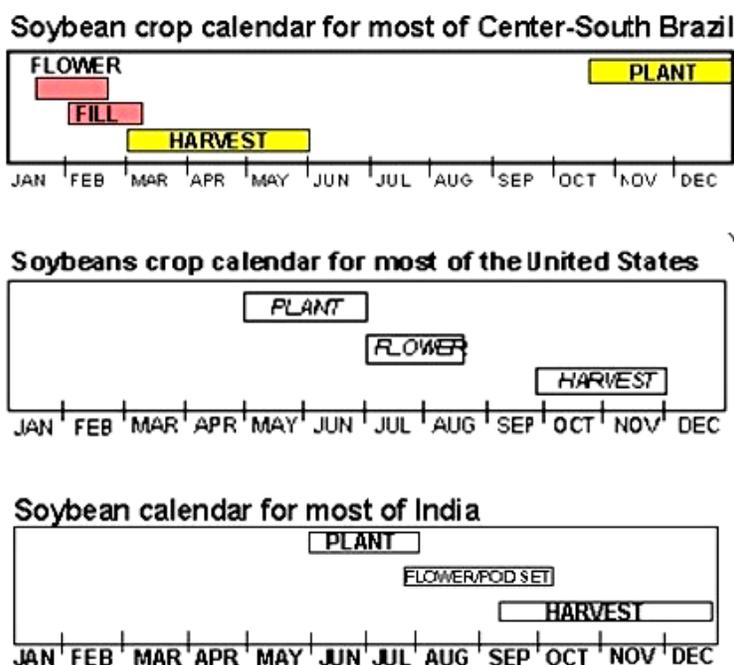
Este tipo de recorte temporal também foi uma opção de Granger (1980) por exemplo, quando o autor utilizou a precipitação total entre abril a novembro, o total de precipitação em quatro meses (maio, junho, julho e agosto) e os valores mensais de temperatura para explicar o

rendimento de várias culturas agrícolas da Califórnia. Adams et al. (2003) também usou valores mensais de precipitação e diários de temperaturas. Hansen (1991) analisou apenas os meses de julho e agosto, pois correspondem ao período de maior risco climático para a cultura de milho nos Estados Unidos. Este autor justifica que não teria razão para considerar os dados de um ano inteiro em suas análises.

A OMM sugere que os trabalhos de climatologia ou meteorologia levem em consideração um recorte temporal de pelo menos 30 anos, porém esta tese considera não mais que 15 anos. Alguns trabalhos consultados também determinaram períodos reduzidos àquele indicado pela OMM. Ceglar et al. (2015), por exemplo, realizaram o mesmo procedimento e estudaram apenas os anos agrícolas (safra) do trigo e do milho na França entre 1989 e 2014, ou seja, 25 anos. Lobel e Asner (2003) utilizaram uma série menor que 30 anos, de 1982-1998 – 16 anos, para concluir a pesquisa sobre clima e mudanças nos padrões anuais de produtividade agrícola nos Estados Unidos.

Quanto ao terceiro questionamento, sabe-se que a chuva não é a única variável que interfere na produtividade agrícola, apesar do conhecimento de que no mundo tropical e subtropical está detém uma parcela considerável de influência, justificada pela quantidade de água que a planta de soja necessita para seu desenvolvimento. Mesmo que exista outras variáveis como a temperatura, a evapotranspiração, a intensidade solar, etc., o principal foco da pesquisa é a análise da precipitação, o que se justifica pelo fato das chuvas revelarem-se como o principal elemento responsável pelas oscilações anuais de produção de grãos, entre 60% e 70%. Mesmo assim, os dados de temperatura serão observados quando analisados os cálculos de evapotranspiração e de balanço hídrico, (GOLDBLUM, 2009; CAMARGO, 1984; GÖPFERT et al. 1993; PEREIRA, 2002).

Figura 7 - Calendário agrícola e os principais períodos de desenvolvimento da planta por região comparada



Fonte: FAO (2015)

## 2.1 - Materiais

### 2.1.1 - Quanto aos dados de produtividade de soja

Os dados de produtividade de soja das séries temporais de 1998-1999 até 2012-2013 para o Brasil e 1999 – 2013 para os Estados Unidos e Índia, de 200 municípios da mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul, de 43 municípios do norte do Mato Grosso, de 26 do noroeste de Ohio e 17 municípios do oeste de Madhya Pradesh foram disponibilizados pelas seguintes instituições:

- IBGE - Sistema de Recuperação Automática – SIDRA<sup>3</sup>;
- USDA - *National Agricultural Statistics Service Information* (NASS)<sup>4</sup> e;
- DES - *Directorate of Economics and Statistics*<sup>5</sup>.

No Brasil os dados disponibilizados pelo IBGE são coletados e organizados segundo cada município (divisão política administrativa de um estado). O Rio Grande do Sul possui 496 municípios e o Mato Grosso 141 municípios (IBGE, 2016). As nomenclaturas e formas de classificação e subdivisões políticas administrativas são diferentes conforme o país. No caso americano os dados de soja foram disponibilizados conforme registrados por cada “*county*” o que na tradução para o português é condado, sendo este a divisão política e administrativa de um estado. Ohio possui 88 *counties* e cada county possui diversas cidades.

O sistema de coleta de dados referentes à agricultura norte americana é gerenciado pela NASS. Neste caso, utilizou-se do sistema online disponibilizado pelo *National Agriculture Statistics Service*, órgão norte americano que fornece estatísticas precisas quanto à agricultura dos EUA (NASS, 2015). Os dados referentes à produção são disponibilizados não por Toneladas (to) e sim *bushel*, unidade de medida adotada pelos Estados Unidos. Para a área plantada, é utilizada a unidade de medida acre, diferente do Brasil e Índia que utilizam hectare. Foi necessário converter *bushel* para toneladas utilizando a seguinte fórmula:  $kg = x * 0,027216$ ; e acres para quilômetros:  $km = x / 2.4711$ . Na Índia, os dados de soja foram disponibilizados segundo seus “distritos”, estes representam divisões administrativas menores que os estados. Por exemplo, o estado de Madhya Pradesh possui 51 distritos (DES, 2011). Os valores coletados já estavam convertidos em números de produtividade (kg/ha), o que facilitou o manuseio dos dados.

### 2.1.2 - Quanto aos dados de precipitação, a rede de postos utilizados e a série histórica

Segundo Morettin e Tolo (2004), “uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo”. No caso de uma pesquisa em climatologia as séries temporais de dados de

---

3 <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

4 <http://www.nass.usda.gov/>

5 <http://eands.dacnet.nic.in/>

chuva ou temperatura se constituem na principal fonte de trabalho e análises. Os dados de precipitação diários, mensais e anuais (ano agrícola) para o Brasil foram disponibilizados pela ANA – Agência Nacional das Águas, visualizados no sistema de informações hidrológicas/Hidroweb, administrado pela própria agência e disponibilizados virtualmente.

Foram coletados a princípio no formato txt. Foram exportados para o formato *Excel* para facilitar o manuseio e análise da consistência de cada série de dados. Neste período, observou-se a existência de informações além dos dados de chuva mensais e diários. Havia registros referentes ao tipo de medição (pluviógrafo, data logger, estimado, etc.), máximo de chuva mensal, número de dias de chuva, e o nível de consistência (níveis 1 e 2). Este último registro faz com que os dados apareçam duplicados na planilha. Neste caso, seguiu-se orientação de Zandonadi (2013): verificaram-se todos os postos que continham tais níveis e no caso de repetição dos dados pluviométricos realizou-se a exclusão de um deles. Todos os postos apresentaram esta situação, porém, em alguns deles a série histórica de um dos “níveis de consistência” era bem mais curta.

De início, percebeu-se marcada inconsistência quanto à regularidade dos dados no que se refere às séries temporais diárias e mensais. Os principais fatores quanto a escolha das localidades foi sobre os quesitos de disponibilidade, da confiabilidade e da distribuição geográfica das séries históricas dos dados necessários (BLAIN, 2009). Após a coleta dos dados brutos, foi necessário recortar a série de cada posto pluviométrico para medir a consistência dos dados em relação ao período entre os meses de outubro a abril de 1998 até 2013, referente à estação quente e úmida durante a qual acontece o plantio da soja no hemisfério sul.

Utilizou-se 39 postos pluviométricos na mesorregião norte mato-grossense dos 79 disponíveis cuja série correspondia ao período proposto (outubro – abril), sem se ater, num primeiro momento, às falhas existentes. Em um mesmo posto pluviométrico foram observados, por exemplo, boa consistência dos dados até determinado período, com falhas em/ou a partir de outros (Quadro 1). Já, em outros casos, houve postos pluviométricos cuja série foi consistente, com registros em todo o período determinado (Quadro 2).

A partir da organização dos dados de chuva para o período de outubro a abril, foram testados os níveis de consistência através do cálculo de porcentagem. Verificou-se que existem postos pluviométricos com cerca de 50% dos dados falhos (postos nos municípios de Marcelândia, por exemplo). Observou-se também a existência de postos com 0% de falhas (municípios de Nobres, Nova Brasilândia e Sorriso, por exemplo), indicando boa consistência dos dados mensais (Tabela 2).

Quadro 1 - Exemplo de posto com falhas no município de Vera, MT

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
<b>Municípios</b>															
<b>Vera</b>															
out	199,4	189,6	88,6	57,2	101,5	x	157,3	185,2	118,5	75,3	100,5	x	x	284,66	90,7
nov	323,8	283,6	320,00	91,6	140,3	x	84,1	174,1	131,9	150,2	251,1	242,2	x	256,1	127
dez	345,7	485,5	304,5	238,00	167,6	x	251,8	248	x	261,1	449,2	222,8	x	324,9	89,5
jan	345,6	346,3	210,4	228,8	370,00	352,2	316,4	215,1	x	x	146,2	x	x	411,5	38
fev	392,8	164,7	254,6	294,4	151,8	354,6	292,5	326,9	75,2	328,8	331,5	x	x	249,8	0
mar	103,9	90,9	162,8	203,5	192,1	x	396,2	211,1	96,9	184,6	x	x	x	228,7	12
abr	42,1	126,4	42,1	67,5	167,4	90,9	96,2	232,7	51	39,9	142,6	x	x	95,2	x
<b>Total - Ano Agrícola</b>	<b>1753,30</b>	<b>1687,00</b>	<b>1383,00</b>	<b>1181,00</b>	<b>1290,70</b>										

Org.: Carmello, 2015.

Quadro 2 - Exemplo de posto pluviométrico sem falhas na série histórica no município de Sorriso, MT

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
<b>Municípios</b>															
<b>Sorriso</b>															
out	116,5	24	71,5	198,6	197,5	318,6	179,8	142,2	286,3	188,7	145,9	154,6	87,6	418,7	113,2
nov	434,8	194	179,6	220,7	213,5	315,5	185,1	153,7	84,6	239,3	274,3	174	298,1	224	202,7
dez	214,6	274,8	249,1	633	320,7	296,4	189,7	286,2	303	240	310,4	352,2	132,9	237,1	172
jan	331,2	307,3	185,5	203,5	396,8	374,8	254	260	273,9	198,8	81,3	626,1	341,1	333,7	436
fev	233	363,8	134,4	381,9	251,2	47,3	154,8	369,3	489,6	380,9	213,6	215,1	431,8	280,6	334,8
mar	161,9	282,4	183,2	346,3	558,2	92,5	419,4	190,7	276,3	147,8	214,4	148,8	237,1	129,5	274,8
abr	29,3	100,7	115,7	32,9	277,6	189,5	36,3	86,4	98,9	129,7	181,7	36,1	140,9	76,2	173,2
<b>Total - Ano agrícola</b>	<b>1521,3</b>	<b>1547</b>	<b>1119</b>	<b>2016,9</b>	<b>2215,5</b>	<b>1634,6</b>	<b>1419,1</b>	<b>1488,5</b>	<b>1812,6</b>	<b>1525,2</b>	<b>1421,6</b>	<b>1706,9</b>	<b>1669,5</b>	<b>1699,8</b>	<b>1706,7</b>

Org.: Carmello, 2015.

Tabela 2 - Municípios, postos pluviométricos e porcentagem de falhas nas séries mensais na mesorregião norte mato-grossense

	Município	Código	% de falhas	Nome do posto	Lat	Long	alt
1	Alta Floresta	1056001	17,1%	Estancia buriti	-10,40	-56,42	362
2	Claudia	1154004	40,9%	Claudia	-11,49	-54,87	210
3	Cocalinho	1351000	1,9%	Trecho medio	-14,05	-51,41	X
4	Colider	1055002	1,9%	Colider	-10,80	-55,45	X
5	Colider2	1055003	2,8%	Fazenda tratex	-10,96	-55,55	343
6	Cotriguaçu	1058002	6,6%	Nucleo ariel	-9,86	-58,25	X
7	Feliz Natal	1254002	17,1%	Consul	-12,37	-54,49	X
8	Feliz Natal1	1255002	6,6%	Nucleo colonial rio ferro	-54,91	X	
9	Juara2	1058006	21,9%	Rio arinos	-10,64	-58,00	208
10	Juara3	1157001	4,7%	Juara	-11,25	-57,51	288
11	Lucas do Rio Verde	1256002	10,4%	Fazenda divisao	-12,98	-56,18	X
12	Marcelandia	1053001	19,0%	Fazenda santa emilia	-53,61	X	
13	Marcelandia2	1054000	1,9%	Agropecuaria cajabi	-54,55	X	
14	Marcelandia4	1154005	54,2%	Riacho de deus	-11,13	-54,48	
15	Matupa	1054002	43,8%	Matupa	-10,15	-54,92	270
16	Nobres1	1455009	15,2%	Fazenda rio novo	-55,51	X	
17	Nobres2	1456004	0,0%	Quebó	-14,39	-56,07	
18	Nova Brasilandia	1454002	0,0%	Nova brasilandia	-14,53	-54,58	
19	Nova Maringa	1357000	2,8%	Nova maringa	-13,03	-57,09	316
20	Nova Mutum	1356002	9,5%	Nova mutum	-13,82	-56,12	471
21	Paranatinga	1354000	8,5%	Fazenda agrochapada	-54,28	X	
22	Paranatinga1	1354001	17,1%	Agropecuaria malp	-54,08	x	
23	Paranatinga2	1354002	33,3%	Fazenda itaguaçu	-13,14	-54,44	
24	Paranatinga4	1454000	3,8%	Paranatinga	-14,42	-54,05	
25	Peixoto de Azevedo	1055000	35,2%	Estrada cuiaba - santarem	-10,22	-54,97	
26	Porto dos Gauchos1	1156003	43,8%	Nova americana	-11,64	-56,16	351
27	Porto dos Gauchos3	1157000	19,0%	Porto dos gauchos	-11,54	-57,42	
28	Porto dos Gauchos4	1157002	9,5%	Olho d'gua	-11,77	-57,04	284
29	Santa Carmem	1154001	1,9%	Santa felicidade	-11,93	-55,00	
30	Sinop	1155000	4,7%	Cachoeiro	-11,65	-55,70	317
31	Sorriso1	1355001	12,3%	Porto roncadour	-13,56	-55,33	
32	Sorriso	1255001	0,0%	Teles pires	-12,68	-55,79	321
33	Tabapora	1156000	1,9%	Fazenda itauba	-11,47	-56,43	249
34	Tabapora1	1156002	40,0%	Tabapora	-11,30	-56,83	339
35	Terra Nova do Norte	1055004	15,2%	Terra nova do norte	-55,10	X	
36	União do Sul	1154002	21,9%	Fazenda rio negro	-54,36	X	
37	Vera	1254001	20,9%	Agrovensa	-12,81	-54,75	

Org.: Carmello, 2015

Com o número total de dados faltantes, multiplicou-se pelo total de dados (105) e dividiu-se por 100. No caso rio-grandense (Tabela 3), há marcadamente quantidade elevada de postos

pluviométricos (84), assim como de postos com dados faltantes. Apenas um posto apresentou 0% de falhas na série, situado no município de Casca. Há postos com 75% do total de dados faltantes, como Antônio Prado e Nova Roma do Sul, por exemplo. Fante e Sant’Anna Neto (2013) mostraram que: “a escassez de dados e a dificuldade de obtenção de séries completas climatológicas têm levado pesquisadores a desenvolver diversas metodologias embasadas em técnicas estatísticas para estimar falhas de dados com boa correlação com os dados reais, que não foram obtidos por um problema ou outro”.

Tabela 3 - Municípios, postos pluviométricos e porcentagem de falhas nas séries mensais na mesorregião noroeste rio-grandense

	Município	Código	% de falhas	Nome do posto	Lat	Lon	Alt
1	Barracao	2751015	3,8	Barracão	-27,68	-51,45	754
2	Chapada	2853026	5,7	Chapada	-28,06	-53,07	450
3	Carazinho	2852006	4,8	Carazinho	-28,29	-52,72	570
4	Carazinho1	2852007	3,8	Colônia xadrez	-28,19	-52,75	593
5	Casca	2851005	0,0	Casca i	-28,55	-51,97	600
6	Casca1	2851022	3,8	Passo migliavaca	-28,62	-51,87	380
7	Condor	2853023	5,7	Condor	-28,23	-53,47	440
8	Cruz Alta1	2853014	3,8	Santa clara do ingai	-28,73	-53,19	390
9	Cruz Alta2	2853028	3,8	Anderson clayton	-28,66	-53,61	440
10	David Canabarro	2851028	3,8	Trinta e cinco	-28,38	-51,83	650
11	Erebango	2752006	4,8	Erebango	-27,85	-52,30	763
12	Espumoso	2852009	3,8	Deposito	-28,93	-52,80	600
13	Frederico	2753002	3,8	Frederico westphalen	-27,35	-53,40	530
14	Giruí	2854003	3,8	Girua	-28,05	-54,36	400
15	Guarini das Missões	2854006	3,8	Passo viola	-28,21	-54,60	160
16	Ibiaça	2851020	5,7	Passo das pedras	-28,25	-51,85	750
17	Ijuí	2853003	4,8	Conceição	-28,46	-53,97	160
18	Independencia	2754010	2,9	Esquina araujo	-27,97	-54,12	400
19	Iraí1	2753019	5,7	Iraí	-27,19	-53,25	240
20	Itatiba do sul	2752017	2,9	Itatiba do sul	-27,39	-52,45	350
21	Leberato Salzano	2753014	5,7	Liberato salzano	-27,60	-53,07	378
22	Marau1	2852016	3,8	Marau	-28,45	-52,20	580
23	Marau3	2852031	3,8	Vila três passos	-28,47	-52,37	510
24	Marcelino Ramos1	2751018	2,9	Marcelino ramos	-27,46	-51,90	420
25	Miraguai	2753016	8,6	Miraguai	-27,50	-53,69	502
26	Não me toque	2852050	6,7	Não-me-toque	-28,46	-52,82	491
27	Paim Filho	2751006	3,8	Paim filho	-27,71	-51,74	600
28	Palmeira das missoes2	2753015	5,7	Palmeira das missões	-27,91	-53,31	610
29	Passo Fundo	2852024	3,8	Pulador	-28,28	-52,57	600
30	Porto Lucena	2755001	1,9	Porto lucena	-27,85	-55,02	100
31	Sananduva	2751007	3,8	Sananduva	-27,98	-51,78	687
32	Santo Antonio das Missoes	2855007	3,8	Santo antênio das missies	-28,49	-55,23	200

33	Santo Augusto	2753007	3,8	Santo agosto	-27,85	-53,77	520
34	Sao Borja1	2855002	2,9	Passo do sarmento	-28,21	-55,32	80
35	Sao Borja2	2855004	4,8	Passo do novo	-28,68	-55,58	50
36	Sao Miguel das Missoes	2854005	3,8	Passo major zeferino	-28,73	-54,65	160
37	Sarandi1	2753004	5,7	Linha cescon	-27,81	-53,03	350
38	Tapejara2	2852046	6,7	Tapejara	-28,06	-52,00	672
39	Tres de Maio	2754007	3,8	Três de maio	-27,78	-54,23	403
40	Tres Passos	2753009	3,8	Três passos	-27,45	-53,93	450
41	Tres Passos1	2754001	3,8	Alto uruguai	-27,30	-54,14	120
42	Tucunduva	2754009	4,8	Tucunduva	-27,65	-54,44	120

Org.: Carmello, 2015.

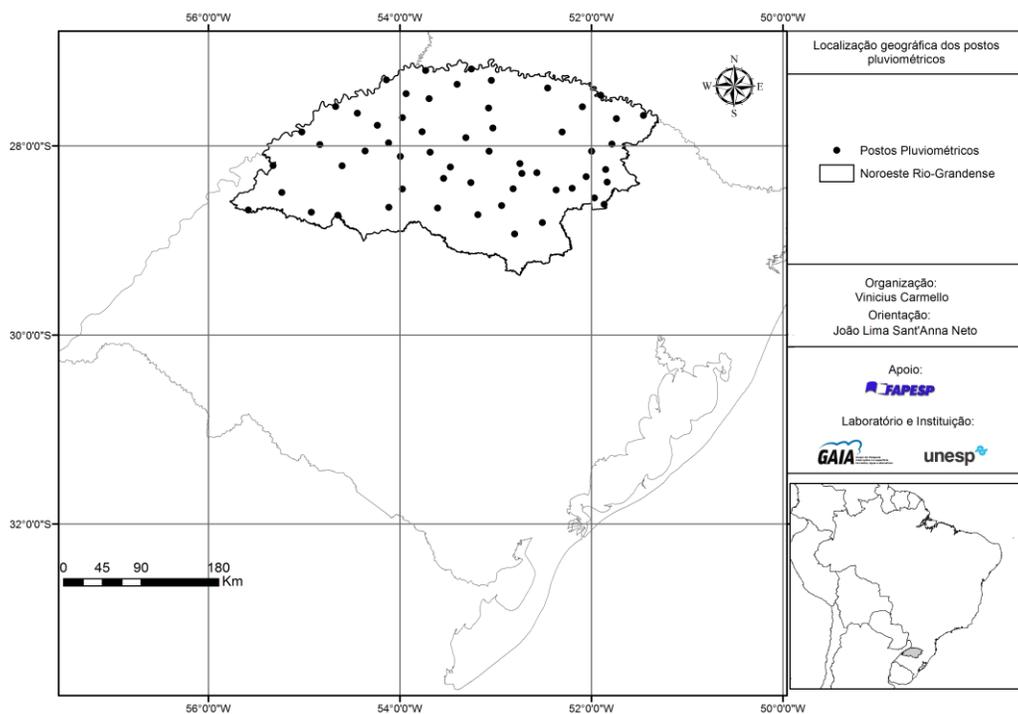
Sobre o preenchimento de falhas, Leivas et al., (2005) recomendam a seleção das estações meteorológicas da mesma região ecoclimática e altitude semelhantes, caracterizando-as como hidrologicamente homogêneas. Para esta etapa de preenchimento consultou-se Oliveira et al., (2010). A localização de cada posto pluviométrico foi coletada a partir das coordenadas geográficas de cada posto pluviométrico. Para esta etapa, foram feitos os *downloads* dos *shapefile* (.shp). Os *shapefiles* disponibilizados possuem a localização exata de cada posto, distribuída a partir de um conjunto de mapas com as principais bacias hidrográficas.

A região noroeste sul rio-grandense, por exemplo, está localizada parte sobre a bacia hidrográfica do rio Paraná e parte sobre a Bacia Atlântico, trecho sudeste. Logo, foi necessário utilizar os *shapefiles*, tanto da bacia do rio Paraná, quando da bacia Atlântico, trecho sudeste. Posteriormente, fez-se a exportação da tabela de atributos, onde foi possível manusear as informações no *Excel*. No caso do Norte Mato-Grossense, o processo foi mais simples, já que toda sua área está na bacia do rio Amazonas.

A partir deste procedimento foi possível obter as informações quanto ao nome do posto, latitude, longitude, altitude, além do município em que estão instalados e cada código. A partir deste conjunto de informações, pode-se aplicar o procedimento de preenchimento de falhas, elaborar mapas, aplicar técnicas de espacialização dos dados, etc. Todas as séries foram analisadas ano a ano e para iniciar a seleção apenas daquelas com dados consistentes, optou-se por avaliar dois procedimentos metodológicos: o primeiro definido pela EMBRAPA sugere a exclusão dos postos pluviométricos com mais de 25% de falhas; o segundo é definido por Penalba et al., (2007), em que a sugestão é que sejam excluídos todos os postos que contenham acima de 10% de falhas.

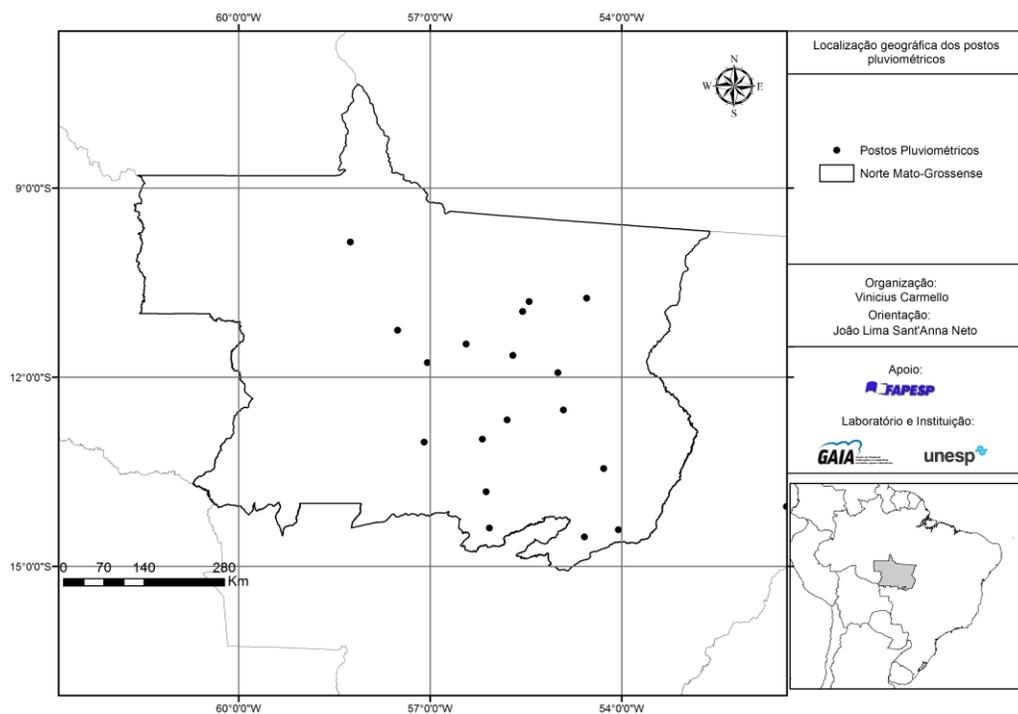
Utilizou-se o procedimento definido por Penalba et al., (2007). No caso da região norte mato-grossense isso ocorreu com pelo menos 20 postos pluviométricos (mais de 10% de falhas). E no noroeste rio-grandense em 15 postos pluviométricos (mais de 10% de falhas). Com base neste procedimento, dos 79 postos presentes no noroeste rio-grandense, foram utilizados 56 (Figura 8) e dos 37 postos pluviométricos administrados pela ANA no norte do Mato Grosso, utilizar-se-á 18 postos (Figura 9).

Figura 8 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas acima de 10% no noroeste rio-grandense



Org.: Carmello, 2015.

Figura 9 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas acima de 10% no norte mato-grossense



Org.: Carmello, 2015.

Para o estudo referente ao território dos Estados Unidos, diferentemente dos dados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas – ANA para as duas regiões no Brasil, os dados disponibilizados pelo MRCC – *Midwestern Regional Climate Center* encontravam-se bem mais concisos e com menos falhas se comparados com os dados da ANA. É necessário relatar que na maioria das vezes estes problemas não foram detectados. Para coletá-los foi necessário acessar o website disponível em: <http://mrcc.isws.illinois.edu/CLIMATE/>.

Como não é habitual que os trabalhos em língua portuguesa que levam em consideração as análises de chuva referentes a regiões específicas de outros países, é importante descrever como foram coletados os dados. No site indicado, é necessário realizar o Login, disponível após um cadastro. Posteriormente, basta clicar em *county data* e em seguida *daily between two dates*. Em seguida, basta escolher os municípios desejados, para os quais serão apresentados os postos pluviométricos disponíveis, assim como o formato cujo dado está disponível. Foram coletados dados diários. Ao determinar o *county* e o período pretendido, gera-se um arquivo onde estão todos os postos pluviométricos deste determinado *county*. Por exemplo, o município de Allen (Tabela 4) possui dois postos cujos dados correspondem ao período pretendido.

A grande diferença entre os dados coletados pela ANA – Agência Nacional das Águas e o MRCC é o fato de que, no caso dos Estados Unidos, todos os dados são disponibilizados segundo a unidade de medida “*inch*” (25,4 mm). Com isso, é necessário converter para milímetros. Após a coleta foi necessário organizar as planilhas no Excel e somente depois iniciar o processamento (Tabela 5). Para a conversão de inches para milímetros utiliza-se a seguinte fórmula:  $mm = in/0.039370$ .

Tabela 4- Exemplo do formato da planilha e os dados ainda em inches (polegadas)

Counties	Allen		Crawford		Defiance	
	LIMA ALLEN COUNTY AP	LIMA WWTP	BUCYRUS	GALION WTR WKS	DEFIANCE	DEFIANCE AP
Date						
01/05/1998	0.27	0.07	0.11	0.03	0.09	0.47
02/05/1998	0.56	0.12	0.08	0.06	0.34	0.24
03/05/1998	0.42	0.18	0.42	0.39	0.13	0.54
04/05/1998	0.12	0.09	0.97	1.17	0.64	0.28
05/05/1998	0.00	0.00	0.04	0.18	0.15	0.01
06/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	T	0.00
07/05/1998	0.36	0.27	0.00	T	0.01	0.14
08/05/1998	0.20	0.14	0.24	0.44	0.16	0.19
09/05/1998	0.00	0.00	0.60	0.33	0.06	T

Fonte: MRCC – *Midwestern Regional Climate Center*

Pelo fato da área de estudo nos Estados Unidos ser o noroeste de Ohio, justificado pela sua participação na produção de soja, foram coletados os dados de chuvas dos condados localizados nesta porção do estado. Verificou-se a presença de 29 postos pluviométricos cujas séries de dados estavam consistentemente distribuídos por 19 condados (Fig. 10) e foram a partir destes dados que se aplicaram os testes estatísticos. Apesar de os dados de chuva serem apresentados em uma unidade de medida diferente dos dados dos outros dois países (Brasil e Índia) bem como Europa e

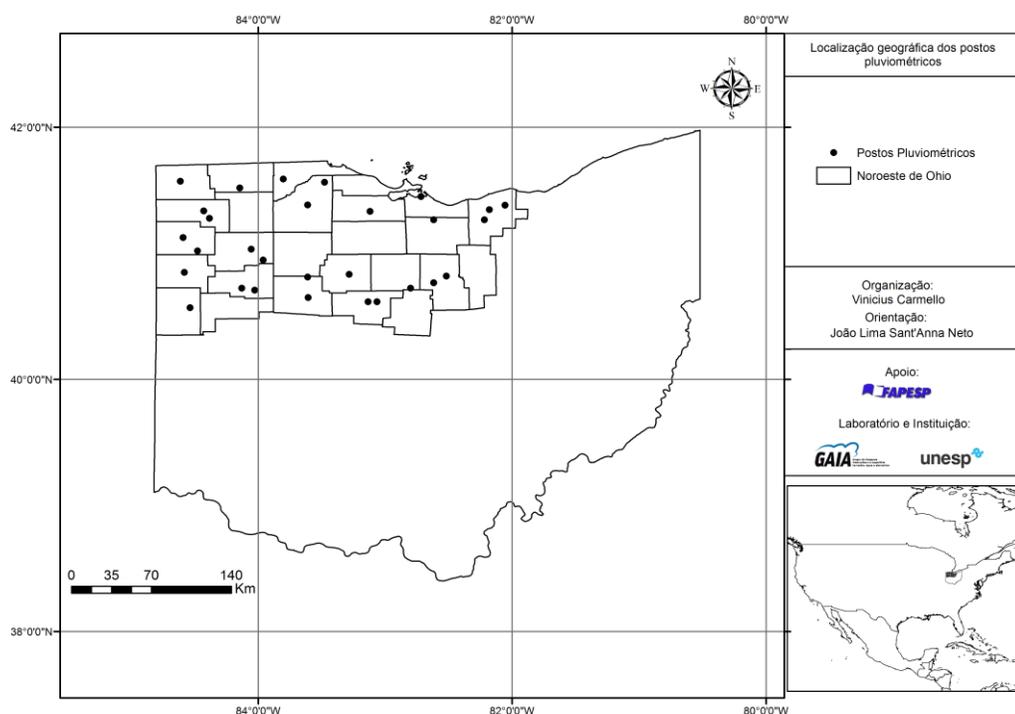
Ásia, os dados podem ser avaliados como de excelente qualidade quanto à organização, além das séries históricas possuírem praticamente 0% de falhas.

Tabela 5 - Parte da planilha com os dados de chuva já convertidos em milímetros

countie	station	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Allen	LIMA ALLEN COUNTY AP	611,6	316,7	581,2	680,0	432,8	772,9	768,6	708,9
	LIMA WWTP	610,9	426,0	617,2	564,6	442,5	875,5	927,6	608,8
Crawford	BUCYRUS	617,0	431,0	605,5	619,0	514,9	927,9	703,1	580,9
	GALION WTR WKS	641,6	499,1	712,7	674,6	635,0	952,0	871,7	690,4
Defiance	DEFIANCE	526,0	405,1	589,5	703,1	505,2	787,7	745,7	477,3
	DEFIANCE AP	498,9	406,7	685,3	447,5	235,7	482,3	474,0	482,3
Erie	SANDUSKY	463,8	392,9	829,3	266,2	274,1	196,1	356,1	788,4
Fulton	WAUSEON WTP	581,2	466,6	737,6	694,9	376,9	713,2	630,7	507,7

Fonte dos dados: MRCC. Org.: Carmello (2015)

Figura 10 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas no noroeste de Ohio



Org.: Carmello, 2015.

Apesar dos empecilhos impostos por algumas instituições indianas que controlam o acesso aos dados climáticos, houve êxito nas buscas e após praticamente cinco meses de negociação os dados foram disponibilizados por E-mail em planilha do Excel e por CD encaminhado via correio. Registra-se nesta etapa todos os procedimentos realizados para ter acesso aos dados, pois estes servirão de base para próximas pesquisas que possuem objetivos similares e também aos leitores que possuem interesse pelos estudos em regiões indianas ou do território da Índia como um todo.

Para ter acesso de forma institucional aos dados climatológicos da Índia é necessário consultar o seguinte link: <http://www.imdpune.gov.in/research>. Em seguida, baixar um arquivo denominado *Data Request Format*, onde deverão ser preenchidas uma série de informações

relacionadas ao requerente. É neste formulário que foram inseridas as informações quanto aos dados de chuva. Após preenchê-lo, a orientação foi de enviar para os endereços de E-mail indicados em “*procedure*”. Após algum tempo, a instituição Indiana entrará em contato informando o valor em dólares a serem transferidos para a Índia. No caso dos dados de chuva solicitados para estas análises o valor foi de \$139,00US (Tabela 6). O departamento indiano de meteorologia encaminhou os dados de um total de 72 postos pluviométricos. Foram analisadas as séries históricas e alguns anos apresentavam falhas (Tabela 7).

Tabela 6 - Exemplo de como os dados de chuva são disponibilizados pelo departamento de meteorologia da Índia

District Name	Station Name	Catchment No	Latitude °N	Longitude °E	Year	January			February			March		
						MRF	NO	NR	MRF	NO	NR	MRF	NO	NR
BARWANI	BARWANI	104	22	74	1998	0,0	31	0	0,0	28	0	0,0	31	0
BARWANI	BARWANI	104	22	74	1999	0,0	31	0	0,0	28	0	0,0	31	0
BARWANI	BARWANI	104	22	74	2001	0,0	31	0	0,0	28	0	10,2	31	1
BARWANI	BARWANI	104	22	74	2002	0,0	31	0	5,0	28	1	0,0	31	0
BARWANI	BARWANI	104	22	74	2003	0,0	31	0	0,0	28	0	0,0	31	0
BARWANI	BARWANI	104	22	74	2004		0			0			0	

Fonte: IMD (2015)

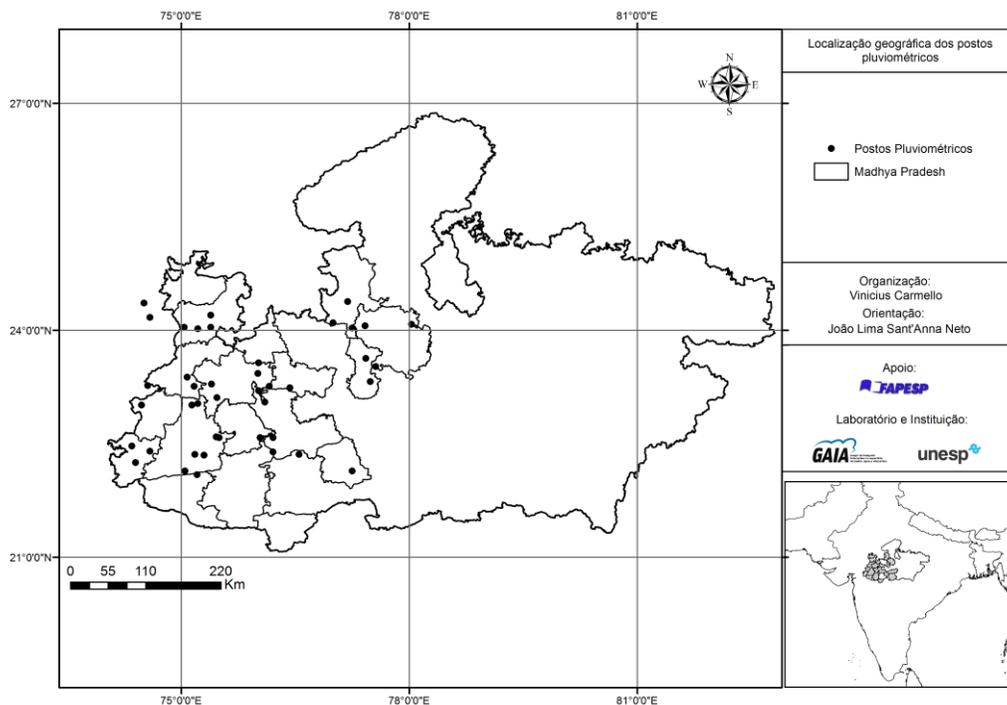
Tabela 7 - Falhas nas séries históricas de precipitação dos postos pluviométricos da Índia

HARDA	TIMARNI(DHEKNA)	898,2	0	917,8	705,1	1243,6	1017,2	693,9	897,3	992,3	899	1437	
INDORE	DAPALPUR	1044,4	713	566	354	621	1001,6	757,1	578,4	301,2		861	
INDORE	GAUTAMPURA	1149,1	583	406,6	444	580	1008,9	881	51	2005	871	660	832,9
INDORE	INDORE(CORPORAT	1533,3	0	590,9	258,6	642,5	619,9	840,7	0	0	5,2	100,8	0
INDORE	SANWER	843	950	475	260	710	902	832	781	1778,5	706	675	878,8
JHABUA	JHABUA	958,8	524	252	504,8	714,2	1121	1354	472,8	1128,1	976	735	720,8
JHABUA	PETALWAD	1244	498,3	331	737	621	1327,4	918,5	635	1334,6	979,9	737	906,4
JHABUA	RAMA	836,4	525	371,4	601,8	595	1265,7	1258	650	1954	1376	832	735
JHABUA	RANAPUR	1436	642	539,2	501	605	859	1105	399,4	1229	944	636	613

Fonte: IMD (2015). Org.: Carmello (2015)

Optou-se por descartar todos os postos com séries pouco consistentes ou que apresentavam falhas. No final, a análise das chuvas foi realizada com 59 postos (Fig. 11), o que é um número considerável se comparado, por exemplo, à quantidade de postos com séries de dados concisas do Mato Grosso, afinal quanto mais superior for a quantidade de dados, mais os resultados serão fiáveis. No caso do Mato Grosso os postos pluviométricos são poucos e concentrados na região centro e sul do recorte.

Figura 11 - Localização geográfica dos postos pluviométricos que não apresentam falhas no oeste de Madhya Pradesh



Org.: Carmello, 2015.

## 2.2 - Técnicas

As técnicas estatísticas foram similares nos quatro casos. O que diferenciou uma análise de outra foi a quantidade de postos disponíveis em cada região de estudo, porém estes valores não interferiram nos resultados obtidos por cada teste aplicado. Optou-se por explorar ao máximo todas as séries. No caso dos dados de precipitação, os principais testes aplicados foram o de Quantis-Percentil e a representação em gráficos do tipo *boxplot*. Além disso, optou-se também por verificar a tendência e a ruptura das séries, apesar das mesmas serem curtas se comparadas aos estudos mais clássicos e recomendados da climatologia e meteorologia.

A técnica de Regressão Linear, segundo Oliveira et. al., (2010) consiste no (co) relacionamento dos dados na estação com falha com as estações vizinhas. O método de ponderação regional consiste no preenchimento de falhas a partir dos dados de estações vizinhas e de semelhanças climatológicas (FANTE e SANT'ANNA NETO, 2013). Esta técnica, conforme Villela e Mattos (1975,) é um modelo simplificado, em que deve ser considerada a equivalência de postos em regiões climatológicas semelhantes à do posto com falha, sendo que o posto deve ter pelo menos uma série histórica de no mínimo dez anos.

### 2.2.1 - Representação da variabilidade a partir da técnica do Quantis

A técnica de definir os anos do período de estudo em anos padrão é comumente empregada em climatologia geográfica (SILVESTRE, SANT'ANNA NETO e FLORES, 2013). Para analisar a variação pluviométrica no período e determinar os anos-agrícolas extremos foi utilizada a técnica do quantil, utilizando o valor da precipitação acumulada em anos. Esta técnica consiste em dividir o valor do quantil 1 ao ano menos chuvoso e, o valor  $m = \text{ano da série para o ano mais chuvoso}$  (SILVESTRE et al., 2013). Os valores foram normalizados pelo valor  $m$  para obter, deste modo, os valores contidos entre 0 e 1. Estes valores foram convertidos em quantil ( $q$ ) 0, 10, 0,35, 0,65 e 0,90 e foram utilizados para delimitar as seguintes repartições: Extremamente seco (abaixo de 0,10); Seco (entre 0,10 e 0,35); Habitual (entre 0,35 e 0,65); Chuvoso (entre 0,65 e 0,90); e Extremamente Chuvoso (acima de 0,90) (CARMELLO et al., 2014). Os resultados foram representados em um quadro tempo-espacial, com cada ano e com os valores diferenciados segundo cores que representam valores secos (Laranja e Amarelo) ou úmidos (Azuis) (MEISNER, 1976; SANT'ANNA NETO, 1990; MOUSINHO et al., 2004). A opção pela técnica do quantis se justifica pelo fato desta técnica destacar os valores extremos.

Quadro 3 - Quantis para caracterização da variabilidade das chuvas

Extremamente Seco	0,10
Seco	0,10 – 0,35
Habitual	0,35 – 0,65
Chuvoso	0,65 – 0,90
Extremamente chuvoso	0,90

Org. Carmello (2015)

### 2.2.2 - Testes de tendência e homogeneidade em séries de dados

A partir da utilização do software XLSTAT® foram aplicadas duas técnicas estatísticas. Para os dados de chuva: os testes de Pettitt e Mann-Kendall, e para os dados de produtividade: apenas o teste de Mann-Kendall. Estas técnicas foram escolhidas com o objetivo de verificar os níveis de consistência da série histórica, no que se refere à homogeneidade dos dados e também observar a tendência (estatisticamente positiva ou negativa) dos registros no mesmo período.

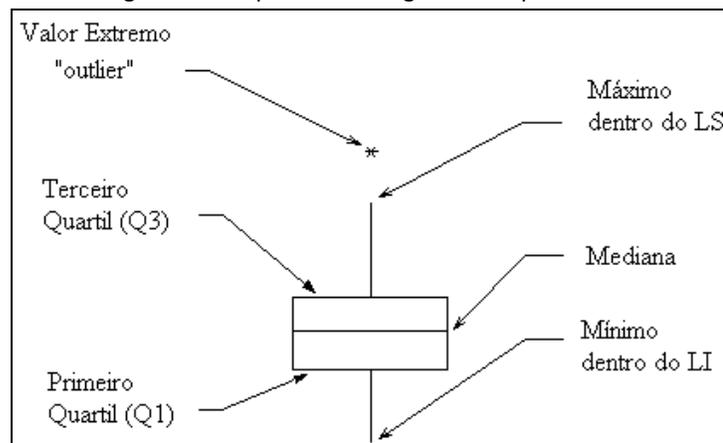
O teste de Mann-Kendall é baseado na hipótese nula de haver ou não uma tendência na série, e três outras hipóteses alternativas com a tendência negativa, nenhuma tendência e tendência positiva. O teste de Pettitt utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney, que verifica se duas amostras  $X$  e  $X_t$   $X_t + 1$ ,  $X_T$  são da mesma população, ou seja, se todos os anos da série histórica pertencem à mesma classe (PETTITT, 1979; TIAN et al., 2012; MORAES et al., 1995).

E porque realizar estes tipos de teste em séries climatológicas? Um dos principais anseios do sujeito que pesquisa a variabilidade das chuvas é obter séries concisas e homogêneas, justamente para valorizar os resultados derivados dos testes estatísticos. Estes procedimentos iniciais sustentam dois pontos importantes e que também estão descritos nos procedimentos metodológicos: **1 – controle de qualidade; 2 – avaliação da homogeneidade.**

### 2.2.3 – Representação dos resultados a partir de gráficos do tipo *boxplots*

A técnica do *Boxplot* consiste em utilizar a divisão dos dados de acordo com os quartis (SILVEIRA, 2016). Este tipo de técnica foi uma importante ferramenta utilizada para representar os dados de chuva e os dados de soja. Este tipo de gráfico (Fig. 12), ou diagrama de caixa, é bastante conhecido na área de estatística. Para esta pesquisa, optou-se por representar tanto os dados de chuva, quanto os dados de produtividade. No caso dos dados de chuva, as caixas representam os postos e seus limites, e o quanto variou entre um posto e outro.

Figura 12 - Esquema de um gráfico *Boxplot*



Fonte: Silvestre et al., (2013)

Nos limites superiores estão os postos pluviométricos que marcaram os registros mais altos e nos limites inferiores, os postos que registraram valores mais baixos. Já para os dados de produtividade, as caixas são os municípios, e seus limites aqueles que produzirem mais ou menos. Segue explicação de como este tipo de gráfico é interpretado.

Para construí-lo, os dados devem ser ordenados, do menor para o maior valor, e devem ser calculadas estatísticas resumo conhecidas como quartil, que dividem o conjunto de dados em quatro partes, sendo o primeiro quartil (Q1) para o qual 25% das observações situam-se iguais ou abaixo de seu valor, o segundo quartil (Q2), também conhecido por mediana para o qual 50% das observações são iguais ou situam-se abaixo dela, e o terceiro quartil (Q3), que separa 75% das observações iguais ou abaixo de seu valor (SILVESTRE et al., 2013).

A linha desenhada no centro do retângulo representa o valor da mediana, a linha inferior do retângulo o primeiro quartil (Q1), e a linha no topo, o terceiro quartil (Q3). A partir do terceiro quartil, é apresentada uma linha que se estende até o maior valor observado para variável, desde que este não exceda o limite superior,  $LS=Q3+1,5(Q3-Q1)$ . Abaixo do primeiro quartil há outra linha que se estende até o menor valor observado da variável, desde que este não exceda o limite inferior  $LI=Q1-1,5(Q3-Q1)$ . Os asteriscos representam casos na amostra considerados valores extremos também chamados *anômalos/outliers*, os quais excedem os limites inferior ou superior

(SILVESTRE et al., 2013). A vantagem do BoxPlot é fornecer uma visualização rápida da distribuição dos dados de produtividade, e se a distribuição é simétrica, a caixa encontra-se equilibrada, com a mediana se posicionando no centro da mesma. Já para distribuições assimétricas, há um desequilíbrio na caixa, com relação à mediana (SILVESTRE et al., 2013).

#### 2.2.4 - Agrupamento segundo os diferentes níveis de produtividade – Técnica de Ward

A análise de agrupamentos, tradução do termo em inglês *Cluster Analysis*, faz parte de um conjunto maior de técnicas estatísticas denominado Análise Multivariada. Este tipo de técnica é utilizado para agrupar objetos, indivíduos, anos, etc., formando grupos homogêneos internamente e heterogêneos entre si (SILVESTRE, 2016).

Para entender a variação espacial dos valores de soja, por exemplo, criaram-se três grupos de dados para cada região a partir do modelo de hierarquização de *Ward* e em cada um desses, após concluídos hierarquização e agrupamento, aplicou-se o *boxplot* como ferramenta para representação. O método de *Ward* considera que a distância entre dois grupos é a soma de desvios ao quadrado dos pontos aos centroides (SILVESTRE, 2016).

Para garantir que as análises fossem eficientes, mesmo para os municípios que apresentam dados faltantes, criou-se uma coluna com o valor médio de cada município, assim pôde-se garantir que todos apresentassem dados. Os grupos no dendograma não estavam na ordem, então foi importante colocar as cores e indicar cada um dos grupos para diferenciá-los.

#### 2.2.5 - Quanto às técnicas de correlação – Kendall, Pearson e Spearman

O software SPSS oferece três técnicas de correlação estatística: Kendall, Pearson e Spearman. A cada aplicação, utilizando este pacote, os resultados eram disponibilizados segundo cada um destes testes. É por isso que em alguns casos existem respostas positivas ou negativas nos três testes ou em alguns casos, em apenas um ou apenas dois deles. Para Falcão (2012):

O teste de Pearson, por exemplo, indica o nível de correlação entre duas variáveis utilizando de valores médios reais. Este teste produz o resultado na escala entre -1 e 1.

O teste de Kendall é uma medida estatística de dependência entre duas variáveis usando a classificação padrão para cada variável.

As medidas do teste de Spearman baseiam-se no nível de dependência das variáveis, a partir do *ranking* de valores; estas métricas valorizam a proximidade de cada valor de classificação.

Para representar os valores positivos e negativos de correlação estatística foi utilizado outro tipo de gráfico: *bubble plot*. Este tipo de gráfico foi bastante eficiente para representar os valores de chuva em meses cuja chuva foi essencial para o valor final de produtividade. Este tipo de gráfico foi confeccionado utilizando o software SPSS.

### 2.2.6 - Representação da vulnerabilidade em curvas através da abordagem de estimação Bayesiana

Para elaboração destas análises, baseou-se no trabalho de Matiu et al., (2017). Neste tipo de representação, a partir de gráficos de curva, os dados não foram ordenados por ano, mas sim por volume de chuva. Outro ponto é que houve a alteração da escala de milímetros para metros. A abordagem de estimação foi a Bayesiana, o que quer dizer que o intervalo de credibilidade foi de 95%. O modelo foi dado pela fórmula:

Equação 1 - Estimação Bayesiana

$$\begin{aligned} \text{produção}[k,i,j] &\sim \text{NormalTrunc}(\text{media}[k,i,j], \text{sigma}[k]^2, 0, \text{infinito}) \\ \text{media}[k,i,j] &= (\text{beta0}[k] + \text{b0}[k,i]) + (\text{beta1}[k] + \text{b1}[k,i]) * \text{precipitação}[k,i,j] + (\text{beta2}[k] + \text{b2}[i]) * \text{precipitação}[k,i,j]^2, \end{aligned}$$

Onde k representa a região, i o município e j o ano (ordenado de acordo com o volume de chuva). A variável resposta (produção) segue uma distribuição normal em zero, pois não existem valores negativos para a produção, com variância  $\text{sigma}[k]^2$  e média modelada através de um preditor linear (média) dado por um polinômio de segundo grau, incluindo efeitos aleatórios normalmente distribuídos para cada município e agrupados por região, que dá mais flexibilidade para expressar a relação entre a produção e a precipitação. Com o intuito de obter uma tendência comum entre municípios de uma mesma região, após o ajuste do modelo acima, calculou-se a curva média (gráficos páginas 186 e 187) de cada região a partir da equação:

Equação 2 - Estimação Bayesiana

$$\text{media}[k,j] = \text{beta0}[k] + \text{beta1}[k] * \text{precipitação}[k,j] + \text{beta2}[k] * \text{precipitação}[k,j]^2,$$

Optou-se por exibir o intervalo de credibilidade de 95% baseado na amostra posterior de cada um dos parâmetros regionais ( $\text{beta0}[k]$ ,  $\text{beta1}[k]$  e  $\text{beta2}[k]$ ). Este modelo considerou o período fenológico, ou seja, os meses de maior dependência hídrica da soja que estará presente no capítulo 5.

### 2.2.7 - Análise da evapotranspiração e dos períodos de maior necessidade hídrica – irrigação

Como é praticamente impossível se distinguir o vapor d'água proveniente da evaporação da água no solo e da transpiração das plantas, a evapotranspiração é definida como sendo o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e da vegetação úmida e por transpiração das plantas. Para calcular a evapotranspiração da planta de soja foi necessário coletar informações de temperatura, precipitação, umidade, vento e intensidade solar para os meses correspondentes ao período de safra de soja (período de desenvolvimento fenológico). Foi necessário consultar sites de institutos meteorológicos e coletar os dados necessários (Tabela 8).

Tabela 8 - Dados climáticos e institutos consultados em cada país, de acordo com cada variável

	Temperatura	Precipitação	umidade	vento	Intensidade solar
Brasil	<i>Inmet</i>	<i>ANA</i>	<i>Inmet</i>	<i>Inmet</i>	<i>Inmet</i>
EUA	<i>MRCC</i>	<i>MRCC</i>	<i>MRCC</i>	<i>MRCC</i>	<i>MRCC</i>
Índia	<i>NOAA</i>	<i>IMD</i>	<i>NOAA</i>	<i>NOAA</i>	<i>NOAA</i>

Org. Carmello (2017)

A metodologia se baseia na aplicação do modelo CropWat, que utiliza como dados de entrada os valores diários e mensais dos parâmetros climáticos mencionados na Tabela e os dados sobre a vegetação (o coeficiente padrão de cultura - Kc, duração de cada estágio do desenvolvimento das culturas, a profundidade máxima da raiz e a altura das plantas). O coeficiente de cultura varia de acordo com as fases de desenvolvimento da planta (BOUCHET, 1964); o valor máximo, por exemplo, pode ser alcançado em pleno período de crescimento.

Como resultado, o modelo CropWat calcula a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método de Penman - Monteith, usando os dados climáticos de entrada acima mencionados. Em seguida, a evapotranspiração da cultura (etc), durante a estação de crescimento, é dado como um produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e o coeficiente da cultura (Kc) (STAN et al., 2014). Levando em conta as características de vegetação e o clima, o modelo também fornece como saída a estimativa dos requisitos da água para a cultura selecionada, ou seja, períodos que é necessário aumentar a quantidade de água. Esta técnica se faz eficaz essencialmente para determinar os períodos de maior necessidade de irrigação, partindo dos valores de evapotranspiração.

### 2.2.8 - Técnica de balanço hídrico agroclimatológico

Os gráficos de Balanço Hídrico foram elaborados utilizando uma planilha no software EXCEL<sup>®</sup> elaborada por Rolim et al., (1998) em que é necessário inserir a latitude (em graus) da localidade a ser estudada, médias das temperaturas mensais, totais pluviométricos mensais e o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD). Optou-se em aplicar esta técnica em anos cuja produtividade de soja apresentou variações ou reduções consideráveis. A planilha segue o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para o cálculo do BH Normal e Sequencial:

[...] esse método considera que a variação do armazenamento (ARM) de água do solo é uma função exponencial que envolve uma capacidade de água disponível (CAD) (Função da profundidade de exploração efetiva das raízes e características físicas do solo) e perda de água acumulada (Negativo Acumulado). Para a estimativa da ETP os programas utilizam o procedimento proposto por THORNTHWAITE (1948), o qual tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de temperatura média do ar dos períodos e da latitude local. Esse método dá resultados confiáveis entre as latitudes de 40oN e 40oS (DOURADO NETO & Van LIER, 1991). Para o BH sequencial é dada ao usuário duas opções: o valor do

armazenamento do período anterior pode ser fornecido, ou este valor ficará igual a capacidade de água disponível (CAD). O cálculo do BH de cultura [...] seguiu também o método apresentado por THORNTHWAITE & MATHER (1955), mas com modificações propostas por BARBIERI et al., (1997) que possibilita o cálculo com CAD e coeficiente de cultura (Kc) variáveis. Essas modificações são importantes pois se sabe que no caso de uma cultura, a CAD e o Kc (função do índice de área foliar-IAF) não são constantes, variando com a fase fenológica da cultura (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998, p. 135).

As variáveis climáticas utilizadas no cálculo do BH são: dados de precipitação e dados de temperatura de postos específicos. Para calcular a CAD, que representa o máximo de água disponível que determinado tipo de solo pode reter em função de suas características físico-hídricas (SENTELHAS; ANGELOCCI, 2012) foi utilizada a fórmula estimada por Doorenbos, Kassam que consiste em:  $CAD = CAD_{m\u00e9dia} * Z_r$ . A  $CAD_{m\u00e9dia}$  é a capacidade de água disponível média, em mm de água/cm de profundidade de solo e  $Z_r$  é a profundidade específica do sistema radicular da planta, em cm. A  $Z_r$  utilizada para o presente cálculo foi de 35 (FERREIRA, 2011). A  $CAD_{m\u00e9dia}$  é calculada de acordo com os tipos de solo: solos argilosos = 2,0 mm/cm; solos de textura média = 1,4 mm/cm e solos arenosos = 0,6 mm/cm. (SENTELHAS; ANGELOCCI, 2012). Foram realizados levantamentos dos diferentes perfis pedológicos e os mesmos foram atribuídos para região estudada.

### 3 - A REPRESENTATIVIDADE DA SOJA A AS REGIÕES PRODUTORAS NO BRASIL, NOS ESTADOS UNIDOS E NA ÍNDIA

#### 3.1 – Introdução

Um trabalho que se propõe a comparar os padrões agrícolas de três países deve também considerar as relações econômicas que são influenciadas por tudo que é produzido no campo, ou seja, as riquezas produzidas, e o PIB, que sofre influência daquilo que é derivado das atividades agrícolas. Com isso, entende-se que são estas relações econômicas que explicam os interesses por culturas como a soja. Da mesma forma, não poderia deixar de levantar parte da bibliografia que trata da internacionalização da economia como base para entender a geopolítica contemporânea de produção de alimentos: as *commodities*.

Com isso, a primeira parte deste capítulo tratará da internacionalização da economia e relações globais de troca e comércio e, conseqüentemente, a aproximação econômica das regiões abordadas. Afinal, nos dias atuais, não se deve considerar as distâncias físicas que outrora limitavam as trocas entre os países. O fato de a soja estar presente nos principais continentes do globo é uma característica dessa aproximação mediada pela agricultura.

Em seguida, o papel da soja como variável que integra as regiões agrícolas será considerado como fonte teórica para entender a organização agrícola no contexto global. Países como Japão, Holanda e Alemanha são os maiores importadores deste tipo de produto e, se o Brasil e a Índia produzem para além de suas necessidades, sem dúvida alguma é pelo fato de existirem interesses econômicos e acordos entre estes países, para que a produção seja voltada ao mercado internacional.

Alguns dados, gráficos e tabelas serão apresentados, justamente para melhor compreender como, nos últimos 40 anos, a oleaginosa e os demais grãos tem ganhado representatividade e se configurado no planeta, ultrapassando o valor produzido de outras culturas tradicionalmente cultivadas. Os resultados de tendência que indicam o aumento da produtividade em países latino-americanos e sul asiáticos serão os principais exemplos desse crescimento agrícola ocorrido pós revolução verde.

Neste capítulo apresentam-se também os dados de soja dos cinco principais produtores mundiais, a saber: Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e Índia. Estes dados indicam variações e algumas inversões em anos específicos, mostrando que existem tendências globais quanto à mudança do cenário da soja, ou seja, revela seu dinamismo e sua relação com o capital.

As linhas dos gráficos indicam crescimento anual da produção, produtividade e área plantada nos demais países. Os Estados Unidos e o Brasil lideram e a Argentina, ano após ano, se aproxima dos valores norte-americanos e brasileiros. No decorrer do capítulo, os dados de produtividade de soja estarão representados graficamente, e nesta etapa será possível verificar as diferenças nos padrões regionais de produção agrícola de cada região. Encontrar-se-ão também informações relativas ao perfil da propriedade agrícola em cada região estudada.

Para iniciar, será observado um padrão muito mais homogêneo quanto a produtividade no norte do Mato Grosso, que se diferencia das demais regiões. Nesta região do Brasil, os valores de produtividade se aproximam ou ultrapassam os 3.000 kg/ha em praticamente todos os anos. Já os valores mais baixos de rendimento se aproximam de 700 kg/ha, registrados por municípios de Madhya Pradesh. O Rio Grande do Sul mostra boa participação quanto a produtividade, porém com variações anuais bem marcadas e com valores médios que não chegam aos que são registrados por Ohio e Mato Grosso, apesar de ultrapassar o produzido pela Índia. Ohio, por sua vez, ainda que se mostrando com alta capacidade produtiva, não apresenta a mesma configuração fundiária do Mato Grosso, pelo contrário, o perfil da propriedade agrícola em Ohio é bem menor que as do Rio Grande do Sul, por exemplo.

Os Estados Unidos, como demarcado em sua história, apresentam práticas familiares e da pequena propriedade agrícola. Todavia, apesar de estruturalmente ser semelhante ao Rio Grande do Sul, na prática, atinge níveis de produtividade equiparadas ao do Mato Grosso, o que nos conduz para outras práticas e outra organização entre os proprietários de terra, que não necessariamente precisam ser dotados de um alto nível fundiário para atingir valores consideráveis de produtividade.

### **3.2 - A geopolítica da produção de alimentos, a internacionalização da economia e o papel da agricultura no mundo**

Qual o papel da agricultura nas relações internacionais e na geopolítica da produção de alimentos no mundo? Ou melhor, qual o papel da agricultura na nova geopolítica de produção de alimentos no mundo?

Brown (2011) responde a este questionamento quanto à nova geopolítica global de produção de alimentos utilizando-se de cinco argumentos:

*1 - O crescimento da população, pois a cada ano os agricultores do mundo devem produzir alimento para 80 milhões de pessoas adicionais, quase todos eles em países em desenvolvimento.*

*2 - A população mundial dobrou desde 1970 e caminha para 9 bilhões até meados do século.*

*3 - Cerca de 3 milhões de pessoas, por sua vez, tentam subir na cadeia alimentar, consumindo mais carne, leite e ovos.*

*4 - À medida que as famílias chinesas e de outros lugares entram na classe média, mudam seus hábitos e se passam a se alimentar "melhor".*

*5 - À medida que o consumo mundial de carne aumenta, o mesmo acontece com a demanda para o milho e a soja necessários para alimentar o gado.*

Logo, não se deve desconsiderar a importância da agricultura e o seu papel como elemento que está relacionado com as transformações e as demandas da atual configuração dos países. Pois, se a China hoje possui maior poder de compra e conseqüentemente altera seus hábitos

alimentares, serão os produtores de soja do norte do Mato Grosso que lucrarão ano após ano, pois voltarão sua produção para o mercado asiático.

Estas relações estão intrinsecamente vinculadas, e qualquer desestruturação gera crises na escala global, sejam elas crises econômicas, políticas e de subsistência. Ou seja, uma crise política ou econômica pode modificar ou diminuir as necessidades de determinada população. Se a China deixar de crescer acima dos 8% anualmente, como vem crescendo nos últimos anos, e consequentemente deixar de retirar da linha da pobreza milhares de famílias, isto acarretará na diminuição da demanda por alguns tipos de produtos, com impacto ao produtor que há anos vem se dedicando àquela produção.

Contudo, é necessário tomar cuidado para não cair na lógica neomalthusianista, o qual defende e estabelece que a produção de alimentos não é determinada pelo aumento de população, mas pela demanda de mercado, mesmo porque, apesar do aumento da produção de cereais e grãos, o índice de fome e desnutrição mundial mostram o contrário, inclusive no Brasil, Índia e USA.

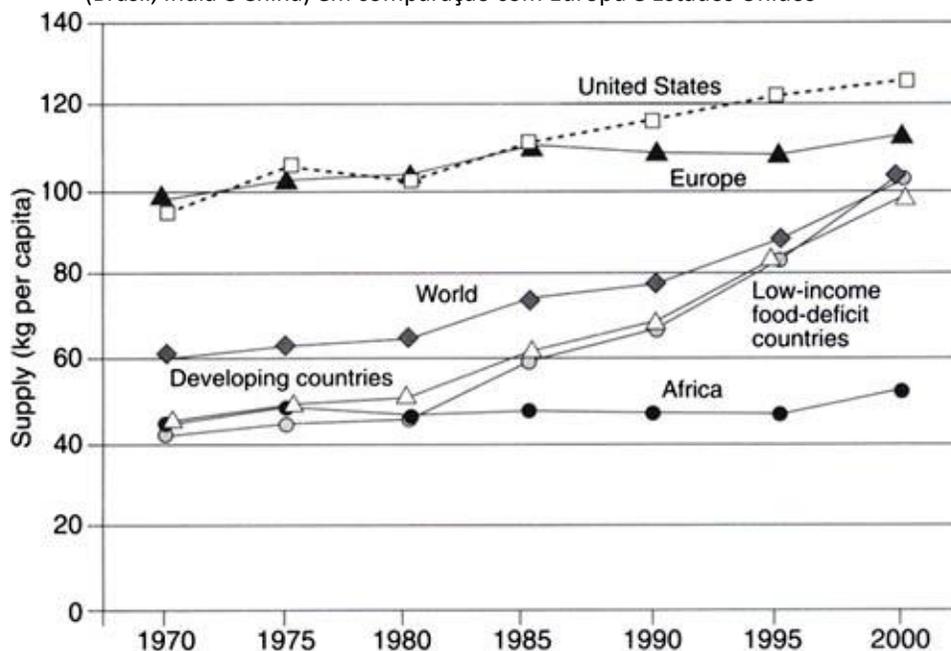
Exemplos dessas relações contraditórias na escala internacional são dados por Brown (2011). Ele mostra que nos Estados Unidos, quando os preços mundiais do trigo sobem em 75%, por exemplo, como tem ocorrido ao longo dos últimos anos, significa que a diferença entre o valor do pedaço de pão aumente de US \$ 2,00 para US \$ 2,10. Este autor diz que para um norte americano essa diferença não será um fator limitante. No entanto, se você vive em Nova Deli, esses custos serão significativos.

O referido autor valoriza as diferenças entre as estruturas sociais dos países no mundo para explicar o verdadeiro impacto da atual geopolítica internacional de produção de alimentos. Em outro trecho ele afirma que os preços dos alimentos estão subindo, mas que o impacto não é sentido de forma equalizada (ainda considerando as diferenças sociais e econômicas dos países).

Ainda segundo Brown (2011), para os norte-americanos, que gastam menos de um décimo dos seus rendimentos no supermercado, o aumento dos preços dos alimentos que tem ocorrido no mundo se configura como um problema, e não uma calamidade. Mas, para os mais pobres – cerca de 2 bilhões de pessoas do planeta - que gastam 50 a 70% de sua renda em alimentos, estes preços crescentes podem significar a redução de duas refeições por dia para apenas uma.

Logo, não existem indissociações ao tratar da geopolítica internacional e produção de alimentos. Apesar de breves considerações quanto a este tema, percebe-se que os processos estão interligados numa relação de troca intensa entre os países que, pelo interesse dos agentes globais, produzem os alimentos e os países que os consomem há muito tempo (países europeus), ou, pelos países que produzem e pelos países que ao longo do tempo vem aumentando o poder de consumo (Figura 13).

Figura 13 - Exemplo de como o consumo de produtos agrícolas aumentaram entre os países de capital emergente (Brasil, Índia e China) em comparação com Europa e Estados Unidos



Fonte: World Health Organization<sup>6</sup>

A ruptura entre a geografia e a geopolítica numa perspectiva crítica, integrado à natureza holística e estratégica, pode representar um passo importante no caminho de entender a atual configuração e as trocas dos países responsáveis por produzir e por consumir produtos agrícolas, pois o poder e o espaço assim como suas relações são, sem dúvida, problemáticas contemporâneas significativas (BECKER, 2012).

O ponto “chave” e o grande interesse da pesquisa estão relacionados com a internacionalização da economia - último ponto exposto por Passanezi (2010). Para entender a geopolítica contemporânea de produção de alimentos, é necessário entender também as estruturas da economia e do comércio do mundo, assim como as bases da integração econômica regional. Características estas que ao longo do tempo vem se transformando pelos pontos levantados por Brown (2011). Alguns pontos centrais (Quadro 4) que influenciaram a configuração da geopolítica contemporânea são apresentados por Passanezi (2010).

Quadro 4 - Principais elementos que influenciaram a atual configuração da geopolítica

✓	A expansão do comércio internacional data do século XVI, quando ocorreram as primeiras expedições marítimas e a descoberta de novas terras. Naquela época, o poderio econômico das nações estava diretamente relacionado ao domínio além-mar e ao comércio de especiarias e metais;
✓	O avanço por novos territórios impulsionou o comércio local e intra-mares;

<sup>6</sup> [http://www.who.int/nutrition/topics/3\\_foodconsumption/en/index6.html](http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/index6.html)

✓	A intensificação do comércio propiciou a formação das cidades e o enfraquecimento do velho sistema de produção – o feudal;
✓	Tais transformações na Europa repercutiram no padrão de comércio internacional;
✓	A monetização das economias e a introdução de novas tecnologias de produção impulsionaram o comércio e sua diversificação;
✓	O avanço ocorrido nas tecnologias de informação e de telecomunicações diminuiu o desperdício e aumentou o controle sobre os fluxos de bens comercializados no mundo e capitaneados por empresas transnacionais;
✓	A internacionalização da economia, a crescente desregulamentação dos mercados e a formação regional de blocos econômicos propiciaram a configuração de economias capazes de agir dentro do contexto global;
✓	A internacionalização da produção deu-se a partir dos anos 1980. As repercussões desse processo foram inúmeras, tanto no plano organizacional quanto no financeiro e tecnológico;
✓	Tal internacionalização foi possível graças aos avanços alcançados na área financeira – a expansão da telemática e do mercado financeiro internacional.

Org.: Carmello (2014). Fonte: Passanezi (2010)

Em relação ao tema da integração econômica regional, Paiva (2010) mostra que especificamente este tema ganhou destaque na década de 1990, principalmente em virtude do avanço da consolidação da União Europeia e do surgimento de várias outras iniciativas de integração econômica ao redor do mundo, por exemplo: o NAFTA, o MERCOSUL e o APEC. O mesmo autor destaca que a discussão sobre a integração econômica não é recente. Remonta ao período de formação de alguns Estados nacionais, como Alemanha e Itália no século XIX, bem como ao período da segunda guerra mundial, ao pós-guerra e às iniciativas de integração latino-americanas.

Sobre o conceito de integração econômica, Paiva (2010) afirma que pode ser considerado um processo no qual os países participantes da união decidam eliminar, de forma gradativa, suas barreiras aos fluxos comerciais e de fatores de produção, bem como promover o arredondamento de suas políticas econômicas, no sentido de se estabelecer um mercado integrado. Estes elementos integram um processo dinâmico e elementar para se compreender o papel da agricultura no contexto atual e no que tange a escala global. Afinal, com a redução das barreiras entre os estados, aumentam-se as trocas e conseqüentemente a produção e comercialização.

Os blocos econômicos são estratégias de desenvolvimento econômico dos países e possuem papel fundamental para ditar o que convém ser produzido ou não em determinado país. Não somente isso, mas também possuem o papel central de definir onde, quando e por quem determinados produtos deverão ser produzidos. E esta é a natureza da geopolítica; dentro deste modo de produção está a própria divisão territorial do trabalho.

Um dos principais questionamentos sobre esta inserção da soja no mercado global é sem dúvida aquela que envolve o crescimento populacional, conforme foi indicado em um dos pontos de Brown (2011), todavia ainda segundo o mesmo autor, outros fatores devem ser levados em consideração, como por exemplo as mudanças nos hábitos das sociedades que vêm se alterando ao longo do tempo; países como o Brasil, a China e a Índia, que antes apresentavam bases alimentares a partir do consumo de grãos como o arroz, o feijão e o trigo, hoje apresentam o consumo de alimentos proteicos ou processados industrialmente. Os interesses da sociedade mudam e são alterados com o tempo e as necessidades são criadas e recriadas conforme o poder de consumo de determinada nação. Este é um ponto importante para entender o motivo pelo qual a soja está presente em vários lugares do planeta.

Não é por acaso que a Índia, conforme será representado pelos dados de soja, vem apresentando tendência positiva de aumento dos valores de produtividade. Assim como os resultados de tendência de aumento foram bastante significativos nas quatro regiões. São resultados que possuem relação com o mercado global e com as transformações que vem ocorrendo na escala internacional, os quais aumentaram estes indicadores.

Estes questionamentos, anteriormente abordados na introdução da tese, fornecem subsídios para justificar a elaboração da pesquisa, uma vez que a escolha dos países a serem pesquisados não foi arbitrária, mas uma seleção deliberada que parte da consolidação de cada um deles em escala internacional.

### **3.3 - A organização agrícola no contexto global e o papel da soja como um produto de integração econômica**

*Deliberate land-use change is intended the human enterprise but may instead reduce this capacity (HOUGHTON, 1994 p. 305)*

Segundo o Ministério da Agricultura (2015), a soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. Estes três itens indicados pelo ministério da agricultura contribuíram de forma considerável para o aumento da produção em larga escala e em âmbito mundial da soja.

A fim de contextualizar a organização da soja na escala global, é necessário compreender parte daquilo que possui relação entre a oleaginosa - soja e as necessidades internacionais de homogeneização da agricultura, que teve início entre os anos de 1960 e 1970. Um ponto central a ser considerado nesta etapa foi umas das mais importantes rupturas<sup>7</sup> na história da humanidade: a Revolução Verde.

---

<sup>7</sup> Neste caso utiliza-se o termo ruptura, mas podem também serem utilizados os termos descontinuidade, quebra, etc.

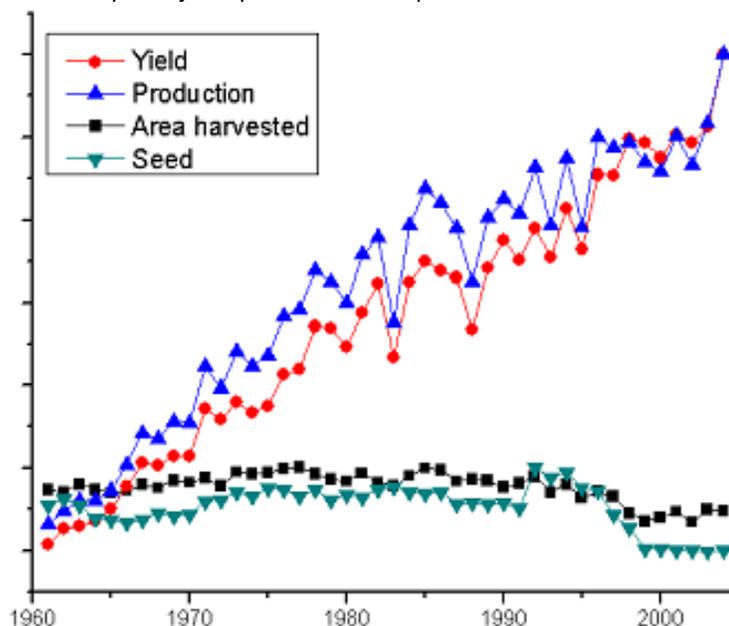
A década de 1970 foi um divisor de águas no que diz respeito às mudanças estruturais na economia mundial, como já havia sido a década de 1870, um século antes (BERNSTEIN, 2011, p. 53). Isso porque a Revolução Verde e todo seu desencadeamento estrutural alteraram as formas de conduzir as atividades no campo definitivamente – uma ruptura histórica. Pode-se definir esta revolução como um pacote tecnológico tomado como milagroso; empreendia-se como uma transformação profunda na estrutura de produção agrícola tradicional (MARTINE e COUTINHO, 1987).

Neste período, os países da Ásia e da América Latina experimentaram, segundo Nin-Pratt e McBride (2014), um aumento de produtividade e crescimento da produção agrícola acelerado devido à adoção de variedades de alto rendimento de soja, trigo, arroz e milho, combinado com o uso intensivo de insumos, como fertilizantes e irrigação (Fig. 14). No gráfico representado pela Figura 14, é possível notar a ruptura e o aumento que ocorre nos valores de produção (linha azul) e produtividade (linha vermelha), enquanto a área destinada à produção de grãos (linha preta) permanece praticamente equivalente em todos os anos, com queda a partir de 1995.

Na obra **“história das agriculturas no mundo”** é feita uma referência a este período, no momento em que são expostos alguns pressupostos teóricos. Os autores descrevem que:

[...] após a Segunda Guerra Mundial, centros internacionais de pesquisas agrícolas, financiados pelas grandes fundações privadas americanas (Ford, Rockefeller...) selecionaram variedades de alto rendimento de arroz, de trigo, de milho e de soja, muito exigentes em adubos e em produtos de tratamento, colocando em prática, em estação experimental, os métodos de cultivo correspondentes (MAZOYER e ROUDART, 2010).

Figura 14 - Representação do histórico da produção mundial de grãos entre 1960 e 2005 – ênfase para os valores de produção e produtividade a partir de 1970



Fonte: FAO (2015)

Para estes autores, entretanto, apenas nos anos 1960-1970 a difusão destas variedades e métodos de cultivo permitiram aumentar significativamente os rendimentos e a produção de grãos em muitos países da Ásia, América Latina e, em menor grau, da África. Este notável movimento de extensão de técnicas da segunda revolução agrícola (seleção genética, fertilização mineral, tratamentos, cultivo puro de populações geneticamente homogêneas, mecanização parcial, estrito controle da água) para grandes cereais amplamente cultivados nos países em desenvolvimento recebeu o nome de “**revolução verde**”.

Como argumenta Porto-Gonçalves (2004, p.11): “é preciso lembrar que o próprio nome – Verde – que se emprestou a essa revolução traz em si o contexto das lutas de classes em que ela foi engendrada”. Além das fundações privadas americanas indicadas por Mazoyer e Roudart (2010), Conte (2003) cita dois importantes centros de pesquisa que foram pioneiros nesse processo de extensão e aprimoramento de cultivares agrícolas distintas, um nas Filipinas e outro no México. Este autor menciona dois exemplos, o Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz nas Filipinas em 1959 e o Centro Internacional para o melhoramento de trigo e milho no México em 1963. Nestes institutos foram elaboradas novas variedades de cereais com o objetivo de aumentar a produtividade e assegurar a alimentação dos países do Sul.

Além disso, a revolução verde esteve apoiada em uma promessa de aumento da oferta de alimentos que proporcionariam a erradicação da fome, no entanto, acabou resultando em um novo modelo tecnológico de produção agrícola que implicou na criação e no desenvolvimento de novas atividades de produção de insumos (químicos, mecânicos e biológicos) ligados à agricultura. A síntese realizada por estes autores traz que a Revolução Verde pode ser caracterizada como um paradigma tecnológico derivado da evolução dos conhecimentos da química e da biologia, que definiram uma trajetória tecnológica baseada no uso intensivo de insumos químicos (fertilizantes e pesticidas). Este novo modelo tecnológico de produção de alimento previa dobrar o rendimento de culturas.

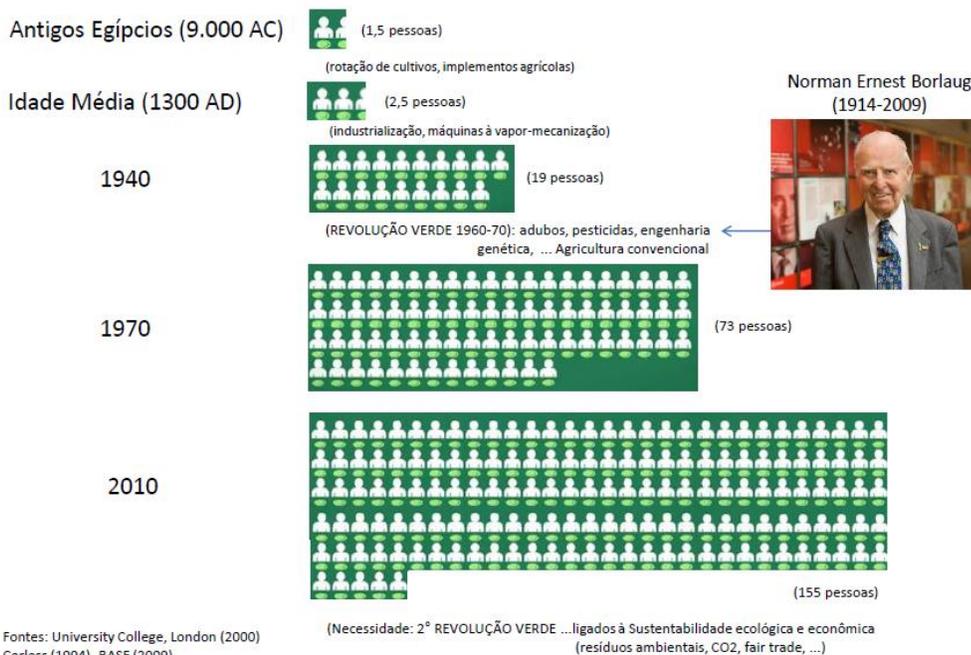
Baseado neste período da história da agricultura, Almeida (1995) mostra que os objetivos estabelecidos para conduzir tais pretensões eram condizentes com o cenário mundial da época (final dos anos 1960), como por exemplo: crise no mercado de grãos alimentícios, aumento do crescimento demográfico e a previsão, em curto prazo, de uma “**catástrofe alimentar**” que poderia originar convulsões em certas regiões do mundo. Alguns resultados expressivos foram obtidos, sobretudo para as culturas cognominadas *commodities*, no entanto, o mesmo não ocorreu com determinados cultivos/atividades, com destaque para os alimentos destinados ao mercado interno.

Para Andrades e Ganimi (2007), a revolução verde foi um modelo baseado no uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos na agricultura. Na Fig. 15 está representado exatamente o período de ruptura que ocorreu nos anos 70 no período representado entre 9.000 A.C até 2010. A produção de alimentos era inexpressiva, mesmo considerando que a quantidade de pessoas que habitavam o planeta naquele período era reduzida.

Os valores são expressivos e obedecem à uma necessidade que atinge outras escalas, como, por exemplo, o número de pessoas no planeta ou mesmo sua tendência de aumento. Cabe ressaltar que mesmo com observações concordantes e favoráveis e que por mais importantes que fossem os ganhos de rendimento e de produção eles beneficiaram principalmente as regiões férteis mais aptas a rentabilizar os caríssimos componentes necessários e os agricultores que dispunham de meios suficientes para comprá-los e para aplicar os aconselhamentos técnicos correspondentes (MAZOYER e ROUDART, 2010).

Assis (2005) expõe que embora o cerne tecnológico da “Revolução Verde” fosse neutro do ponto de vista da escala técnica, os relativamente elevados investimentos necessários para a adoção do pacote tecnológico levaram a uma disputa por recursos escassos nos países pobres, disputa ganha, obviamente, pelas elites agrícolas destes países. Este autor defende que a exclusão dos agricultores pobres pela “barreira à entrada”, representada pelos investimentos mínimos necessários, levou à uma mudança de atitude nas agências internacionais de pesquisa agropecuária.

Figura 15 - Trajetória histórica da produção de alimentos e a ruptura na década de 1970  
1 ha alimenta(va) (por ano):



Fonte: *University College, London* (2000). Disponibilizado por Rolin (2012)

As regiões marginais e os agricultores pobres foram, mais uma vez, deixados à margem deste movimento, ademais, muitos cultivos de víveres considerados secundários (milho, sorgo, ervilha, batata-doce, mandioca, inhame, banana plátano...) não foram objeto de um esforço de pesquisa (ASSIS, 2005; MAZOYER e ROUDART, 2010). Um dos impactos mais expressivos decorreu da necessidade de utilizar um pacote tecnológico constituído de máquinas agrícola e de produtos

químicos fabricados nos países do Norte, e a revolução verde, progressivamente, aumentou a dependência dos países que aderiram às multinacionais agroindustriais (CONTE, 2003).

Aproximar desenvolvimento, agricultura e ambiente, considerando suas dinâmicas sociais e naturais, é uma questão relevante, sobretudo no contexto da ruralidade brasileira, que apresentou profundos impactos no espaço geográfico mundial e brasileiro (ANDRADE e GANIMI, 2007). Após a revolução verde é notável que o desenvolvimento agrícola, sobretudo entre os países latinos e asiáticos, desencadeou novas formas de lidar com a terra, ora favoráveis, ora desfavoráveis, dependendo circunstancialmente do perfil do produtor agrícola, do proprietário de terra, etc.

Existem contradições quando pensado que os resultados derivados deste período são fundamentados, sobretudo, quando se afirmar que a Revolução Verde não foi apenas um avanço técnico para aumentar a produtividade, mas também com intencionalidades inseridas dentro de uma estrutura e de um processo histórico de mudanças da sociedade.

A revolução verde esteve baseada no interesse dos grandes empresários que perceberam que um dos caminhos do lucro permanente eram os alimentos (ANDRADES e GANIMI, 2007), porém, com atenção reduzida aos aspectos sociais e, considerando as décadas mais recentes, as questões ambientais. Segundo Martine e Garcia (1987) o Brasil não estava sozinho na sua visão de um mundo novo para a agricultura. Estes autores descreveram que:

[...] o pacote tecnológico da chamada “revolução verde” – composta de sementes melhoradas, mecanização, insumos químicos e biológicos – prometia viabilizar a modernização de qualquer país, acelerando a produção agrícola através de sua padronização em bases industriais (p. 10).

No caso da Índia, Murgai, Ali e Byerlee (2001) destacam três importantes pontos quando se trata da ruptura no campo causada pelas forças da Revolução Verde, a saber:

1 - o menor aumento da produtividade teve lugar durante o período de revolução verde inicial (em oposição à intensificação mais tarde, e pós-revolução verde), no sistema de arroz e de trigo em ambos os estados. O intervalo de tempo entre a adoção das tecnologias da Revolução Verde e realização de ganhos de produtividade está relacionado com a aprendizagem induzida e ganhos de eficiência, uma melhor utilização dos investimentos de capital ao longo do tempo e problemas com os métodos padrão de medição da produtividade que as estimativas tendenciavam para baixo, especialmente durante o período da Revolução Verde.

2 - a entrada de variedade genética, responsável pelo crescimento da produção em ambos os Punjabs durante o período em estudo;

3 - a intensificação, especialmente no sistema de arroz e de trigo, resultaram numa degradação de recursos em ambos os Punjabs.

Nos países africanos, por exemplo, estas mesmas “forças” não foram observadas, ou seja, o impacto e a ruptura causada na agricultura de países asiáticos e latinos não alcançaram a

África, o que se justifica pelo período histórico em questão, pois enquanto os países latinos e asiáticos recebiam estes incentivos, os países africanos ainda estavam em processo de se constituírem estados nação, entre os anos 60 e 70 (NIN-PRATT e MCBRIDE, 2014). Porém, qual o papel da soja neste contexto de ruptura e mudanças nos padrões de produção agrícola? Primeiramente é importante destacar que hoje a soja é o principal produto no ranking mundial de produção de oleaginosas (MALL et al., 2004) e por isso possui papel central quando se leva em consideração o aumento da produção de grãos no mundo, sobretudo, a partir dos anos 60-70.

Outro ponto fundamental é entender que a relação entre o crescimento da população, o desenvolvimento econômico e as mudanças nos tipos de agricultura é, evidentemente, conforme Houghton (1994 p. 305), muito mais complexa do que as evidências sugerem. A tentativa do autor é de dizer que os efeitos das mudanças do uso da terra nas últimas décadas vêm acontecendo na escala global, ou seja, seguem, por vezes, limiares que superam as percepções dos sujeitos sociais e os incorporam sem que haja escolha, e aqueles que não são incorporados permanecem na sombra destes processos.

A economia global e as tendências internacionais são importantes agentes que influenciam para que haja mudanças do uso da terra (HOUGHTON, 1994 p. 305). Um dos aspectos mais importantes que corroboraram para estas mudanças no uso da terra foi o crescimento da população mundial (GOLDEWIJK, 2001) e conforme exposto na introdução, são mais de 7 bilhões de pessoas no planeta. Estes dois exemplos intensificaram, ao longo da história, as necessidades e procura humana por alimento. Outro fator importante quanto às mudanças no uso da terra é o desflorestamento. Nos dias atuais este é observado sobretudo em países de capitalismo periférico seguindo tendência dos países centrais, onde ocorreu o mesmo enquanto se industrializavam séculos atrás.

Estes dois exemplos possuem relação, pois, segundo Goldewijk (2001), o crescimento da população, assim como o aumento da expectativa de vida, demanda mais comida e consequentemente maiores áreas para o cultivo de alimentos, áreas de pastagens, áreas de commodities, grãos, etc. Entretanto, não seriam os agentes sociais, através das suas práticas espaciais, que produzem um espaço segundo uma lógica capitalista? Logo, o interesse pela soja vai além da intenção e da demanda de se produzir alimento - comida. Ao pensar em um produto cuja representatividade está em diferentes espaços do planeta, seja na forma bruta, ou na forma processada, pensa-se na soja e no resultado, segundo Lazzarotto e Hirakumi (2009, p. 8) estes fatos relacionam-se com a:

[...] estruturação de um grande mercado internacional relacionado a uma determinada commodity e com base no comércio de produtos derivados de seu complexo; fato proveniente da consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especialmente para atender demandas crescentes dos setores ligados à produção de produtos de origem animal; e do desenvolvimento e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da exploração da soja para diversas regiões do mundo.

Estes pontos se cruzam com o que é descrito por Ash et al., (2006) ao explicar que está estruturação da soja no mercado vem responder ao aumento da demanda doméstica na escala global para os produtos de farelo de soja com alta concentração proteica para a alimentação animal, além do óleo de soja para usos comestíveis e não comestíveis. Sua cadeia produtiva constitui-se em diversas escalas, e possui importância no que tange tanto as formas de plantio, quanto, por exemplo, a comercialização, o transporte, o consumo, etc. Estudar a soja não é somente estudar uma componente agrícola, é considerar todas as variáveis que constituem seu complexo em diferentes escalas.

Lazzarotto e Hirakumi (2009), buscaram entender a evolução e as perspectivas econômicas associadas à produção de soja nos contextos mundiais e brasileiros, dando-se ênfase especial aos aspectos relacionados ao comportamento de variáveis de oferta e de demanda da soja e derivados. Entre 1987/1988 e 2008/2009 a produção de soja foi ampliada em 103,2% (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009, p. 8). Segundo Masuda e Goldsmith (2009, p. 144) desde 2000 a produção mundial de soja aumentou 36%. Desde 2007, o mundo tem experimentado um aumento brutal do preço mundial dos produtos alimentares. O preço da soja na escala global subiu acentuadamente, de 255,87 dólares em janeiro de 2007 para 552,47 dólares a tonelada métrica em junho de 2008 (USMAN, 2011, p. 140), ou seja, ocorreu uma marcada valorização deste produto no mercado internacional.

Masuda e Goldsmith (2009, p. 07) justificam o interesse incessante quanto ao cultivo desta planta. Eles descreveram que a soja pode ser considerada uma das culturas mais valiosas do mundo, pois não serve apenas como alimento para animais, mas também como uma boa fonte de proteína para a alimentação humana, sobretudo utilizada na indústria de alimentos processados e como matéria-prima de biocombustíveis.

Segundo estes autores, a produção mundial de soja passou de 28,6 milhões de toneladas em 1961-1965 para 217,6 milhões em 2005-2007. Até os anos 80, os Estados Unidos produziam mais de 50% do total mundial, que caiu para 37% em 2005-2007 com a competitividade de países como o Brasil e Argentina. Em termos mundiais, ressalta-se que, em média, o Brasil participa com cerca de 30% e 39%, respectivamente, da produção e da exportação de soja em grão (USDA, 2009 apud LAZZAROTTO E HIRAKUMI, 2009).

A geopolítica da produção de soja no planeta (Tabela 9) está em constante alteração/variação entre velhos e novos países produtores. Exemplo disso é que durante as primeiras três décadas do século XX a produção de soja limitava-se em grande parte entre os países do Oriente, como a China, a Indonésia, o Japão e a Coreia do Sul (HYMOWITZ, 1970). Porém hoje, os Estados Unidos estão à frente, tanto da produção, quanto do consumo, exportação e estocagem da soja no mundo. Seguido pelo Brasil, que é o segundo que mais produz, consome e exporta. O Brasil também é o quarto que mais armazena, numa ordem que traz Estados Unidos, China, Japão, Brasil e Argentina.

O Japão é o que mais importa soja no mundo, seguido pela Holanda, China e Alemanha; é o terceiro em estocagem do produto final, ou seja, importa e armazena. Segundo um relatório

especial sobre a soja no Japão, realizado pela USSEC, as necessidades japonesas pela soja são supridas, sobretudo pelos EUA, Brasil, Canadá, China e pela produção interna. Apesar disso, os Estados Unidos, o Brasil e a Índia também importam. Dito isso, pode-se afirmar que estes países não são autossuficientes na produção?

Uma aproximação do que pode ser visto na Tabela 9, é descrito por Coronel e Dessimon (2007) ao mencionarem que um dos produtos que mais vêm se destacando e está relacionado ao agronegócio, é a soja, uma vez que a China, juntamente com a União Européia, é responsável pela compra de aproximadamente 80% das exportações brasileiras de soja em grão. Os três maiores produtores são responsáveis por cerca de 90% das exportações mundiais. Nas duas últimas décadas, Brasil e Argentina aumentaram as exportações a taxas anuais de 13% e 10% respectivamente, e 36,5% da soja produzida no mundo é exportada na forma de grãos; especialmente em relação ao Brasil, pode-se verificar que, na safra 2008-2009, esse valor foi da ordem de 52,6%, (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009).

Tabela 9 - Principais produtores, consumidores, importadores e exportadores

Rank	Produção	1000 t	Consumo	1000 t	Importação	1000 t	Exportação	1000 t	Estoque Final	1000 t
1	United States	69,682	United States	45,313	Japan	4,869	United States	24,168	United States	6,933
2	Brazil	30,236	Brazil	22,779	Netherlands	4,759	Brazil	8,363	China	1,881
3	Argentina	17,547	China	18,267	China	4,373	Argentina	3,101	Japan	616
4	China	14,656	Argentina	14,810	Germany	3,672	Paraguay	2,083	Brazil	586
5	Índia	4,809	Japan	5,039	Mexico	3,204	Canada	723	Argentina	463
6	Paraguay	2,535	Índia	4,812	Spain	2,835	Netherlands	407	Portugal	185
7	Canada	2,339	Netherlands	4,352	Taiwan	2,438	Bolivia	339	Italy	164
8	Indonesia	1,388	Germany	3,658	S. Korea	1,448	China	224	Canada	143
9	Bolivia	990	Mexico	3,396	Belgium	1,258	Belgium	58	Mexico	139
10	Italy	887	Spain	2,840	Indonesia	1,006	France	27	S. Korea	135
11	Thailand	359	Taiwan	2,440	Brazil	893	Germany	27	Taiwan	114
12	France	256	Indonesia	2,398	Italy	893	Italy	12	U.K	101
13	Mexico	192	Canada	2,026	U.K	875	U.K	10	Belgium	95
14	Japan	156	Italy	1,768	Portugal	721	Portugal	6	Indonesia	74
15	S. Korea	143	S. Korea	1,600	Thailand	670	Spain	2	Índia	68
16	Spain	9	Belgium	1,213	France	633	Índia	-	Netherlands	66
17	Venezuela	9	Thailand	1,033	Israel	527	Indonesia	-	Bolivia	39
18	Taiwan	7	France	871	Argentina	451	Israel	-	Israel	27
19	Germany	6	U.K	862	Venezuela	334	Japan	-	France	22
20	Belgium	-	Paraguay	731	Canada	224	Mexico	-	Germany	17
21	Israel	-	Portugal	704	United States	132	S. Korea	-	Venezuela	17
22	Netherlands	-	Bolivia	650	Índia	8	Taiwan	-	Spain	14
23	Portugal	-	Israel	535	Bolivia	-	Thailand	-	Thailand	14
24	U.K	-	Venezuela	344	Paraguay	-	Venezuela	-	Paraguay	8

Fonte: *Information Courtesy of the USDA Economic and Statistics System.*

Outra conclusão, desta vez constatada por Coronel e Dessimon (2007), refere-se à década de noventa, quando se intensificou o processo de globalização, determinando o aumento das transações financeiras, a maior volatilidade do capital, o acirramento da concorrência, a expansão dos fluxos de comércio e capital e a queda das proteções tarifárias. Logo, a soja está inserida total

ou parcialmente nos diferentes lugares do planeta. Baseiam-se tais discussões na definição de globalização econômica. Segundo Lastres et al., (1998), com a globalização econômica é que se caminhará para um mundo sem fronteiras, com a predominância de um sistema internacional autônomo e socialmente sem raízes, onde os mercados de bens e serviços se tornam crescentemente globais.

Para concluir, a soja vem se tornando um produto global desde os anos 60 com marcada influência e crescimento a partir dos anos 70 e 90. Os efeitos da Revolução Verde, assim como os resultados do processo de globalização, a mantem no contexto do mercado global como um produto de alto valor comercial e importante na manutenção de diferentes acordos econômicos. As necessidades de consumo de países como o Japão, a Holanda e a Alemanha despertam as negociações e acordos na ordem global.

A produção, o consumo e a exportação de países como os Estados Unidos e o Brasil faz da soja produto crucial para manter os valores de PIB em patamares elevados, entretanto, o aumento anual de sua produção cria dependências econômicas e regiões agrícolas pouco diversas, que dependente de uma única cultura. As necessidades de países específicos transformam o tipo de agricultura de determinados países, como a Índia, por exemplo, que não está entre os cinco maiores países que consomem este produto, mas já está entre os cinco maiores produtores de soja do mundo. Ou seja, sua estrutura fundiária tem sido transformada e a soja tem sido cultivada para ser exportada para países como o Japão, a Holanda e a Alemanha.

Não há dúvida de que esta leitura poderia ser feita para qualquer produto, alimento ou commodity e, apesar da soja deter um papel decisório e de destaque no cenário internacional, ela é só mais um exemplo. Ela foi escolhida pela trajetória acadêmica do pesquisador, pela representatividade no mercado global, pela presença nos três países de estudo de maneira a contextualizá-los, pela importância como base de produtos industrializados e da produção indireta de carne, etc. Todos estes fatores fazem da soja um importante exemplo de como o clima é um insumo na produção agrícola, em uma leitura da geografia, embasada pela climatologia geográfica.

### **3.4 - Indicadores da variação anual da produção de soja entre os cinco países que lideram o rank de produção de soja: 1999 - 2013**

Em 2017, a produção de soja no mundo atingiu valores superiores a 350 milhões de toneladas, ocupando 120 milhões de hectares (EMBRAPA, 2017). Os cinco maiores produtores mundiais de soja são Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e Índia, que produzem juntos mais de 92% de toda a soja do planeta, com produção total de 322 milhões (MASUDA e GOLDSMITH, 2009, p. 145; SONG et al., 2009, p. 22, tradução nossa). Segundo Song et al., (2009), os EUA lideraram a produção de soja com uma produção de 84 milhões de toneladas em 2005. Em 2017, a produção norte americana foi de 117,208 milhões de toneladas com produtividade média em torno de 3,500 kg/ha (USDA, 2017). Em 2005, a produção brasileira de soja atingiu 57 milhões de toneladas, cerca de 80% da produção dos EUA, colocando o Brasil no segundo lugar no mundo e em 2017, esse

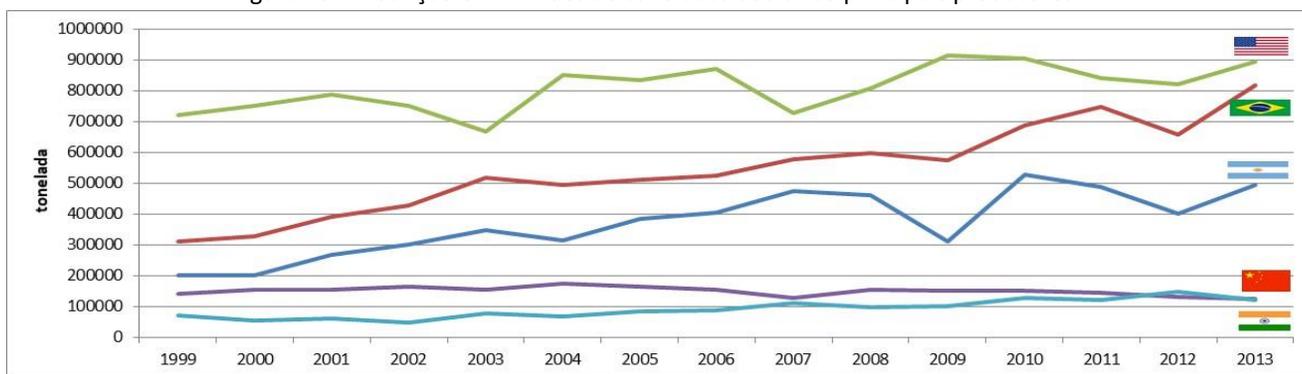
número alcança 113 milhões de toneladas. A Argentina em 2005, produziu 41 milhões de toneladas de soja e a China produziu 18 milhões de toneladas.

Será analisado os dados de soja entre os anos de 1999-2013, período que corresponde ao recorte temporal da pesquisa. Estes dados são oficiais e foram coletados junto à divisão de estatística da *Food and agriculture organization of the United Nations* e se tornam, nesta etapa da pesquisa, essenciais para embasar as discussões preliminares acerca da produção mundial de soja, a sua importância no cenário mundial e o seu papel na economia dos países (Fig. 16, 17, 18 e 19).

Desde 1999, nos Estados Unidos o total de produção é superior aos demais países, concordando assim com Song et al., (2009) quando o autor diz que o crescimento da produção de soja foi bastante estável nos EUA. Porém este crescimento é indicado pelo autor como algo que pode diminuir, devido ao crescimento da produção de soja externa, principalmente do Brasil e da Argentina (ASH et al., 2006). Analisando os dados da safra de 2017, percebe-se que este declínio não ocorreu nos Estado Unidos, mantendo-o na primeira posição de produção de soja no mundo.

As linhas dos gráficos a seguir representam a produção em milhões de toneladas dos cinco principais produtores. As linhas mostram tendência de aproximação, principalmente nos últimos sete anos (Fig. 16). A posição dos países no ranking de produção de soja é discutida por Song et al., (2009 p. 23) quando o autor demonstra que a produção de soja no Brasil e na Argentina aumentou drasticamente nos últimos anos, reestruturando esta ordem. De 1964 a 2005, as taxas de crescimento médias anuais de produção de soja no Brasil e na Argentina foram de 14% e 27%, respectivamente. É razoável esperar que dentro de poucos anos o Brasil poderá ultrapassar os EUA e se tornar o maior produtor de soja do mundo.

Figura 16 - Produção em milhões de toneladas dos cinco principais produtores



Fonte dos dados: FAOSTAT. Org.: Carmello (2015)

A produção de soja variou entre 1999 – 2013, em aproximadamente 25% na Argentina, 21% no Brasil, apenas 4% nos Estados Unidos – o que indica um padrão de produção, 11% na China e 22% na Índia. Tanto os registros referentes ao Brasil, quanto aos da Argentina mostram um aumento de produção desde o ano 2000, acompanhando a tendência global (MASUDA e GOLDSMITH, 2009, p. 144), com destaque para o ano de 2003, quando há, em contrapartida, uma queda expressiva da produção norte americana, com recuperação no ano seguinte, 2004. O

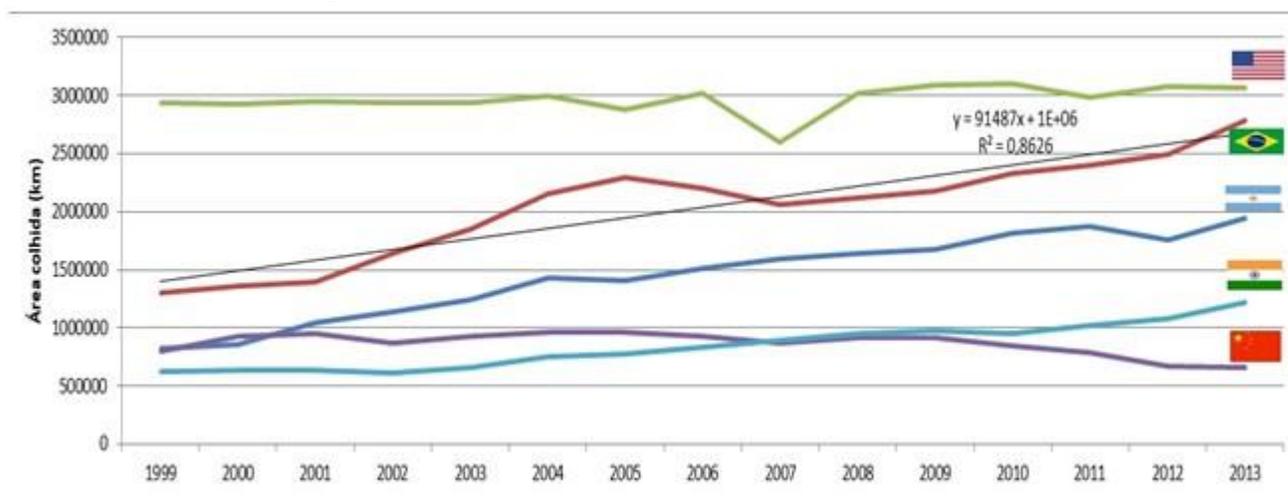
contrário ocorre em 2009, onde há queda de produção tanto no Brasil, quanto na Argentina, porém mais marcada nesta última. O mesmo não ocorre nos Estados Unidos. Após este período, observa-se no ano de 2012 que há uma redução da produção nos três países, com recuperação no último ano.

É importante ressaltar a expressividade dos dados nos países sul-americanos que juntos, segundo Flakerud (2003, p. 2), superaram a produção dos Estados Unidos durante a safra de 2002-2003. Este fato faz consonância ao que Song et al., (2009) discute, sobre a taxa de crescimento da produção de soja argentina ainda maior do que a do Brasil, e Argentina tornando-se também um concorrente para os EUA no mercado mundial de soja.

A China se mantém como o quarto maior produtor até o ano de 2011, já que há uma inversão com a Índia em 2012 e um aparelhamento em 2013 (Fig. 17). A China, que era a maior produtora de soja há 70 anos, hoje aparece apenas como quarta colocada, com tendência de se tornar a quinta maior produtora. A agricultura na Índia tem papel extremamente importante, uma vez que a maior parte da população da Índia depende e consome produtos à base de cereais. Mesmo assim, detém a quinta posição no ranking mundial de produção de soja (CAMPOS, 2010; KUMAR et al., 2004).

O aumento da produção da Argentina, do Brasil e dos Estados Unidos foi, respectivamente, da ordem de 220%, 216% e 53%. Este aumento significativo está associado ao expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área e a produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009). No caso da área plantada no mundo, entre 1987/1988 e 2008/2009, segundo estes mesmos autores, cresceu 77,9%. Quanto ao total de área cultivada entre os cinco países maiores produtores, percebe-se que é expressiva a linearidade dos dados referentes aos Estados Unidos em comparação aos demais países (Fig. 17).

Figura 17 - Área total colhida entre os cinco maiores produtores



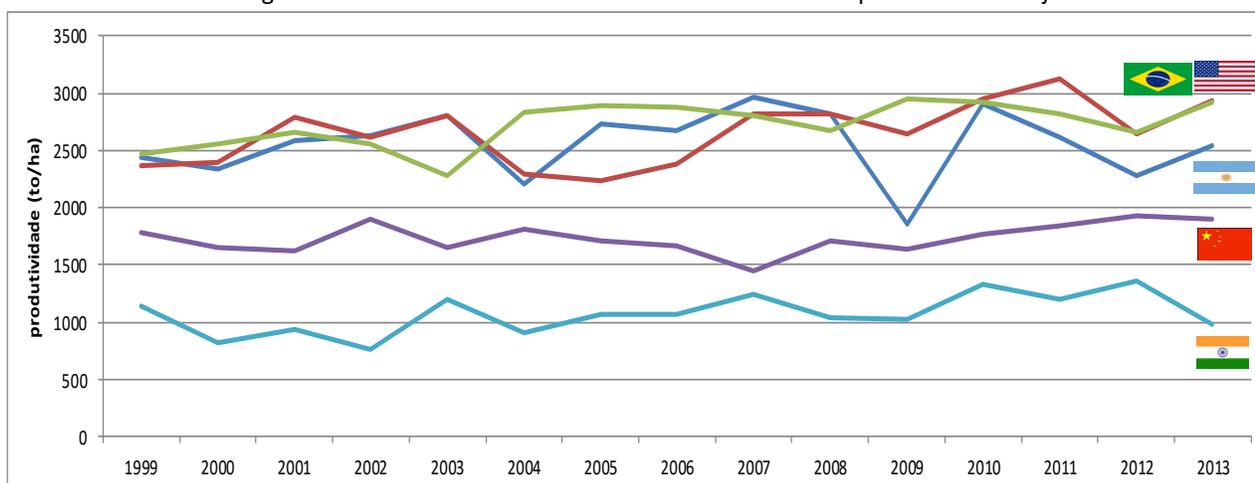
Fonte dos dados: FAOSTAT. Org.: Carmello (2015)

Desde 1999, os Estados Unidos é o país que mais destina área e conseqüentemente o que mais colhe soja, exceto pelo ano de 2007 onde há uma redução deste padrão. Brasil e Argentina são

os dois países que mais aumentaram a área destinada à cultura da soja entre os cinco, seguidos pela Índia e na contramão a China, já que é único que desde 1999, sobretudo a partir de 2006 e 2007, registrou dados que mostram diminuição da área colhida. Apesar da taxa de crescimento da produtividade da soja no contexto mundial, cabe destacar ainda que em diversas regiões do globo, na última década, ela vem sendo reduzida. Isso ocorre pelo fato de que a produtividade obtida no cultivo da soja tende a estar mais próxima da sua produtividade potencial (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009).

Em decorrência do desenvolvimento e da incorporação de novas tecnologias no processo produtivo, nas últimas duas décadas houve ganhos expressivos no desempenho agrícola dos principais países produtores de soja (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009). Os três primeiros países do *ranking*, por exemplo, dependendo do ano, trocam de posição entre primeiro, segundo ou terceiro lugar. A produtividade nos últimos anos da série entre os três maiores produtores não está distante. Sobretudo Brasil e Estados Unidos. Isso é justificado pelo fato de que em geral, entre os maiores produtores, não há grandes diferenças no desempenho técnico da soja. (Fig. 18).

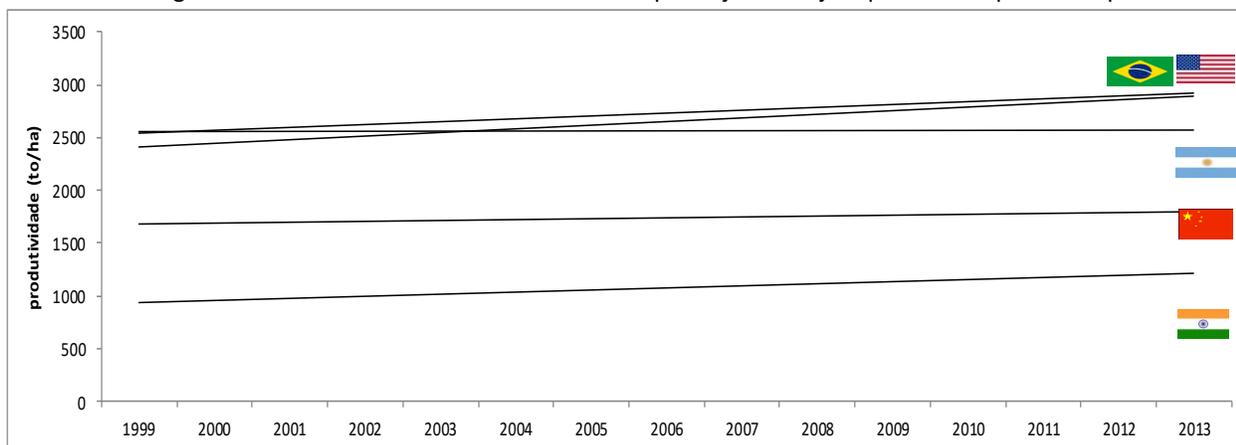
Figura 18 - Produtividade média anual dos cinco maiores produtores de soja



Fonte dos dados: FAOSTAT. Org.: Carmello (2015)

No período analisado (1999 – 2013) os cinco maiores produtores de soja apresentam variações: Argentina: 11%, Brasil: 10%, Estados Unidos: 7%, China: 7% e Índia: 16%. Ao inserir a linha de tendência (Fig. 19), percebe-se o aumento da produtividade anual no Brasil, Estados Unidos, China e Índia, com exceção da Argentina. Há queda expressiva da produtividade no ano de 2008 – 2009 na Argentina, devido, sobretudo, a problemas climáticos; houve redução significativa na produtividade de importantes países, porém essa redução foi mais acentuada na Argentina, onde se registrou, em relação à safra anterior, quebra da ordem de 29,1% no desempenho técnico médio da sojicultora (LAZZAROTTO e HIRAKUMI, 2009).

Figura 19 - Linha de tendência de aumento da produção de soja representada para cada país



Fonte dos dados: FAOSTAT. Org.: Carmello (2015)

No Brasil, há reduções da produtividade entre os anos de 2003 e 2007 com valores abaixo de 2.500 (to/ha). Isto ocorre nos Estados Unidos no ano de 2003, onde há registros abaixo de 2.500 (to/ha), porém em ambos os casos sem reflexos na linha de tendência apresentada. A partir de 2007-2008 a Índia demonstra aumento da produtividade e ao mesmo tempo baixa variação até o final da série histórica, com elevações em 2010 e 2012. Observou-se que desde 1999 a produção de soja entre os cinco maiores produtores aumentou, apesar de algumas variações registradas em anos específicos, principalmente no Brasil e na Argentina.

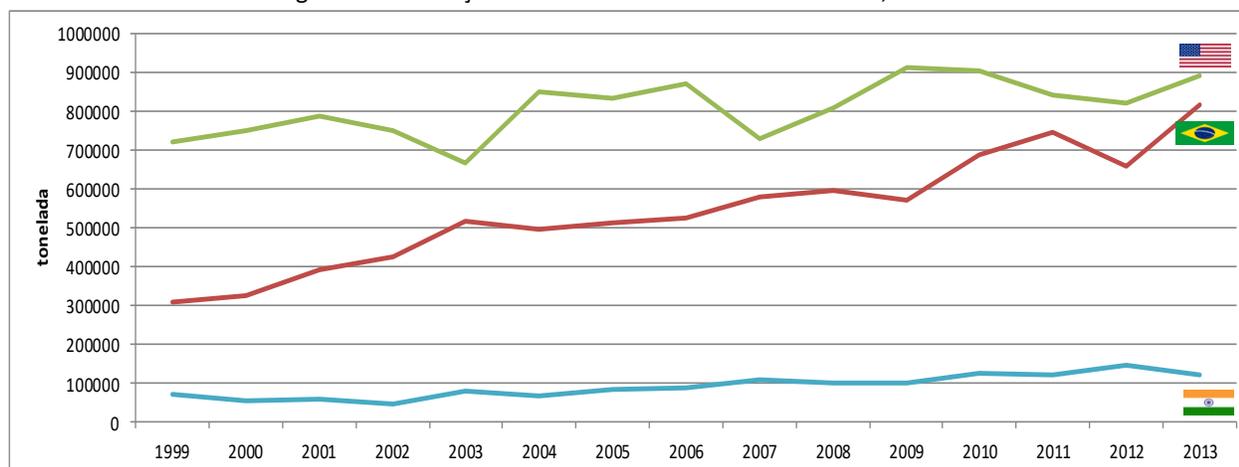
Nas últimas décadas ocorreram mudanças na agricultura que foram significativas em vários aspectos, sobretudo, de natureza estrutural, tecnológica e mercadológica, conforme relatado ao descrever as consequências da revolução verde. Estas transformações vinculam-se consequentemente com a produção mundial e brasileira de soja (LAZZAROTO E HIRAJUMI, 2009). Resultado disso pode ser verificado nos dados correspondentes à soja nos três países e sobretudo nos resultados de tendência que estão presentes nesta etapa do relatório. Observou-se que a produção de soja possui maior destaque em cinco países, o que nos faz refletir que exista uma aproximação entre a América e a Ásia, pois a produção de soja está concentrada nestes continentes.

A produção de soja está concentrada nos países do continente americano e asiático, porém há uma disseminação e a inserção deste produto nos demais países do globo, sobretudo nos da União Europeia (Holanda e Alemanha) e Japão, fato que pode ser explicado pelas mudanças nos hábitos alimentares ao longo do tempo e pela produção na escala global de alimentos processados à base de proteína, além da utilização da soja para produção de ração como suplemento alimentar para animais.

A soja está presente direta ou indiretamente em diversos países, ou melhor, em praticamente todos os países, porém é cultivada expressivamente nos cinco países expostos neste capítulo. Entre os cinco maiores produtores, Estados Unidos e Brasil são os dois que apresentam os maiores valores e detêm juntos, praticamente 60% da produção mundial. A Índia é a quinta maior

produtora de soja, porém na escala de análise ora proposta (dentre os três países de estudo desta tese), ela é a terceira, ficando atrás dos Estados Unidos e Brasil (Fig. 20). Estes últimos mantêm a primeira e segunda posições no ranking mundial conforme já mencionado.

Figura 20 - Produção em milhões de tonelada entre EUA, Brasil e Índia



Fonte dos dados: FAOSTAT. Org.: Carmello (2015)

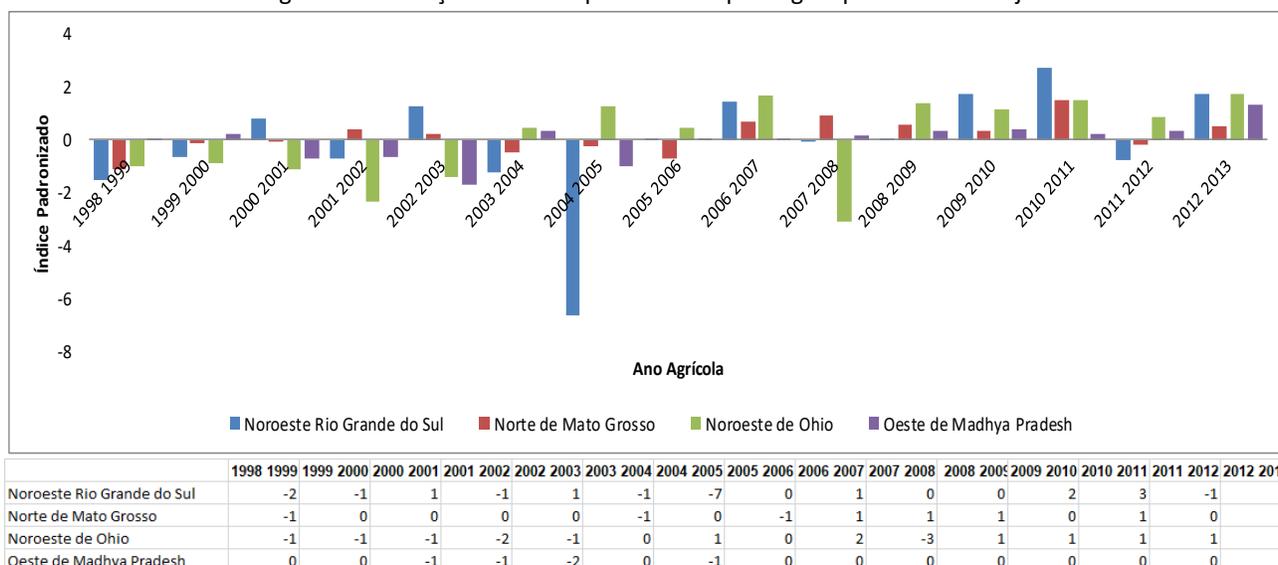
Lazaroto e Hirakimi (2009) descrevem que no processo produtivo, a soja apresenta certa padronização tecnológica e, nestes países, a produção de soja tende a alcançar altos níveis de eficiência técnica. Mas como se transfigura e se desvelam esses contextos produtivos em cada Estado Nação? Apesar da padronização exigida pela soja, existem diferenças e é preciso considerar a conjuntura e o papel do Brasil e da Índia, por exemplo, no atual cenário econômico, que se distinguem dos Estados Unidos, que apresenta ao longo do tempo, a principal economia do planeta. Entretanto, as estruturas sociopolíticas do Brasil e da Índia são dinâmicas, e estiveram/estão em movimento e em constante alteração. Harris (2005 p. 8) aponta que Brasil e Índia emergiram como potências globais importantes, criando ondas políticas em toda a Europa e os EUA. Não só eles estão se tornando mais assertivos em instituições transnacionais, como a Organização Mundial do Comércio (OMC), mas o seu peso econômico é sentido em todo o mundo.

Ainda sobre o Brasil e a Índia, constituem parte do que é definido como terceiro mundo, países de capitalismo periférico, países não industrializados, etc. São diversas definições carregadas de intencionalidades que foram, ao longo do tempo, sendo criadas a favor do interesse dos países centrais, de primeiro mundo, industrializados, etc. Porém, Harris (2005 p. 8) traz outra característica e definição. Ele mostra que os países de capital periférico têm desenvolvido uma visão distinta da globalização com base no apelo a uma maior igualdade e justiça. A integração global da China, Índia e Brasil reflete suas intenções de ultrapassarem as barreiras delimitadas pelo conceito de emergentes e tornarem-se economias modernas (HARRIS, 2005).

Após realizar as análises e discutir os resultados na escala mundial e também entre os principais países produtores de soja serão consideradas as análises apenas para as quatro regiões determinadas para esta pesquisa, ou seja, para o noroeste do Rio Grande do Sul, o Norte do Mato

Grosso, o Noroeste de Ohio e o Oeste de Madhya Pradesh (Fig. 21). Primeiramente, integrou-se as quatro regiões de forma hipotética, no sentido de analisar os dados unidos como se fosse apenas uma única área de estudo. O objetivo é entender como os valores de soja se apresentam ao aplicar os testes de agrupamento em uma planilha com todos os municípios integrados. Observa-se a variação do índice padronizado da produtividade da soja aplicado aos totais anuais produzidos por cada região.

Figura 21 - Variação do índice padronizado por região produtora de soja



Org. Carmello (2017)

A principal queda foi registrada no Rio Grande do Sul na safra de 2004/05. Outros resultados consideráveis estão associados à produtividade de Ohio, com variações negativas nas safras de 2001/02, 2002/03 e 2007/08. Valores positivos foram registrados a partir de 2008/09 nas quatro regiões, com maior expressividade nos anos de 2010/11 e 2012/13. Os primeiros dados de produtividade da soja podem ser observados na Tabela 10 onde estão descritos os valores estatísticos referentes à média anual de produtividade considerando as quatro regiões e os 284 unidades administrativas analisados (análise integrada).

Os menores valores de produtividade foram mensurados no estado indiano de Madhya Pradesh, valores próximos a 0.044 kg/ha. Os maiores valores de produtividade foram registrados nas regiões do Mato Grosso e Ohio com valores acima de 3.800 kg/ha. As diferenças quanto aos padrões anuais de produtividade da soja foram mensuradas utilizando a média dos valores anuais para cada região (Fig. 22). Neste tipo de representação verificam-se variações entre os anos e como estas diferenças podem ser observadas para cada região.

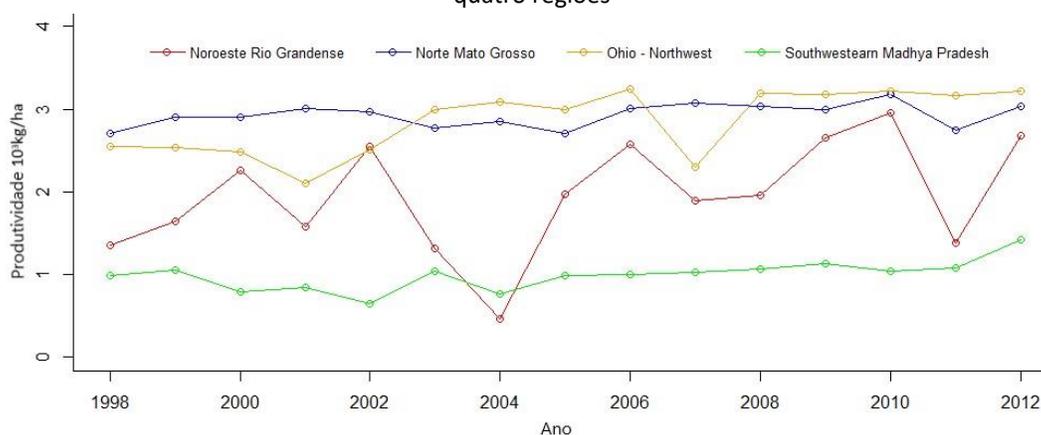
Tabela 10 - Análise integrada e estatística descritiva para o total de 284 municípios.

Anos	Mínima	Máxima	Média
1998 1999	0.300	3.181	1.585
1999 2000	0.332	3.300	1.817
2000 2001	0.332	3.255	2.282
2001 2002	0.450	3.300	1.772
2002 2003	0.332	3.600	2.496
2003 2004	0.270	3.563	1.660
2004 2005	0.044	3.429	1.057
2005 2006	0.356	3.468	2.113
2006 2007	0.355	3.817	2.595
2007 2008	0.416	3.500	2.034
2008 2009	0.441	3.604	2.157
2009 2010	0.464	3.723	2.662
2010 2011	0.287	3.720	2.894
2011 2012	0.060	3.714	1.667
2012 2013	0.862	3.656	2.704

Org. Carmello (2016)

O Noroeste do Rio Grande do Sul apresenta maior variação anual dos valores médios de produtividade. Em seguida, o noroeste de Ohio também mostra essa mesma configuração, apesar de ser menos intensa. Alguns anos mostram menor ou maior variação dos valores médios produzidos, o que indicam possíveis relações com variáveis externas. A região norte-mato-grossense, ao contrário das demais supracitadas, mantém certa homogeneidade anual e baixa variação. Apresentam quedas pouco acentuadas de safra para safra. Madhya Pradesh é o estado com os menores índices de produtividade, apresentando valores de produtividade anual entre 500 kg/ha e 1000 kg/ha.

Figura 22 – Comparativo da variação da produtividade total anual (103kg/ha) da soja comparando o total produção das quatro regiões



Org. Carmello (2015)

É possível notar tendências anuais de aumento, sobretudo a partir de 2005, na Índia. O último ano com queda dos valores de produtividade em Madhya Pradesh foi em 2004, já que nos

anteriores a 2005, a variação anual era mais evidente e após este período a curva tende a aumentar. O Mato Grosso é a região com o melhor rendimento médio anual até 2003, quando o noroeste de Ohio supera os seus rendimentos, com exceção da queda acentuada de produtividade apresentada em Ohio em 2007.

### 3.5 – Comparativo dos valores de tendência aplicado ao total anual de produtividade para cada município

Para avaliar a tendência, foi aplicado o teste de Mann-Kendall (Tabela 11) aos totais anuais de cada região. Como resultado, observou-se que os municípios do noroeste de Ohio apresentaram resultados estatisticamente positivos em praticamente 80% dos municípios analisados. Nas outras três regiões, a relação entre o total de municípios e aqueles que apresentaram tendência de aumento são menores. No caso do Brasil, estes valores chegam a 17% do total de municípios do noroeste do Rio Grande do Sul, a 21% no Norte de Mato Grosso e, em Madhya Pradesh, a 29%. Estes resultados são importantes indicadores do aumento dos valores de produtividade agrícola, que seguem tendência internacional e acompanham as linhas apresentadas anteriormente, quando foi observado aumento anual da produtividade média entre as regiões. Em Ohio, por exemplo, a produtividade da soja mostrou tendência positiva de aumento em praticamente todos os municípios produtores (Fig. 23).

Tabela 11 - Resultados do teste de tendência para os valores de produtividade da soja

País/Estado	Total de Municípios	Tipo de teste	Tendência Positiva	Não há tendência	Tendência positiva (%)
Brasil/Rio Grande do Sul	200	Mann-Kendall	34	166	17%
Brasil/Mato Grosso	43	Mann-Kendall	9	44	21%
Estados Unidos/Ohio	26	Mann-Kendall	21	4	80%
Índia/Madhya Pradesh	17	Mann-Kendall	5	12	29%

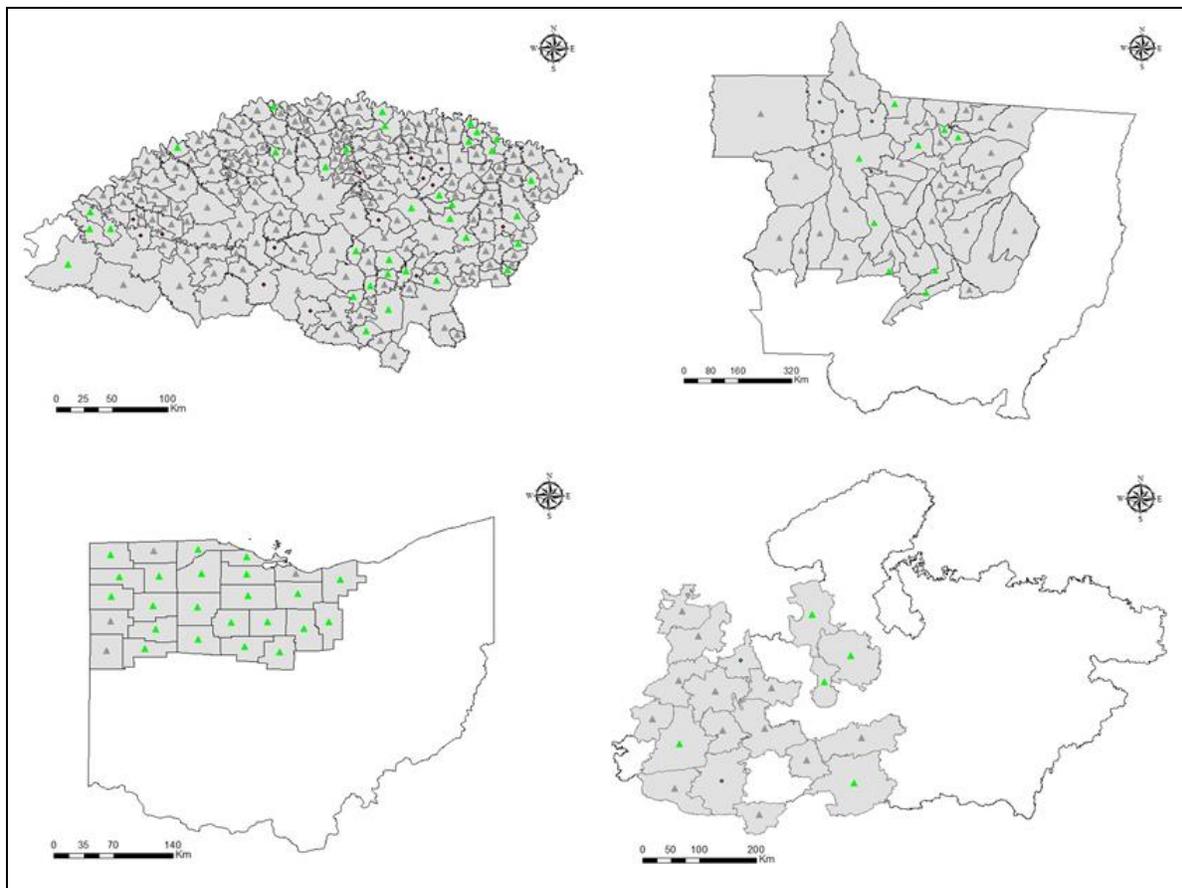
Org.: Carmello, 2015

Entretanto, em alguns anos no estado de Ohio indicam queda na produtividade anual de soja; os valores habituais, sobretudo a partir de 2003, se mantêm acima de 3.000 kg/ha. Os dados referentes a Madhya Pradesh, também indicaram aumento da produtividade, ou seja, não necessariamente houve aumento da área plantada, mas sim, aumento do rendimento por hectare/ano. Exemplo deste aumento de produtividade da Índia, apesar de apresentar valores baixos se comparados ao Brasil e Estados Unidos, foi verificado quando se analisaram a produção em milhões de tonelada entre os cinco maiores produtores de soja. A Índia alcançou, dependendo do ano, totais anuais que se aproximaram aos da China.

Esta característica também foi apontada no gráfico e pelas comparações anuais dos níveis de produtividade. Apesar do baixo rendimento anual, esta região apresenta tendência de aumento e baixa variação dos totais anuais, o que condiz com os resultados anteriormente apresentados. No Brasil, apesar da menor intensidade verificada para o Rio Grande do Sul (17% do total de municípios

analisados), nota-se uma concentração de município com tendência positiva de aumento ao Sul e também ao Leste. No norte do Mato Grosso a concentração dos municípios com tendência positiva de aumento está na região central.

Figura 23 - Teste de tendência para os valores de produtividade por município e região entre 1999-2013



*Os triângulos verdes representam os resultados estatisticamente significativos = p-valor < 0.05.*

Org. Carmello (2015)

No noroeste do Rio Grande do Sul, percebe-se que a maior quantidade de municípios que apresentaram tendência de aumento da produtividade localiza-se, quase que exclusivamente, entre aqueles que apresentam os maiores níveis de rendimento anual (Grupo P1). No norte do Mato Grosso essa relação não se apresenta da mesma forma, pois existem municípios que mostram tendência positiva de aumento tanto entre os municípios do Grupo P1, quanto do Grupo P2, alta e média produtividade, por exemplos (Fig. 24).

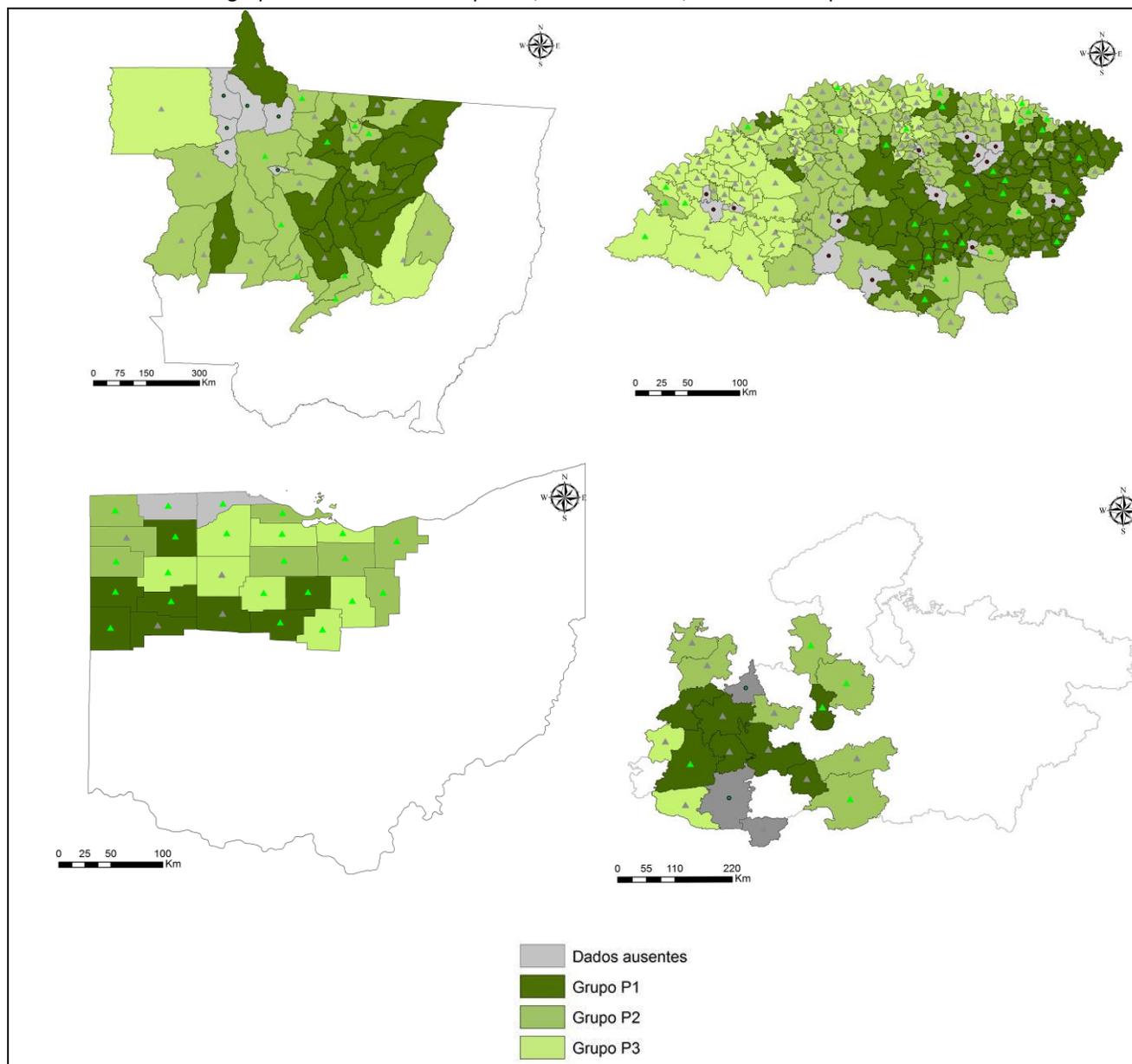
Existe baixa variação entre os anos e entre os municípios na região norte mato-grossense, cujo padrão entre os municípios faz da região uma área com uma série homogênea e com baixa variação, diferente do sul do Brasil. Pode-se afirmar que a produtividade de soja no Rio Grande do Sul varia conforme o ano agrícola. Em Ohio, estes resultados se especializam por todos os municípios, independentemente dos níveis de produtividade apresentados. Lembrando que o

estado norte americano apresenta altos valores de produtividade se comparados ao sul do Brasil e oeste de Madhya Pradesh.

Apesar da baixa produtividade apresentada pelo oeste de Madhya Pradesh, percebe-se que há padrão anual com menor variação se comparado ao noroeste de Ohio, por exemplo, que, assim como o Rio Grande do Sul, apresentam em determinados anos, quedas com compensações nos anos seguintes. Não houve valores significativos quanto ao teste de tendência aplicado. A região representativa da Índia mostra valores mais baixos de rendimento (entre 1.000 e 2.000 kg/ha na maioria dos anos), porém apresenta menor variação anual, marcada variação espacial e tendência de aumento em determinados municípios.

O noroeste de Ohio e o norte do Mato Grosso chegam a níveis similares de rendimento anual, apesar de Ohio apresentar algumas quedas e recuperações ao longo da série, diferente do Mato Grosso, que mantém padrão anual, o que resulta numa maior homogeneização dos dados; a região do sul do Brasil, como intermediária, com marcada variação anual e marcada variação espacial e, por último, a Índia, com baixo rendimento representado por menor variação anual.

Figura 24 - Interpolação dos valores de produtividade e dos resultados de tendência de Mann-Kendall em comparação ao agrupamento – Ward – Grupos P1, P2 e P3 de alta, média e baixa produtividade



*Os triângulos verdes representam os resultados estatisticamente significativos =  $p$ -valor < 0.05.*

Org.: Carmello (2015)

### 3.6 - Indicadores regionais de produtividade para duas regiões representativas no Brasil

A agricultura brasileira, historicamente, possui grande relevância para o equilíbrio macroeconômico interno e externo do país e a soja é uma cultura de destaque no contexto nacional, pois é responsável por 24% da oferta global de soja no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (FIGUEIREDO et al., 2004).

Desenvolver a fundamentação teórica acerca da soja no Brasil requer levar em consideração uma série de abordagens como, o aumento da produção, característica que tem aumentado rapidamente nos últimos anos, e o volume de exportação, que ascendeu em conformidade, entre outros fatores, desencadeados por estes aumentos. A produção cresceu de 18 milhões de toneladas em 1987-88 para 51 milhões em 2002-2003. Durante este mesmo período, as exportações cresceram de 2,7 para 20,5 milhões de toneladas (FLASKERUD, 2003, p. 2).

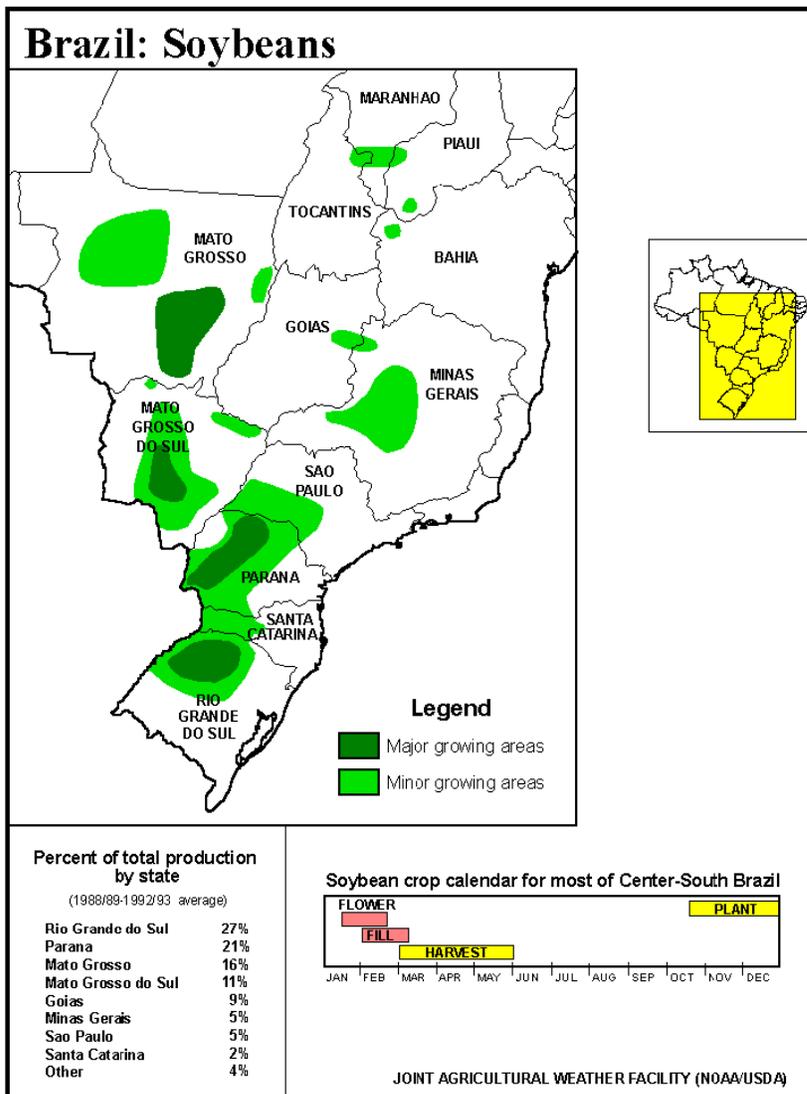
A presença da soja no território brasileiro completou 135 anos em 2017 (Fig. 25) e vem se apresentando vital para o cenário nacional e internacional, principalmente ao considerar os fatores econômicos relacionados à comercialização desse produto, à geração de empregos por trás de toda a logística que se faz necessária e a segurança e integridade dos complexos agroalimentares, nos quais a soja possui representatividade. A cadeia produtiva da soja envolve as atividades de produção agrícola propriamente dita (lavoura, pecuária, extração de óleo vegetal) e aquelas relacionadas ao fornecimento de insumos nas ligações a montante (TAVARES, 2004).

Para o Brasil, o complexo da soja tem expressiva importância econômica. Além de envolver amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores econômicos, desempenha papel fundamental para o produto interno bruto (PIB), bem como para a geração de divisas. O referido complexo atualmente é responsável por profundas modificações no território nacional, sendo um importante elo da economia interna com a internacional. Hoje a referida oleaginosa é o principal produto agrícola na pauta de exportações brasileiras e a maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. Para entender esta responsabilidade atribuída é necessário analisar aspectos da história econômica brasileira e averiguar quais agentes e ações foram responsáveis pelo processo de modernização da agricultura, que impôs a substituição de culturas, com destaque para a soja (CAMPOS, 2010; LAZZAROTO e HIRAKURI, 2010).

Campos (2010) salienta que estes resultados derivaram do objetivo por parte do Estado de transformar o Brasil agrário e exportador em uma economia industrializada. A agricultura deveria acompanhar este processo, mudar suas bases técnicas de produção, ser mais dinâmica e atender às novas demandas, bem como continuar gerando produtos para exportação.

Lazzaroto e Hirakuri (2010) descrevem que nas últimas três décadas a produção de soja no Brasil cresceu de forma expressiva, levando o país a alcançar o posto de segundo maior produtor mundial. Com isso, é pertinente enfatizar novamente que, especialmente nas últimas duas décadas, o processo de expansão da área cultivada com a oleaginosa começou a migrar da abertura de novas áreas para a substituição de atividades produtivas.

Figura 25 - Localização geográfica das principais áreas produtoras de soja do Brasil



Fonte: Joint Agricultural weather facility (NOAA/USDA)

No Brasil, a produção de soja está concentrada nas regiões Sul e Centro-Oeste, conforme descrito pela *Economic Research Service/USDA*, a indagar que o Sul compreende os três Estados do canto sudeste do Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A região oficial Centro-Oeste do Brasil abrange Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal, onde está localizada a capital federal, Brasília. As principais regiões produtoras estão nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (Fig. 25). As principais áreas de expansão constituem parte dos estados da Bahia, Tocantins, Maranhão e Goiás (últimas fronteiras agrícolas). Outros estados produtores são: São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina.

Segundo Lazzaroto e Hirakuti (2010) a expansão da soja, entre 1970 e 1985, ocorreu baseada na abertura e consolidação de novas áreas para agricultura nas regiões Sul e Centro-Oeste e esta expansão deveu-se, em grande parte, a três fatores: mercados nacionais e internacionais

favoráveis, políticas agrícolas de incentivo ao complexo agroindustrial nacional e desenvolvimento e oferta crescentes de modernas tecnologias de produção.

Políticas agrícolas foram se transformando em instrumentos de apoio à soja (crédito rural, estoques reguladores, política tecnológica, política de preços mínimos entre outras ações). Os produtos privilegiados deste processo são aqueles voltados para a exportação (CAMPOS, 2010). Os estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso (rever figura 25) são duas realidades interessantes, principalmente pelas formas distintas de conduzirem as atividades no campo, cada qual com suas especificidades. Para determiná-los como parte dos objetos de estudo desta tese, considerou-se que ambos possuem marcada representatividade quanto à produção e produtividade de soja.

Os principais aspectos destes dois estados são de início: 1 - suas diferentes características, tanto no que se refere aos aspectos socioeconômicos, como 2 - naturais – físicos geográficos. Esta primeira avaliação de ambos os estados se aproxima com definições dadas pelo *Economic Research Service/USDA*, quando este destaca que as duas regiões se distinguem pelas diferenças climáticas, pelos padrões de produção agrícola e particularmente o tamanho das propriedades.

### 3.7 - Rio Grande do Sul e a região noroeste rio-grandense

Foi entre 1950 e 1975 que a soja no Rio Grande do Sul (Fig. 26) tornou-se o principal produto das exportações, principalmente pela efetiva ampliação da área total destinada à lavoura do estado, através do reaproveitamento de áreas consideradas improdutivas – como resultado da aplicação de insumos modernos e equipamentos, e pela incorporação à lavoura de áreas destinadas à pecuária (CONCEIÇÃO, 1986).

Figura 26 - Exemplo de propriedade agrícola no Rio Grande do Sul



Fonte: FecoAgro/RS

Antes deste período e até início dos anos 60, o cultivo da soja concentrava-se nas pequenas e médias propriedades do interior gaúcho e os poucos grãos produzidos eram consumidos nas

propriedades, principalmente para a alimentação de suínos. Do RS ela se alastrou pelo interior de Santa Catarina e Paraná. Até 1969, 98% da produção nacional concentrava-se nestes três estados (DALL'AGNOL, 2004). Em nível governamental:

[...] surgiram uma série de medidas de política econômica com o objetivo de estimular a produção de soja no Rio Grande do Sul. Dentre elas a de financiamento de custeio e mecanização pelo sistema de crédito rural a juros subsidiados e garantia de preços mínimos compensados para os produtores. Outro fator que propiciou condições favoráveis à expansão da soja foi a existência de maquinário ocioso para o cultivo do trigo, que em fins da década de 50 entrou em processo de franca decadência (CONCEIÇÃO, 1986).

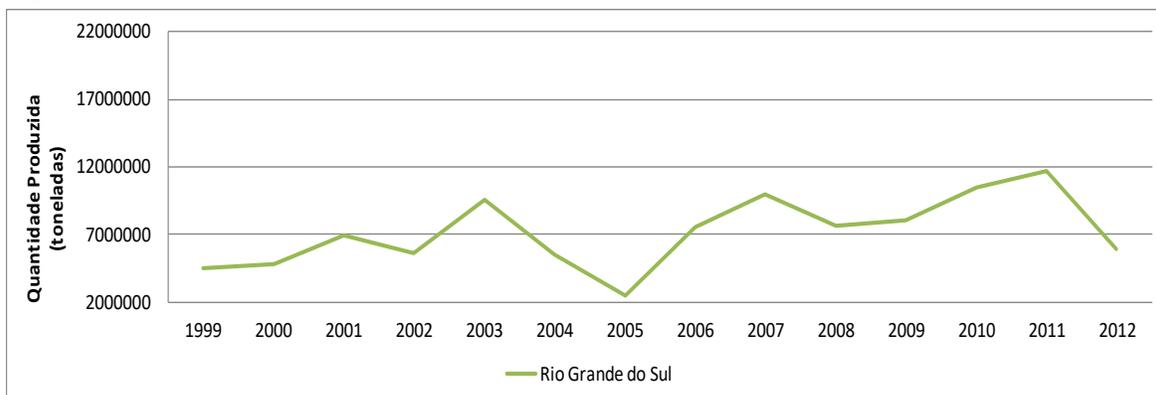
Para o referido autor, tal fato provocou certa liberação de maquinários adquiridos para a atividade tritícola, com conseqüente aumento de ociosidade nas unidades de produção. Entretanto, a crescente demanda internacional pela soja criou condições para que os produtores que dispusessem de capacidade ociosa reincorporassem seu maquinário ao processo produtivo. Quanto à gênese da expansão da cultura da soja no Rio Grande do Sul:

[...] a literatura existente tem apontado como principais responsáveis os seguintes fatores: preço, existência de um mercado externo favorável à absorção do excedente exportável, facilidade de sucessão da soja com o trigo, mecanização da lavoura de soja utilizando o mesmo maquinário da lavoura tritícola, aproveitamento da estrutura cooperativa montada para o trigo, aumento progressivo da capacidade de industrialização de óleos no sul do país, garantia de preços mínimos compensadores ao produtor e o financiamento à lavoura pelo Banco do Brasil (CONCEIÇÃO, 1986).

Um perfil de agricultura menos intenso e mais propício às atividades de médio ou baixo impacto, voltado às atividades tradicionais e propriedades agrícolas de menor magnitude podem ser observados no estado do Rio Grande do Sul. A variação anual da produtividade de soja indica influência dos sistemas externos à agricultura, marcada relação e dependência com aspectos do meio físico e social (Fig. 27).

Outro aspecto relaciona-se à divisão territorial dos municípios que reflete na estrutura e no tamanho das propriedades agrícolas, assim como o perfil das mesmas, quanto sua estrutura fundiária. Um exemplo disso é dado no Rio Grande do Sul em 1975, por exemplo; mesmo com a reestruturação e reorganização do complexo da soja a partir dos anos 1960 (quando ocorreu a transição entre o cultivo de soja para subsistência para a comercialização) cultivava soja em praticamente todo o seu território e em áreas constituídas por quase 80% de minifúndios. O Estado do Rio Grande do Sul é responsável por aproximadamente 20% da produção nacional de soja, lembrando que a gênese do ciclo expansionista da soja no RS foi desencadeada entre 1950 a 1975, marcadamente após 1968, o que torna necessário um conhecimento mais amplo de indicadores da produção desta cultura neste Estado (CONCEIÇÃO, 1986; MELO et al., 2004).

Figura 27 - Variação anual do total produzido em toneladas pelo estado do Rio Grande do Sul (1999 – 2012)



Org.: Carmello (2015)

Entre 1997 e 2000, a cultura da soja apresentou a maior área de cultivo no Rio Grande do Sul, ou seja, em torno de 3 milhões de hectares. Esta cultura participa da economia de pequenos, médios e grandes estabelecimentos rurais, estando presente em 33,14% destes. Dos estabelecimentos rurais que cultivam soja, 93,94% possuem áreas com menos de 50 ha, de acordo com o Censo Agropecuário do Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2001; MELO et al., 2004).

A mesorregião Noroeste Rio-Grandense é tradicionalmente uma região produtora desde os anos de 1950. Neste período o núcleo produtor de soja no RS era o da microrregião Colônia de Santa Rosa, seguido pela Colônia das Missões e Colônia de Ijuí, as três situadas na atual mesorregião noroeste Rio-Grandense. Historicamente, esse núcleo produtor era responsável por 90% do total produzido pelo estado entre 1950 a 1955.

A principal característica do período seguinte a 1955, especialmente para esta mesorregião, foi à etapa transitória do cultivo que se caracterizou pela passagem de uma cultura colonial à mecanizada, através da substituição e sua associação com a suinocultura para a triticultura, bem mais incorporada, dinâmica e técnica (CONCEIÇÃO, 1986). O maior valor de produtividade foi de 3.720 kg/ha produzido pelo município de Não-Me-Toque na safra de 2010-2011. A menor produtividade anual foi de 0.044 kg/ha registrado pelo município de Porto Vera Cruz na safra de 2004-2005. A média de produtividade da região noroeste Rio-Grandense é de 1.950 kg/há (Tabela 13).

Tabela 12 - Estatística descritiva para a produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul<sup>8</sup>

Anos	Mínimo	Máximo	Média
1998 1999	0.300	2.200	1.355
1999 2000	0.360	2.700	1.638
2000 2001	1.200	3.000	2.261
<b>2001 2002</b>	<b>0.450</b>	<b>3.000</b>	<b>1.574</b>
2002 2003	1.200	3.600	2.544

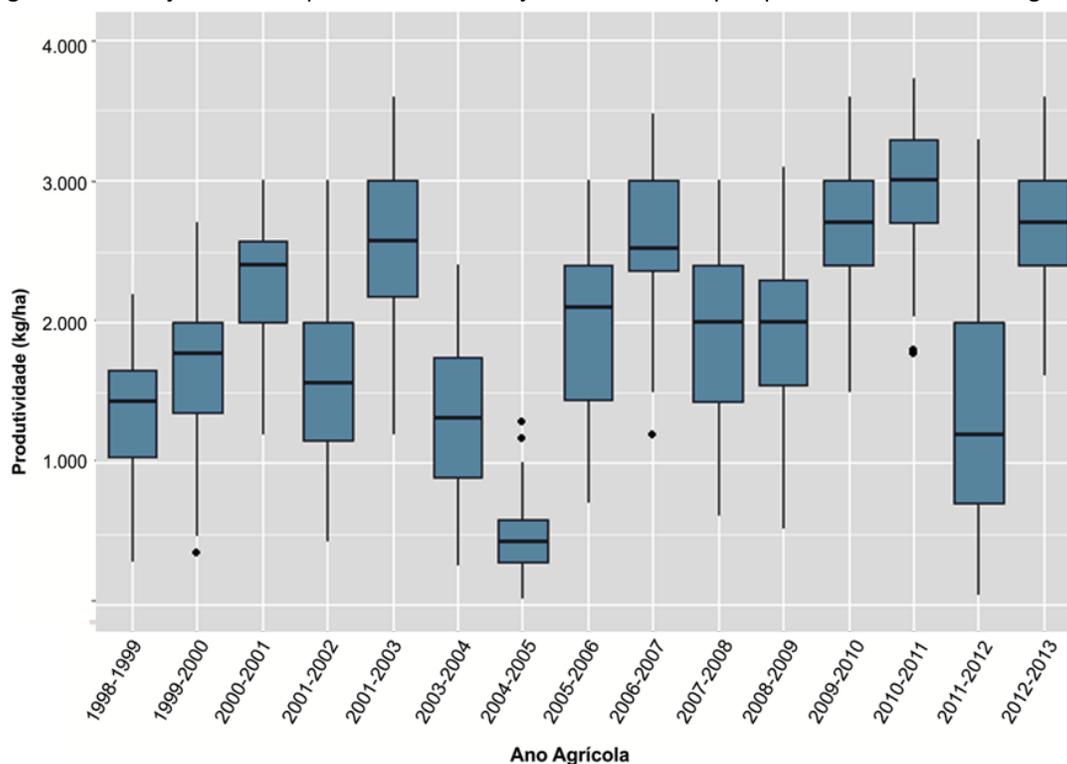
<sup>8</sup> Em destaque estão os anos de maior variação anual, onde foram aplicados o teste de Balanço Hídrico.

<b>2003 2004</b>	<b>0.270</b>	<b>2.400</b>	<b>1.318</b>
<b>2004 2005</b>	<b>0.044</b>	<b>1.295</b>	<b>0.459</b>
2005 2006	0.720	3.000	1.978
2006 2007	1.200	3.480	2.570
2007 2008	0.630	3.000	1.900
2008 2009	0.540	3.100	1.953
2009 2010	1.500	3.600	2.661
2010 2011	1.773	3.720	2.959
<b>2011 2012</b>	<b>0.060</b>	<b>3.300</b>	<b>1.382</b>
2012 2013	1.620	3.600	2.677

Org.: Carmello (2016)

É marcada a variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do noroeste rio-grandense (Fig. 28), indicada pela distância entre os limites das caixas. Nota-se que desde a safra de 1998-1999 a produtividade da soja sofreu oscilações consideráveis. Destaque para os anos agrícolas de: 1998-1999, 1999-2000, 2001-2002, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2007-2008 e 2011-2012. Outros anos apresentaram produtividade acima da média e baixa variação entre os municípios, destaque para: ano 2000-2001, 2002-2003, 2009-2010, 2010-2011 e 2012-2013. Apesar de haverem anos com baixa variação dos dados, os resultados mais expressivos estão relacionados às expressivas oscilações anuais de produtividade que ocorrem na região noroeste rio-grandense.

Figura 28 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do noroeste gaúcho



Org.: Álvares (2015)

Existem municípios que produzem totais consideráveis e anualmente ultrapassam os valores médios regionais. Estes municípios configurarão parte daqueles municípios que serão agrupados no Grupo P1 de alta produtividade. Pode-se dizer que anualmente muitos municípios conseguem manter bons níveis de produtividade, exceto em 2004-2005, onde todos os municípios apresentam diminuição expressiva de forma homogênea.

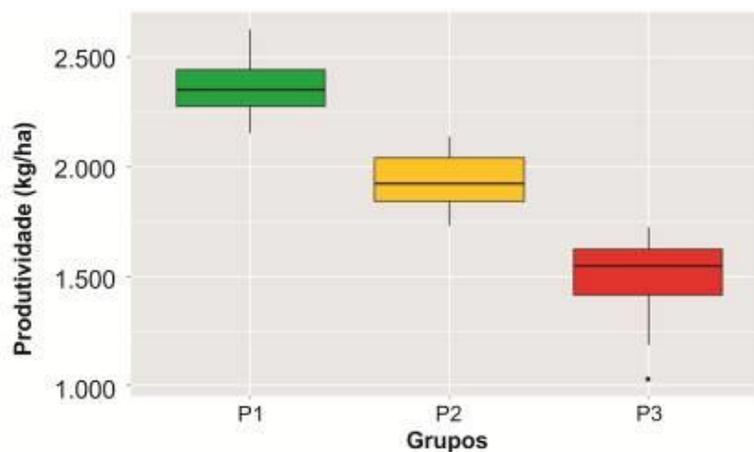
Essa variação entre os municípios é um importante indicador da dependência agrícola frente aos fatores externos, às formas de manejo, aos modelos de interação com a planta, o solo, a irrigação, etc. Em síntese, é importante ser incisivo num aspecto: a variação anual entre os municípios é um importante indicador da dependência da agricultura perante as flutuações do tempo atmosférico. O agricultor desta região do Brasil possui outra relação com a terra. De forma inicial, sabe-se que o perfil do agricultor gaúcho se diferencia consideravelmente ao levarmos em conta por exemplo, outros estados produtores de soja do Brasil (São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Mato Grosso, etc). A presença da agricultura menos industrial e mecanizada, influenciada pelo tipo de colonização ainda é presente.

Os anos de 2004-2005 e 2011-2012: no primeiro caso, houve queda da produtividade de soja para praticamente todos os municípios; a altura do retângulo ultrapassa ligeiramente o limite de 1.000 kg/ha. Em 2012-2013 há uma clara variação de produtividade entre os municípios; as alturas dos retângulos estão afastadas indicando que para alguns municípios a produtividade foi bastante reduzida. Outros se mantiveram. A variação espacial da produtividade da soja sinalizada pelo *boxplots* da Fig. 29 sugeriu a existência de regiões homogêneas da soja, ou seja, regiões que possuem características semelhantes quanto ao nível alto ou baixo de produtividade. Quanto ao agrupamento, o questionamento aqui é o seguinte:

- Quais são os municípios que aparecem próximos ao limite superior das caixas?
- E quais são os municípios que estão na porção inferior?

Neste sentido, surge a proposta de regionalização destes municípios e assim, conseguir identificar regiões homogêneas.

Figura 29 - Grupos conforme a média de produtividade das 15 safras



Org.: Álvares (2015)

Quanto à proposta de realizar a regionalização dos municípios produtores de soja para cada região, optou-se, conforme expresso nos procedimentos metodológicos, pela utilização e aplicação da técnica de *Ward* – agrupamento a partir da média histórica de produtividade para todos os municípios (Tabela 13 e Figura 30). Os resultados indicaram que há três grupos de produtividade na região noroeste do Rio Grande do Sul. Há cerca de 70 municípios que apresentaram médias superiores a 2.020 kg/ha (Grupo P1 – verde escuro). 83 municípios agruparam-se no patamar definido como de média produtividade (Grupo P2 – verde médio), e aqueles com produtividade abaixo dos 1700 kg/ha foram cerca de 50 municípios (Grupo P3 - verde claro).

Tabela 13 - Classes para definir os grupos de produtividade

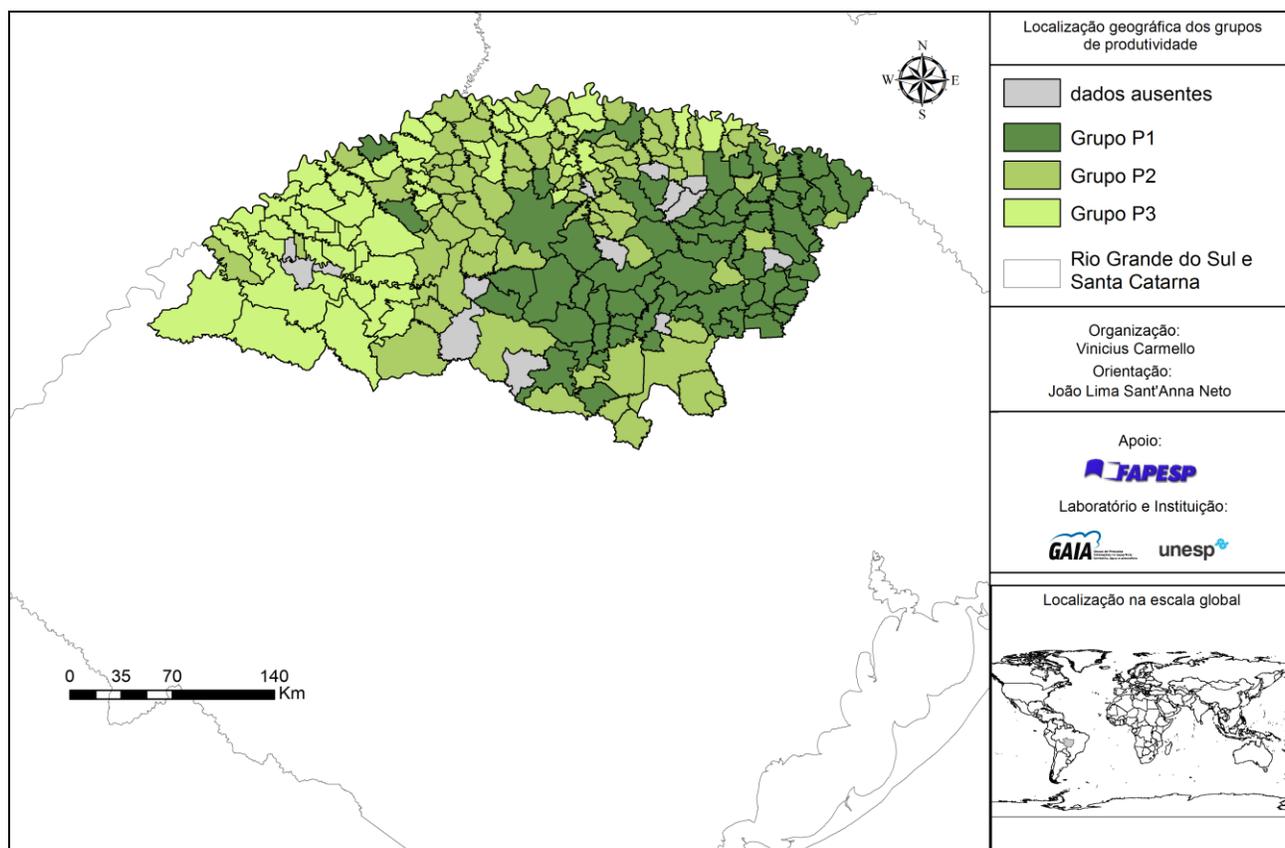
Grupo	Municípios	Média	Mínimo	Máximo
Grupo P1	68	2,347	2,020	2,623
Grupo P2	83	1,903	1,532	2,229
Grupo P3	49	1,496	1,029	1,772

Org.: Carmello (2015)

Foram representados espacialmente os grupos de produtividade (Fig. 32) e percebe-se que existe padrão regional, ou seja, regiões homogêneas, principalmente pelos municípios que apresentaram valores que indicam alta produtividade. Estes estão majoritariamente concentrados na porção central e a leste do recorte de análise. Os municípios do Grupo P2 localizam-se acentuadamente na região central e os municípios com baixo nível de produtividade na porção oeste, estes últimos com padrão espacial bem representativo.

- Municípios com alta produtividade foram: Palmeira das Missões, Chapada, Santa Barbara do Sul, Panambi, Pejuçara, Ibiruba, Não-Me-Toque, Carazinho, Passo Fundo, Marau, Água Santa, Sananduva, Barracão, Ibiaça, etc.
- Municípios com baixa produtividade foram: Santa Rosa, Santo Ângelo, São Miguel das Missões, Santo Cristo, Porto Vera Cruz, Eugênio de Castro, Vitória das Missões, etc.
- Municípios com média produtividade foram: Santo Augusto, Joia, Ijuí, Nova Ramada, Chiapeta, Santo Augusto, Tenente Portela, Derrubada, Três Passos, Três de Maio, etc.

Figura 30 - Grupos de produtividade da soja a partir do teste de hierarquização no noroeste do Rio Grande do Sul

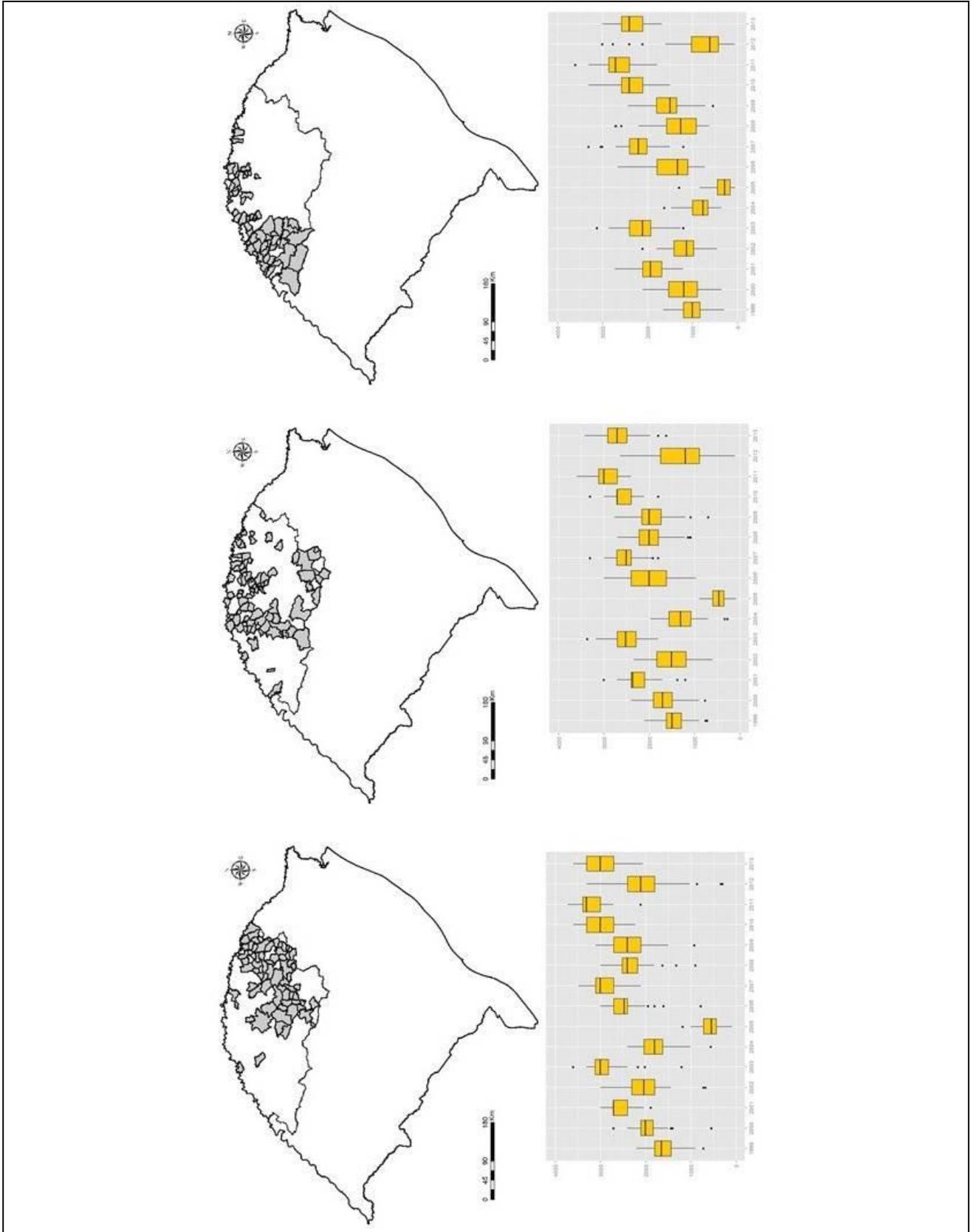


Org.: Carmello (2015).

Estes três grupos são representados individualmente na Figura 33. Neste caso percebe-se a geografia da soja manifesta pelos diferentes níveis de produtividade, onde o Grupo P2 marca uma transição bastante representativa na região localizada no sul do Brasil. Já os grupos P1 e P3 estão “afastados”. O Grupo P2 de produtividade de soja neste caso exerce com bastante propriedade sua função intermediadora, onde provavelmente os municípios seguem a tendência de aumento de produtividade, o que é registrado pelos municípios do Grupo P1.

No noroeste do Rio Grande do Sul a concentração dos municípios que apresentaram, na análise da tendência, resultados positivos, ou seja, aumento da produtividade de soja, condizem com os municípios do Grupo P1, que são aqueles municípios que no contexto regional possuem os maiores valores de produtividade. Vale ressaltar que no contexto do Rio Grande do Sul e Sul do Brasil, além dos municípios que mais produzem se destacarem pelos valores acima de 2500 kg/ha chegando a 3000 kg/ha em alguns anos (Figura 31), também mostram que ao longo dos últimos anos vem apresentando aumento desta produtividade, sobretudo na safra de 2006-2007 e os anos que seguiram a este, com exceção de 2012.

Figura 31 - Regionalização da soja por grupo de produtividade no noroeste do Rio Grande do Sul



Org.: Carmello (2015)

### 3.8 - Mato Grosso e a região norte mato-grossense

A produção continuou concentrada na região sul do Brasil até o final dos anos 70, quando mais de 80% da soja ainda era colhida nessa área, embora as terras de Cerrados do meio oeste já davam sinais de sua vocação para promover um novo ciclo de desenvolvimento da cultura no Brasil. Porém com transformações marcantes nas estruturas fundiárias do Brasil (Figuras 32, 33 e 34), houve a consolidação do estado do Mato Grosso como produtor marginal e líder nacional de produção e produtividade da soja (DALL'AGNOL, 2004).

Figura 32 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop



Fonte: Fridolino Spies Rambo

Figura 33 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop



Fonte: Fridolino Spies Rambo

Figura 34 - Exemplo de propriedade agrícola no norte do Mato Grosso, região de Sinop



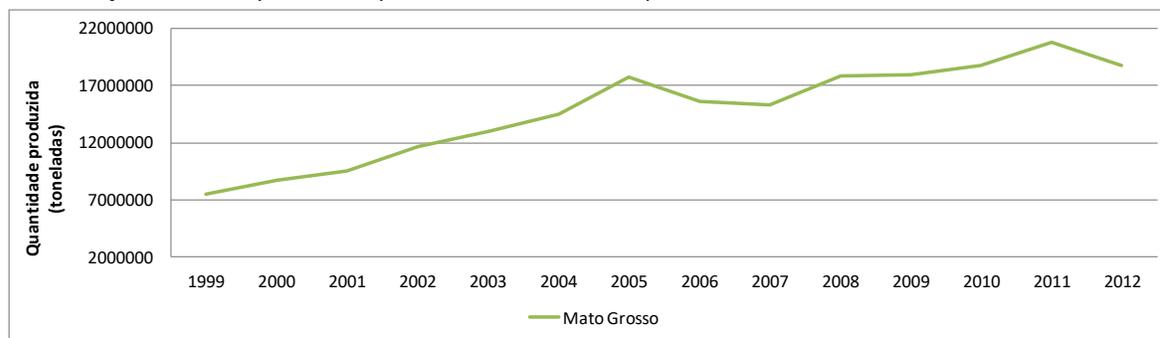
Fonte: Fridolino Spies Rambo

O Mato Grosso é um dos estados brasileiros mais dotados de investimentos por parte do estado nacional quanto às formas de conduzir as atividades agrícolas, justamente pelo fato desta região ter relação direta com as transformações cuja agropecuária sofreu nas últimas sete décadas:

- *centralização de capitais (via articulação do capital monopolista),*
- *ocupação de novas áreas (em especial o Centro-Oeste)*

Os quatro principais produtores de soja também são os quatro principais exportadores dos produtos do complexo da soja. O destaque é o Mato Grosso, que apresentou um crescimento anual nas exportações de 22,66% (CAMPOS, 2010; LAZZAROTO e HIRAKURI, 2010). Se o Rio Grande do Sul possui tradição desde os anos de 1950 no cultivo da cultura da soja, o mesmo ocorreu no Mato Grosso a partir de outros interesses, relacionados sobretudo ao interesse do Estado em transformar o país em um grande exportador de produtos agrícolas. De qualquer forma, apesar do Rio Grande do Sul possuir marcada tradição em cultivar soja, demonstrada pelo perfil histórico do estado, é no estado do Mato Grosso que os dados mostram aumento anual da quantidade produzida em tonelada (Fig. 35). Logo, é inevitável tecer algumas considerações sobre essa característica.

Figura 35 - Variação anual da quantidade produzida em toneladas pelo estado do Mato Grosso



Org.: Carmello (2015)

Este aumento anual, mesmo que seja da produção total, é um indicador extremamente importante que demonstra outro perfil regional se comparado ao sul do Brasil. Possui marcada relação com o agronegócio, por exemplo. Essa relação está ligada ao investimento e às políticas públicas voltadas para a grande propriedade agrícola, à produção de grãos, à ideia de produzir para exportar, etc. Este perfil define as bases da agricultura contemporânea brasileira o que define também um novo perfil da agricultura, aquela modernizada. Este perfil, na fronteira da expansão da agricultura moderna no Mato Grosso, atende à nova dinâmica da acumulação capitalista (BERNARDES, 2007).

E o que isso representa em condições de produção que se difere das demais regiões do país? Acredita-se que este novo perfil de agricultura influencie sobremaneira o rendimento de determinadas oleaginosas, neste caso, a soja. Os valores referentes ao período de 1999 – 2013 estão representados na Tabela 14, a seguir, os dados interanuais de produtividade da soja para a região norte do Mato Grosso de forma integrada. A região norte do Mato Grosso (Fig. 36) apresenta produtividade anual média acima dos padrões apresentados pelo sul do Brasil, assim como baixa variação dos totais anuais, e também pouca variação entre os municípios, ou seja, maior homogeneidade regional.

Tabela 14 - Estatística descritiva para a produtividade de soja no norte do Mato Grosso<sup>9</sup>

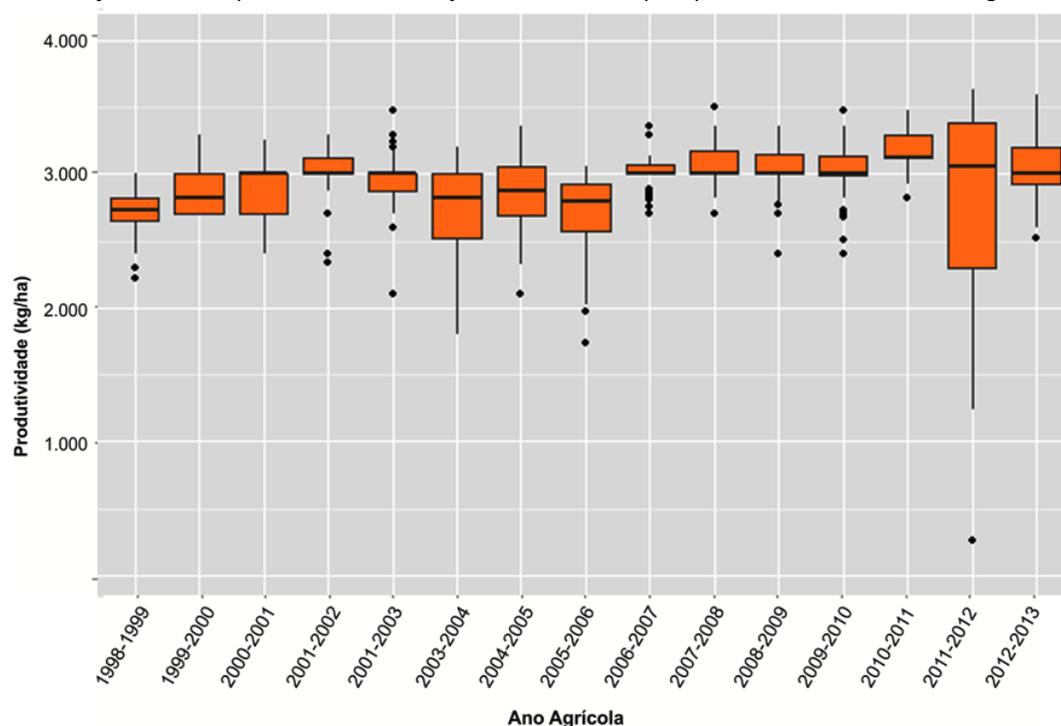
Anos	Mínimo	Máximo	Média
1998 1999	2.220	3.000	2.704
1999 2000	2.700	3.300	2.899
2000 2001	2.400	3.255	2.906
2001 2002	2.340	3.300	3.005
2002 2003	2.100	3.480	2.974
<b>2003 2004</b>	<b>1.800</b>	<b>3.200</b>	<b>2.768</b>
<b>2004 2005</b>	<b>2.100</b>	<b>3.355</b>	<b>2.847</b>
<b>2005 2006</b>	<b>1.744</b>	<b>3.060</b>	<b>2.707</b>
2006 2007	2.700	3.360	3.009

<sup>9</sup> Em destaque estão os anos de maior variação anual, onde foram aplicados o teste de Balanço Hídrico.

2007-2008	2.700	3.500	3.074
2008-2009	2.400	3.360	3.031
2009-2010	2.400	3.480	3.001
2010-2011	2.818	3.480	3.174
2011-2012	0.257	3.630	2.739
2012-2013	2.520	3.600	3.041

Org.: Carmello (2016)

Figura 36 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do norte mato-grossense

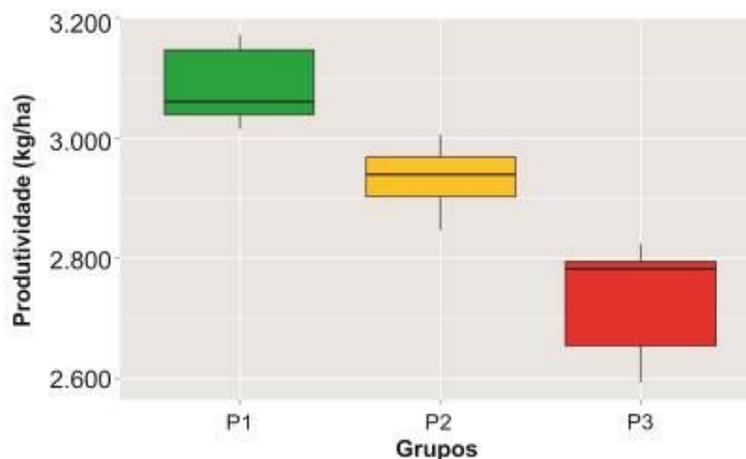


Fonte dos dados: IBGE (2015). Org.: Álvares (2015)

O maior valor de produtividade foi de 3.630 kg/ha produzido pelo município de Novo Mutum no ano de 2011-2012. A menor produtividade anual foi de 0.250 kg/ha registrado pelo município de Gaúcha do Norte na safra de 2011-2012. A média de produtividade da região norte mato-grossense é de 2.930 kg/ha e a variação anual de produtividade é baixa (Fig. 37). Praticamente em todos os anos a produtividade da soja esteve entre 2.500 kg/ha e 3.500 kg/ha, o que pode ser, considerando o contexto regional do Mato Grosso, uma variação pouco expressiva. O mais importante é destacar o principal padrão existente entre os municípios, quanto à alta produtividade presente em todos.

Nota-se uma heterogeneidade dos dados dos municípios mato-grossenses e o ano agrícola de 2006-2007 é o grande representante desta característica. Optou-se pela representação espacial dos principais municípios produtores, assim como aqueles que não possuem tanta tradição. A menor “tradição” não necessariamente quer dizer que os municípios não produzem, afinal, o Mato Grosso é um estado representativo na escala nacional da produção de soja.

Figura 37 - Grupos de produtividade formados a partir da técnica de Ward conforme a média de produtividade das 15 safras



Org.: Álvares (2015)

Em relação ao agrupamento dos municípios entre os dados que mostram maior, média ou baixa produtividade de soja, repare que apenas três municípios mato-grossenses foram agrupados no grupo P3 de baixo rendimento (Fig. 37 e 38 e Tabela 15). A maioria dos municípios, isto é, 23 do total de 43, estão entre aqueles que possuem produção média. Este grupo apresenta também baixa variação, indicando padrão espacial. Os municípios que possuem alta produtividade apresentaram médias anuais de produção entre as 15 safras acima dos 3.000 to/ha. Existem municípios homogêneos, ou seja, há uma marcada regionalização a oeste do recorte onde os municípios ao longo da série histórica estudada mantêm alta produtividade de soja. E o termo “alta” produtividade significa que são municípios que apresentam rendimentos acima dos 2.800 até 3.154 kg/ha.

Tabela 15 - Limites das classes para definir os grupos de produtividade

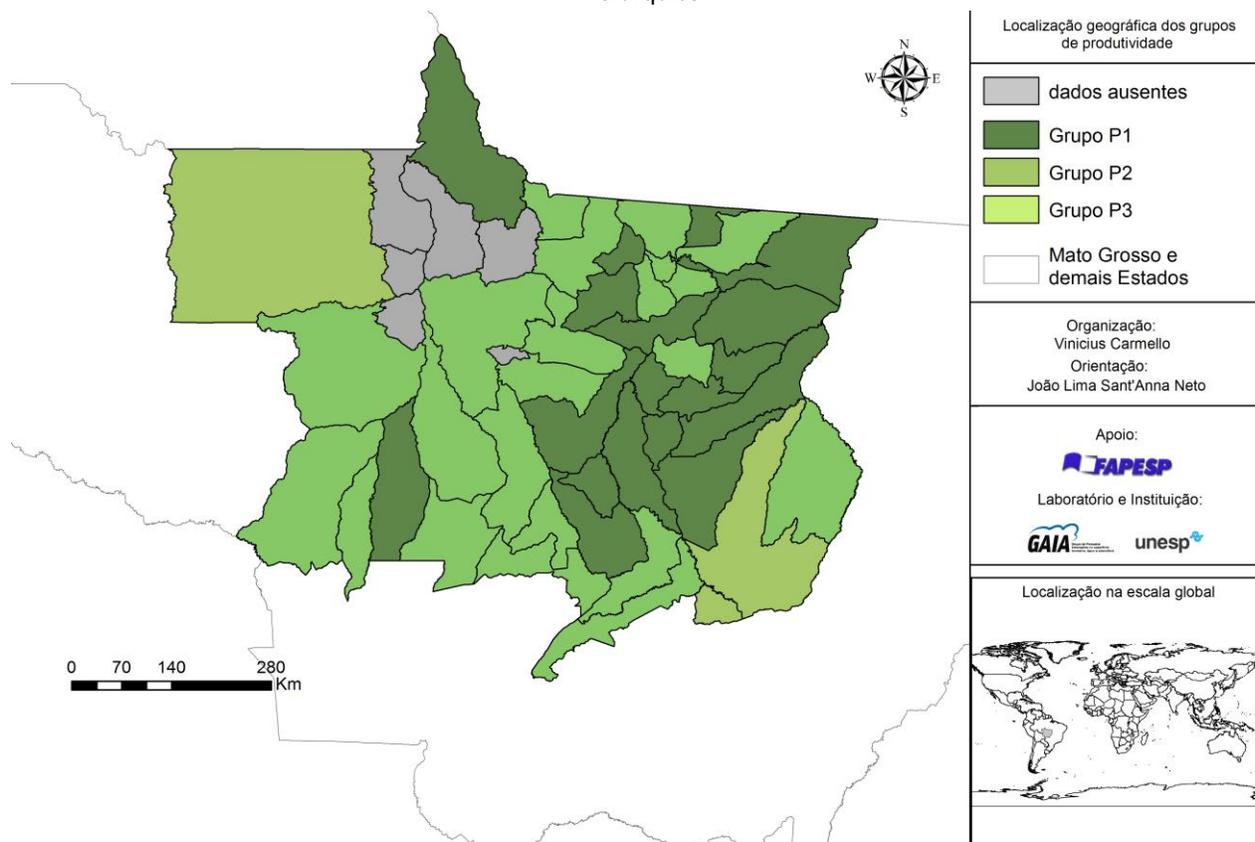
Grupo	Municípios	Média	Mínimo	Máximo
Grupo P1	17	3.045	2.857	3.154
Grupo P2	23	2,857	2,592	3,014
Grupo P3	03	2,918	2,918	2,992

Org.: Carmello (2015)

Esta característica é algo que marca e que está presente nos municípios do norte do Mato Grosso. O mesmo teste estatístico aplicado ao Rio Grande do Sul gerou resultados que mostram que os municípios do grupo P1 apresentam produtividade de 2.020 a 2.620 kg/ha, destacando a diferença nos padrões de produção agrícola. Nem o limite mínimo apresentado pelos municípios do grupo P1 do Mato grosso (2.800 kg/ha) se aproxima do considerado máximo do grupo P1 rio-grandense. Os municípios com alta produtividade (Grupo P1) no norte de Mato Grosso foram: Lucas do Rio Verde, Vera, Sinop, Feliz Natal, Santa Carmem, Itaúba, União do Sul, Marcelândia, Guarantã do Norte, Carlinda, Nova Canaã do Norte, Tapurã, etc. Os municípios com baixa

produtividade (Grupo P3) foram: Aripuanã, Paranatinga e Planalto da Serra. Os municípios com média de produtividade: Rosário Oeste, Nobres, Gaúcha do Norte, Diamantino, Nova Maringá, São Jose do Rio Claro, Brasnorte, Juara, Juína, Comodoro, etc.

Figura 38 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões utilizando técnica de agrupamento hierárquico

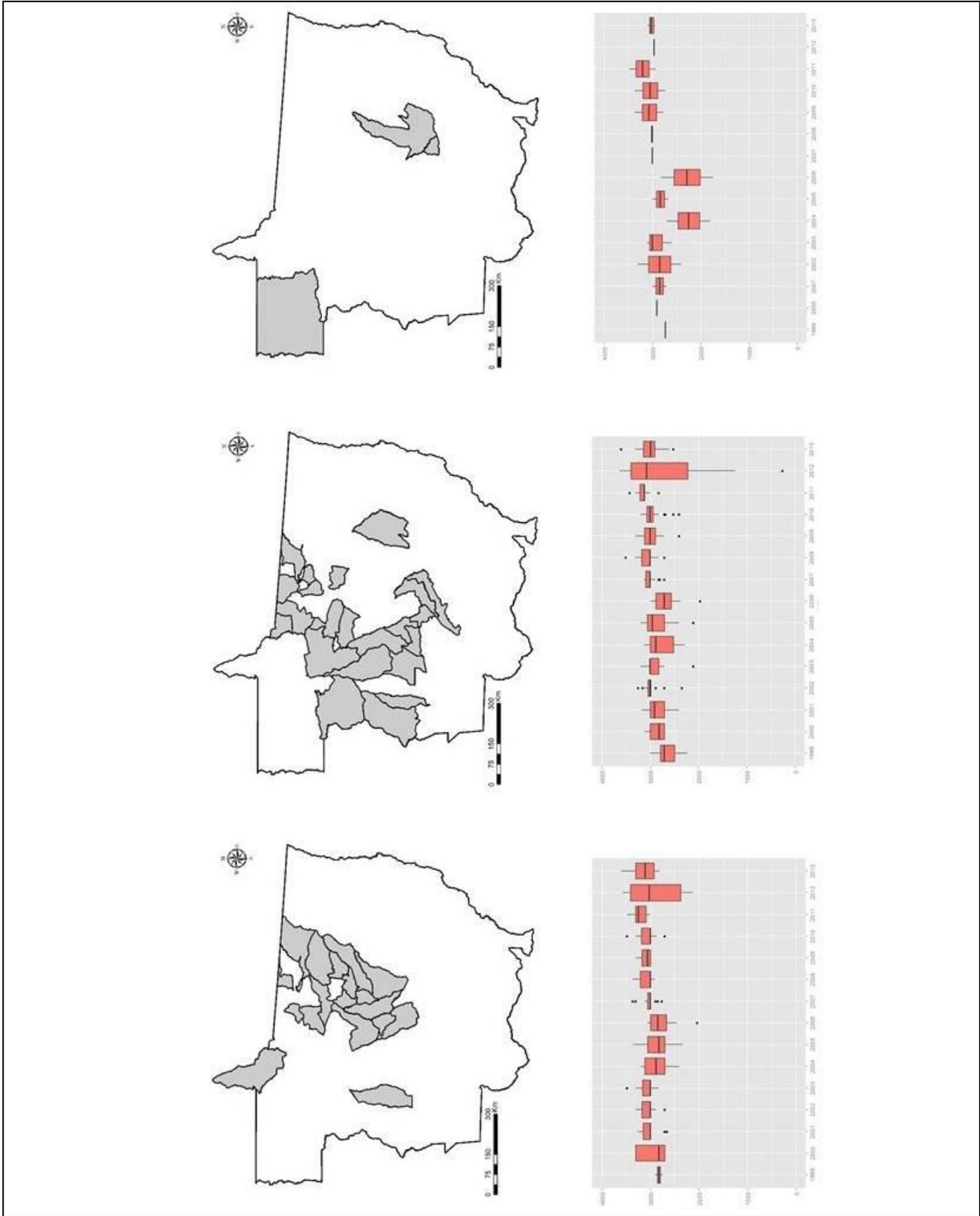


Org.: Carmello (2015)

A partir da análise da figura 38, permite-se dizer que os municípios do grupo P1 localizam-se majoritariamente entre o centro, o leste e o nordeste da área de estudo. Graças à espacialização realizada, é possível notar uma região homogênea composta por estes municípios produtores. Ocorreu o mesmo com os municípios do Grupo P2 (média), onde é visível um agrupamento também do centro sul passando por toda área central até o Norte. Os padrões espaciais da produtividade de soja no norte de Mato Grosso indicam um padrão entre aqueles municípios que são altamente produtores e entre aqueles que produzem valores médios. É importante destacar que, apesar de serem valores médios no contexto do Mato Grosso, por exemplo, acima de 2.500kg/ha, são valores altos se comparados aos do Rio Grande do Sul. Outra característica do norte do Mato Grosso é o resultado que mostra 9 municípios que apresentaram tendência de aumento da produtividade de soja, porém estes municípios não necessariamente são os mesmos que apresentam alta produtividade e sim, são aqueles agrupados no grupo P2 de média produtividade. Pode-se aferir que os municípios do Grupo P1 de alta produtividade mantiveram

ao longo do tempo certo padrão, este considerado elevado se comparado ao Rio Grande do Sul. Logo, a tendência de aumento se deu naqueles municípios ainda em processo de melhoria e superprodução.

Figura 39 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no norte do Mato Grosso

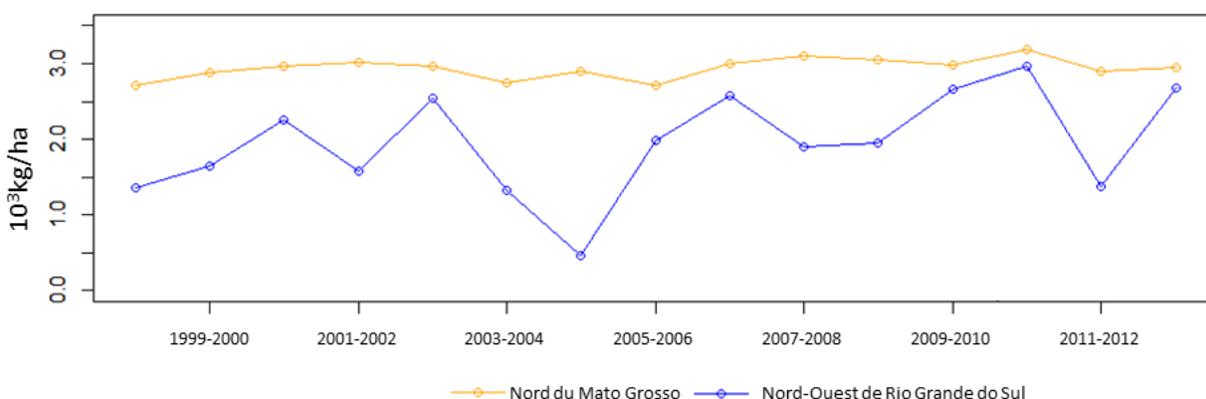


Org.: Carmello (2015)

### 3.9 - Comparação e discussão acerca das diferenças entre as duas regiões do Brasil

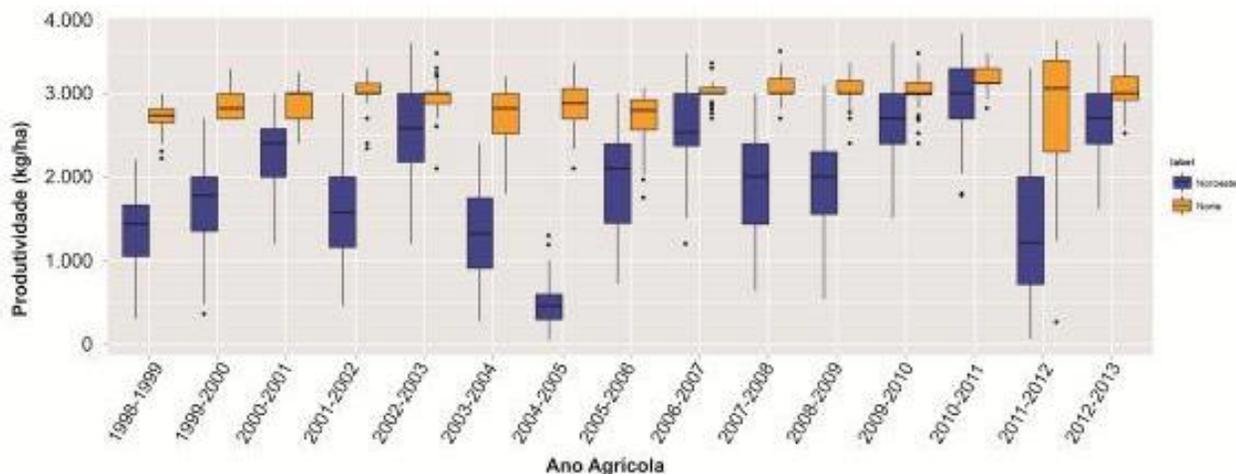
As primeiras análises referentes à variação da produtividade de soja foram desenvolvidas considerando dois contextos distintos no Brasil (Fig. 40, 41 e 42), o noroeste sul rio-grandense e o norte mato-grossense são duas importantes regiões produtoras de soja na escala nacional. Observaram-se diferenças nos padrões de produção de soja de cada região. Porém, cada região possui especificidades, sobretudo quanto à estrutura fundiária e à formação socioeconômica das propriedades rurais, formas de colonização, ocupação, disseminação da agricultura, relevo, clima, etc.

Figura 40 - Comparação entre a média anual de produtividade das regiões noroeste gaúcho e norte mato-grossense



Org.: Álvares (2015)

Figura 41 - Comparação anual da variação da produtividade de soja entre os municípios produtores



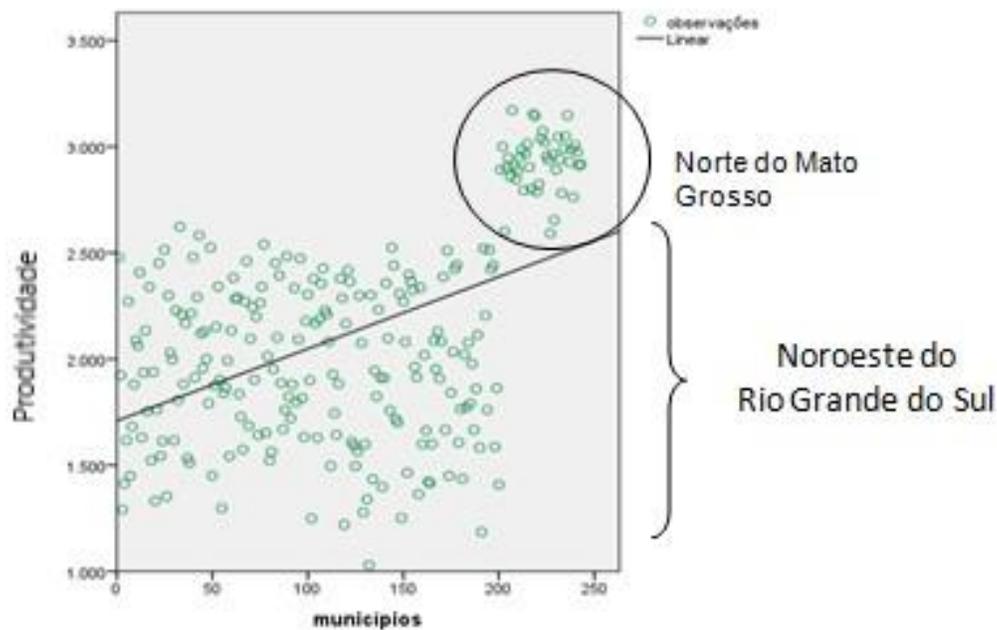
Org.: Álvares (2015)

**Quanto à marcada diferença entre os rendimentos das duas regiões da soja:** é nítido que o noroeste rio-grandense apresenta marcadas variações anuais, em contraponto ao padrão de rendimento apresentado pelo norte mato-grossense, cuja linha se mantém acima 2.500 kg/ha em

todos os anos estudados, indicando que além desse controle da produção (oscilação baixa), o norte mato-grossense apresenta rendimentos que podem ser considerados de alto nível em todos os anos. O noroeste rio-grandense não apresenta um equilíbrio de produtividade. Apesar da chuva, quais outros elementos influenciam estas quedas? Na maioria dos anos estudados existem municípios que mantém valores altos de produtividade, mas, apesar disso, existem municípios que apresentam valores baixos, o que indica marcada variação espacial. No ano de 2003-2004, por exemplo, existe uma queda bastante acentuada e isso ocorre em todos os 200 municípios (desvio pequeno).

Os dados representados no gráfico da Figura 44 mostram exatamente esta diferença nos padrões de produção, que refletem nos valores finais de rendimento de cada região. Repare como os dados médios anuais de produtividade entre as duas regiões se agrupam de forma diferenciada. Os municípios do norte do Mato Grosso se organizam basicamente acima do limite de 2.500 kg/ha. Os demais municípios pertencem ao Rio Grande do Sul e constituem um perfil heterogêneo e disperso, com variação dos totais anuais de produtividade.

Figura 42 - Diferenças nos padrões de produtividade da soja entre as duas regiões no Brasil



Org.: Carmello (2016)

- Estariam as características relacionadas ao tipo de agricultura que é realizada em cada região?
- Isto é, podem-se questionar os perfis sociais, econômicos e culturais presentes no campo, que interferem nos níveis de dependência do produtor agrícola?

Tingley et al., (2010) defendem que sim. Para estes autores, os resultados de comparação ora apresentados se remetem a períodos históricos extremamente marcados. Pode-se mencionar que episódios relacionados à Revolução Industrial, ao pós-guerra, ao neoliberalismo, à revolução verde, influenciaram e ainda influenciam a dinâmica na agricultura no mundo contemporâneo. Da mesma forma, as transformações no campo não ocorreram de forma homogênea, e sim desigual. A diferença entre as duas regiões é caracteristicamente resultante destes episódios, marcada pelas transformações ocorridas desde a Revolução Verde.

Conceição (1986) explicita que a soja deixou de ser uma cultura tipicamente colonial para se tornar uma cultura mecanizada. Desta forma, rompia em relação a pequena propriedade que a cultivava em nível de subsistência, para atingir as médias e grandes propriedades, outrora produtoras de trigo, com razoável grau de mecanização e uma produção voltada para o comércio internacional. Outro ponto é que, ao longo das últimas décadas, regiões como a do Mato Grosso tem apresentado forte característica empresarial, resultado da cotonicultura que transformou e vem transformando essa região do Brasil (TOLEDO, 2004).

### **3.10 - Perfil das propriedades agrícolas que cultivam soja no Brasil**

O padrão e perfil agrícola das propriedades rurais podem explicar os maiores ou menores níveis de produtividade da soja, pois, a produtividade também recebe influência de fatores como tamanho da propriedade, área média das propriedades, se realizaram melhorias em infraestrutura, o perfil do trabalhador, etc.

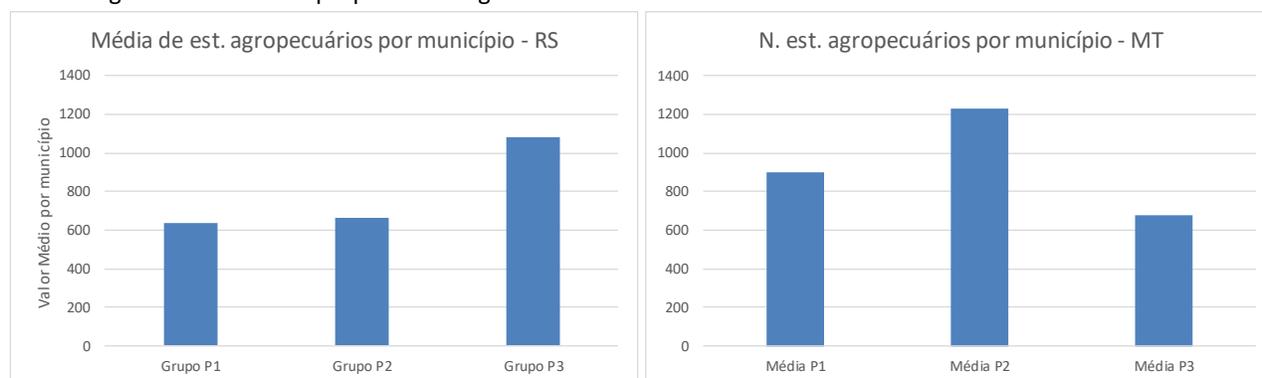
Enquanto, por exemplo, o Rio do Grande do Sul apresenta média de 600 propriedades agrícolas por município com alta produtividade (P1), 650 propriedades em municípios com produtividade média (P2) e média de 1100 propriedades nos municípios de baixa produtividade, já no norte do Mato Grosso o número médio de propriedades por município do Grupo P1 é de aproximadamente 900, do Grupo P2, 1200 propriedades por município e do Grupo P3, aproximadamente 700 propriedades agrícolas (Figura 43).

No noroeste do Rio Grande do Sul, o fato dos municípios do Grupo P3 apresentarem uma quantidade maior de propriedades, indica que as propriedades rurais são menores, fato evidenciado pelos valores referentes ao tamanho médio em hectares das propriedades rurais representadas na Figura 46. Estas mesmas características são observadas nos valores registrados pelos municípios do Mato Grosso, ou seja, seguindo esta lógica, os municípios que apresentam a maior concentração de propriedades rurais de menor tamanho, são os municípios com menor produtividade de soja (Grupo P3).

No caso do norte do Mato Grosso, a área média das propriedades dos municípios do Grupo P3 é em torno de 15,643 ha, que difere da área das propriedades dos municípios do Grupo P1 e P2. Neste caso, os municípios do Grupo P2 são aqueles cujas propriedades agrícolas são mais extensas (Figura 44). Característica similar ocorre no Rio Grande do Sul; as propriedades rurais do Grupo P2 são ligeiramente maiores se comparadas às do Grupo P1. O Tamanho médio das propriedades do

Rio Grande do Sul é de 19,422 hectares e no Mato Grosso 34,114 hectares, em Ohio, verifica-se que o tamanho médio das propriedades é de 10,148 hectares.

Figura 43 - Perfil das propriedades agrícolas no noroeste do Rio Grande do Sul e norte do Mato Grosso



Org.: Carmello (2017)

Figura 44 - Padrão médio da área das propriedades rurais em hectares



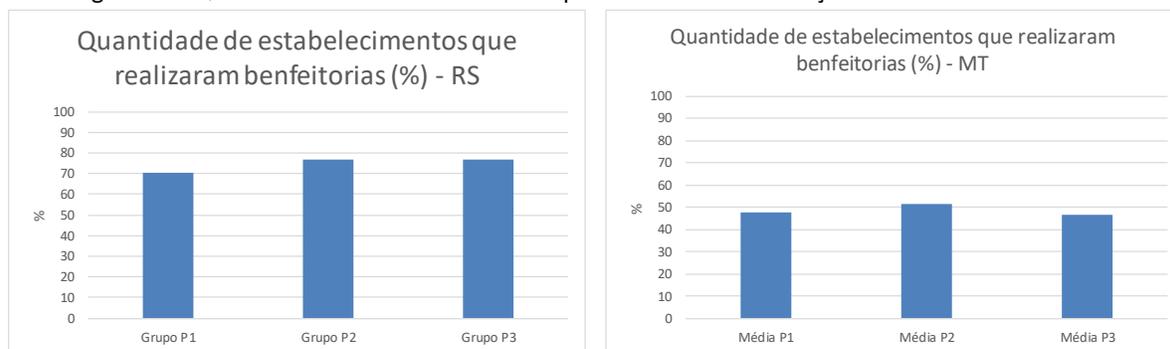
Org.: Carmello (2017)

A média das propriedades que realizaram benfeitorias no noroeste do Rio Grande do Sul é de 596 estabelecimentos agrícolas, cerca de 70% dos municípios do Grupo P1 realizaram alguma mudança ou melhoria o que contribui para o aumento da produtividade agrícola, 77% do grupo P2 e 77% do Grupo P3 (Fig. 45). Este dado é um importante indicador relacionado ao perfil social das propriedades rurais daquela região, pois mostra o nível de acesso a melhorias físicas e estruturais que facilita o escoamento de safras, pela melhoria nas estradas e caminhos, estocagem e armazenamento de excedentes de produção, instalação de sistemas de irrigação, etc. Este dado se assimila às informações referentes à quantidade de tratores por estabelecimento agrícola (Fig. 46).

Nota-se, por exemplo, que a quantidade porcentual de propriedades com tratores no Rio Grande do Sul é menor se comparado ao Mato Grosso. Neste caso, os municípios do Grupo P1 são os que apresentam a maior quantidade de propriedades com tratores, cerca de 35%, em seguida do Grupo P2 com 32% e por último do Grupo P3 com 13%. No Mato Grosso esses valores são maiores, cerca de 50% dos municípios do Grupo P1 possuem tratores, 33% do Grupo P2 e 28% do Grupo P3.

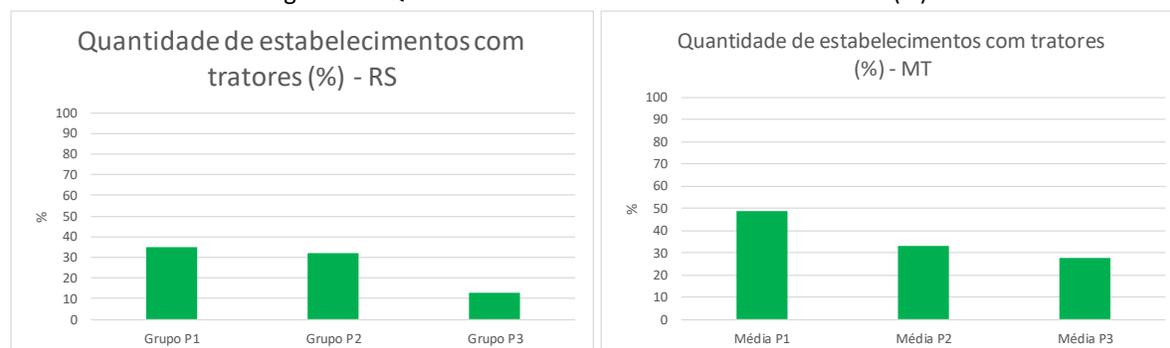
Em relação ao perfil do pessoal ocupado nas lavouras, percebe-se que o Rio Grande do Sul apresenta maior heterogeneidade em relação ao gênero. No Mato Grosso o predomínio é de homens se ocuparem nas atividades, o que é diferente no noroeste do Rio Grande do Sul, sobretudo nos municípios do Grupo P3 de baixa produtividade. Neste grupo de municípios a quantidade de mulheres trabalhando é superior aos demais, o que indica certa relação familiar com a propriedade rural. A quantidade de homens trabalhando no Mato Grosso chega a 2375 nos municípios do Grupo P2. (Fig. 47).

Figura 45 - Quantidade de estabelecimentos que realizaram modificações e benfeitorias até 2006



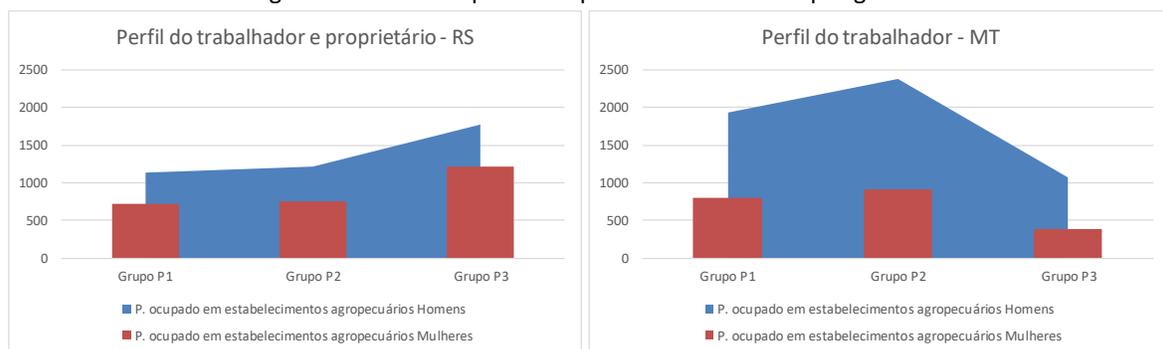
Org.: Carmello (2017)

Figura 46 - Quantidade de estabelecimentos com tratores (%)



Org.: Carmello (2017)

Figura 47 - Padrões quanto ao perfil do trabalhador por gênero



Org.: Carmello (2017)

### 3.11 - Indicadores regionais de produtividade para uma região representativa de Ohio

No final dos anos de 1940 e início de 1950, os Estados Unidos ultrapassaram a China e todo o Oriente na produção de soja. Mais da metade da produção de soja dos EUA vem da região dos *cornbelts* que inclui os estados de Illinois, Indiana, Iowa, Minnesota, Missouri e Ohio. Conforme ilustrado pela figura 48, um quarto adicional da soja nos EUA é produzido nos estados do centro sul como Arkansas, Kentucky, Louisiana, Mississippi e Tennessee e ao longo da costa leste (Pensilvânia, Carolina do Norte e do Sul e a Geórgia) (HYMOWITZ, 1970).

Outra região importante, embora fora do território americano, é no Canadá, o qual apresenta aumento dos valores de produção de soja em grande parte das províncias de Ontário e Quebec (FISHER et al., 2014). A bacia hidrográfica do rio Mississippi é a terceira maior bacia hidrográfica do mundo, ficando atrás apenas da bacia hidrográfica do rio Amazonas e do rio Congo, na África. Envolve cerca de trinta estados e mais de 70 milhões de pessoas. A principal característica deste território norte americano é o fato de possuir uma das maiores áreas agricultáveis, produtivas e férteis do mundo (GOOLSBY et al., 1999).

Se comparado com as principais regiões produtoras de soja nos Estados Unidos, analisar a figura 48, nota-se relação espacial com a bacia hidrográfica do rio Mississippi, onde estão estados que também são considerados importantes quanto à produção de soja.

Figura 48 - Principais regiões produtoras de soja nos Estados Unidos



Fonte: Australian Centre for International Agriculture Research

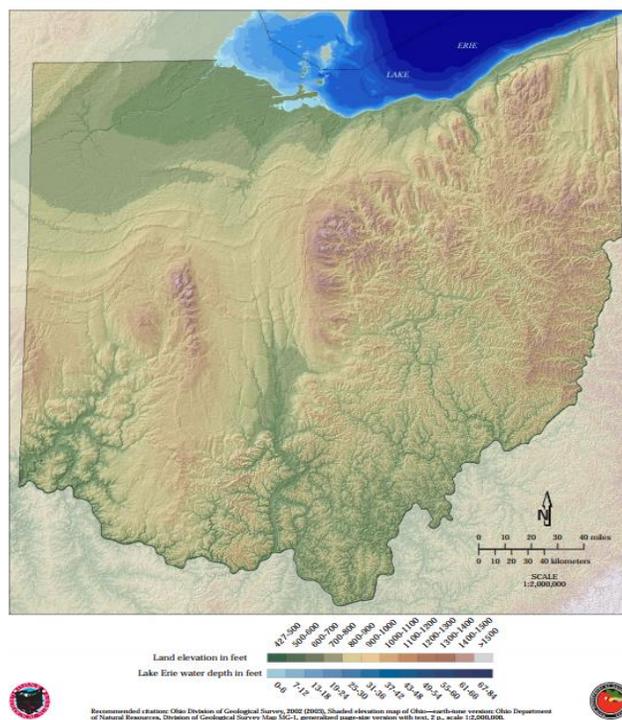
Exemplo maior é o Estado da Geórgia, mencionado anteriormente e que se destaca por ser o maior produtor de carne de frango dos Estados Unidos, sobretudo, na região norte do estado, onde estão os principais frigoríficos do país. Outro ponto interessante é o fato da região próxima à costa leste de o país apresentar uma das principais aglomerações humanas do mundo, com destaque

para grandes centros urbanos como Nova York, Filadélfia e Washington DC. Fora dos *Cornbelts*, outra região agrícola bastante importante é o estado da Califórnia, que produz laranja, uva, vinhos e algodão e também apresenta importante aglomeração humana em centros urbanos como São Francisco, Los Angeles e São Diego.

Quanto à produção de grãos nos Estados Unidos, até meados da safra de 2004/05, a produção e consumo da soja tiveram os níveis recordes alcançados. No entanto, após este período, este setor enfrenta uma concorrência sem precedentes nos mercados de exportação, sobretudo pela presença de outros mercados produtores e que se tornaram ao longo do tempo competitivos, tais como o Brasil, Argentina e Paraguai (ASH, et al., 2006). Por exemplo, em 1960 a produção mundial de soja foi de apenas 12% se comparada ao total produzido nos dias atuais, entretanto, neste período os Estados Unidos produziam o equivalente a 70% desse total.

Grande parte do território administrativo de Ohio está localizada nos limites da bacia hidrográfica do rio Ohio, exceto pelos municípios localizados no extremo norte do estado. A bacia do rio Ohio, juntamente com as bacias do rio Arkansas, Missouri e Mississippi constituem a totalidade da bacia hidrográfica do rio Mississippi. A presença da agricultura neste estado é maior nas regiões oeste e noroeste pela configuração do relevo, que apresentam terrenos menos acidentados se comparado às regiões leste e nordeste. Conforme mencionado e representado pelo mapa, verifica-se um relevo bem menos acidentado a oeste e noroeste, fator que influencia no tipo de ocupação e no tipo de agricultura praticada (Fig. 49).

Figura 49 – formas da geomorfologia do estado de Ohio para comparar com a região mais produtora de soja do estado



Fonte: Ohio Division of Geological Survey (2002)

O estado de Ohio possui o sexto maior PIB dos Estados Unidos, é o sexto quanto à população total e um dos mais importantes produtores de alimento e grãos de toda região central do país. O calendário agrícola da soja em Ohio, assim como nos demais estados produtores de soja, caracteriza-se pelo início do plantio do grão no mês de maio, pois em abril, o risco de ocorrer precipitações na forma de neve ainda é bastante evidente, apesar deste evento ter acontecido apenas quatro vezes desde 1989, incluindo 2016.

No ano de 2016 foi mensurado 4.0 polegadas de precipitação em forma de neve entre os dias 08 e 10 de abril. Por estas razões as recomendações são de iniciar as atividades agrícolas a partir de maio. O cultivo ocorre seguindo pelos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Período referente à primavera, ao verão e transição para o outono, também relacionado com o período chuvoso das regiões centrais dos Estados Unidos. O calendário agrícola da soja nos Estados Unidos está representado nos procedimentos metodológicos.

A região noroeste do estado de Ohio é a parte do Estado inserida totalmente no mapa onde estão indicadas as principais regiões produtoras de soja dos Estados Unidos (Fig. 48) e as imagens representadas pelas Figuras 50 e 51 ilustram a configuração agrícola e o perfil das propriedades rurais nessa porção do Estado. A principal característica observada durante os trabalhos de campo realizados em 2016 é a rotação de cultura entre soja e milho. O proprietário de terra tem a preocupação de dinamizar a produção, intercalando anualmente o tipo de cultura que é cultivada (Figura 52).

Figura 50 - Perfil Agrícola das propriedades de soja em Ohio



Fonte: Foto tirada em trabalho de campo

Figura 51 - Perfil Agrícola das propriedades de soja em Ohio



Fonte: Foto tirada em trabalho de campo

Figura 52 - Cultivo de soja e milho na mesma propriedade agrícola



Fonte: Foto tirada em trabalho de campo

O noroeste de Ohio é formado por 28 municípios ou, conforme nomenclatura em inglês, *counties*, o que, pela tradução são condados. O principal deles é o condado de Lucas no extremo noroeste, onde fica localizada a cidade de Toledo, com certa de 280 mil habitantes. Em Ohio a divisão administrativa é bastante parecida com os municípios das regiões sudeste e sul do Brasil, sobretudo pela questão da dimensão territorial configurada em km<sup>2</sup>. Isso porque se comparados os condados de Ohio com os condados de estados do oeste americano, este serão consideravelmente

menores, assim como existem as diferenças entre os municípios brasileiros se comparadas à região sul e sudeste com o Norte, por exemplo.

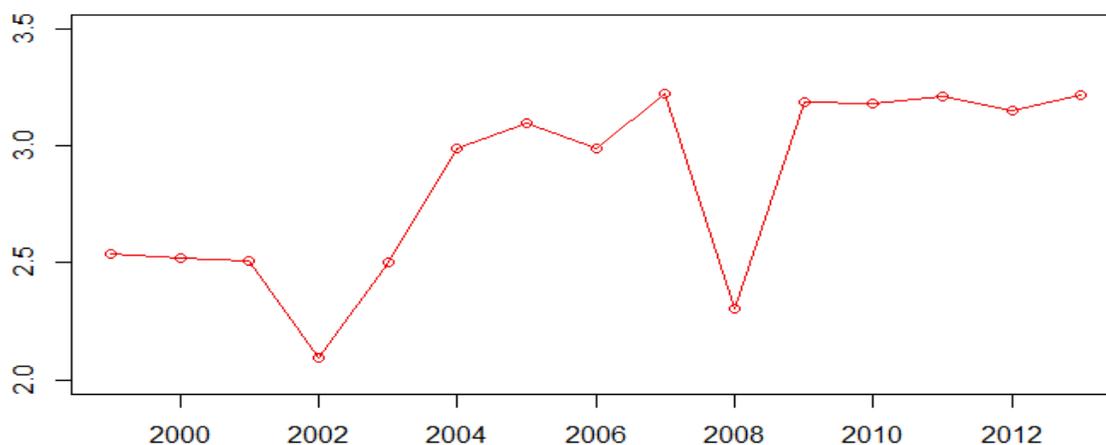
Na configuração de cada condado existem cidades com características administrativas independentes. Apesar desta configuração, os dados de soja são disponibilizados por condado, que serão tratados como municípios. A produtividade de soja nesta região dos Estados Unidos se destaca, comparada à produtividade da soja analisada no noroeste do Rio Grande do Sul e aquela que será analisada no estado de Madhya Pradesh. Alguns municípios do estado de Ohio apresentam valores anuais acima dos 2.500 kg/ha (Tabela 16), chegando em alguns anos a ultrapassar os 3.817 kg/ha, ocorrido em 2003 (Fig. 53).

Tabela 16 - Estatística descritivas para os valores de produtividade no noroeste de Ohio

Anos	Mínimo	Máximo	Média
1999	1.838	3.181	2.552
2000	1.703	3.039	2.539
<b>2001</b>	<b>1.819</b>	<b>3.151</b>	<b>2.486</b>
<b>2002</b>	<b>1.635</b>	<b>2.851</b>	<b>2.106</b>
<b>2003</b>	<b>1.787</b>	<b>2.848</b>	<b>2.515</b>
2004	2.321	3.563	2.990
2005	2.676	3.429	3.093
2006	2.202	3.468	2.991
2007	2.824	3.817	3.249
<b>2008</b>	<b>2.043</b>	<b>2.732</b>	<b>2.304</b>
2009	2.690	3.604	3.194
2010	2.602	3.723	3.180
2011	2.625	3.682	3.212
2012	2.304	3.714	3.168
2013	2.685	3.656	3.225

Org.: Carmello (2016)

Figura 53 - Variação anual da produtividade (to/ha) entre os municípios do noroeste de Ohio

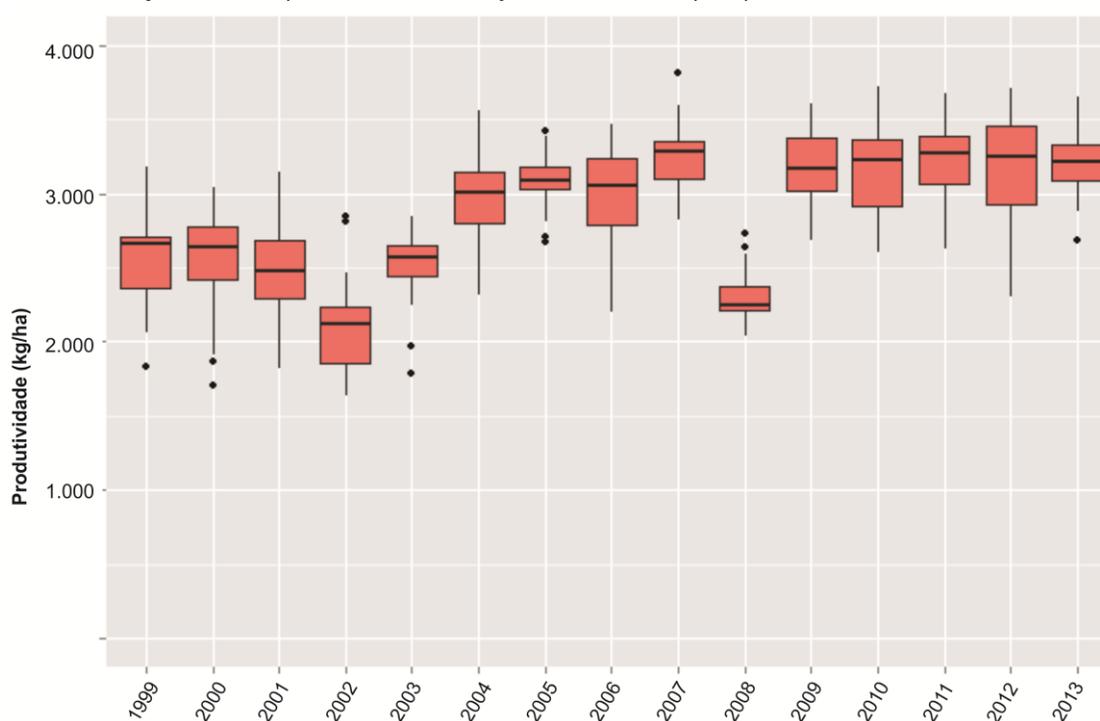


Org.: Carmello (2015)

Apesar de haver variações de produtividade entre os anos e entre os municípios, o noroeste de Ohio mostra uma alta produtividade. Verificam-se no gráfico (Fig. 54) que foram registrados valores elevados de rendimento, porém em alguns anos quando podem ser notadas quedas expressivas quanto à produtividade. Os anos que apresentaram dados mais homogêneos foram 2005 e 2008, e o menor foi maio de 2012.

Apesar de alguns anos apresentarem quedas ou serem considerados anos com menor produtividade se comparados entre si, ainda são valores altos, sobretudo se comparados com as regiões produtoras de soja no sul do Brasil e na Índia, por exemplo, em que 2.500 kg/ha são valores bastante expressivos e considerados de alta produtividade. Em nenhum ano agrícola estudado a soja alcançou limites próximos a 1.000 kg/ha, fato que ocorreu no sul do Brasil em nove dos quinze anos estudados. A produtividade de soja no noroeste de Ohio se aproxima da do norte do Mato Grosso, se assim forem analisadas, apesar de Ohio apresentar menor homogeneização dos dados se comparado ao Mato Grosso, ou seja, em alguns anos houve municípios que apresentaram alta produtividade e ao mesmo tempo municípios que apresentaram baixa, o que não ocorreu no norte do Mato Grosso, onde é maior a homogeneidade dos dados.

Figura 54 - Variação anual da produtividade de soja entre os municípios produtores do noroeste de Ohio



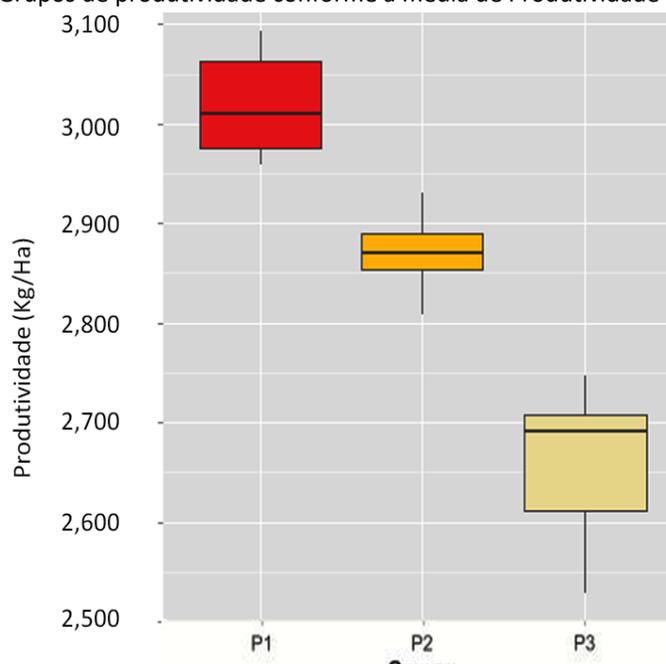
Org.: Álvares (2015)

Os locais mais expressivos da soja foram representados a partir do agrupamento dos dados de soja, considerando a média de produtividade de todos os municípios entre os quinze anos estudados. Este procedimento apresentou resultados importantes quanto à regionalização dos

principais municípios produtores. Determinaram-se três grupos, assim como procedimento aplicado no contexto brasileiro (Figura 55 e Tabela 17):

- Grupo P1 (caixa vermelha) com valores de produtividade entre 2.500 kg/ha e 3.100 kg/há;
- Grupo P2 de produtividade média (caixa amarela), com valores entre 2.800 até próximo a 3.000 kg/ha e;
- Grupo P3, municípios com baixa produtividade (caixa bege), que apresentam médias abaixo de 2.500 kg/ha e alta variação entre os valores (largura e distância dos limites da caixa).

Figura 55 - Grupos de produtividade conforme a média de Produtividade das 15 safras



Org.: Álvares (2015)

O teste de agrupamento hierárquico definiu três níveis distintos de produtividade, agrupando os municípios produtores, o que ocasionou uma divisão espacial daqueles que possuem alta, média e baixa produtividade (Fig. 56). Nota-se que os resultados de hierarquização mostraram que estes valores possuem larga amplitude entre os municípios, apresentando elevada produtividade daqueles em que a produtividade é bem inferior. É fato importante lembrar que, apesar dos municípios do Grupo P3 serem considerados de baixa produtividade nos Estados Unidos, se forem comparados com os municípios do Rio Grande do Sul, estes teriam se agrupado àqueles que foram considerados os de alta produtividade no sul do Brasil. Esta observação é feita apenas para destacar as diferenças nos padrões de produtividade agrícola quando comparadas as duas regiões.

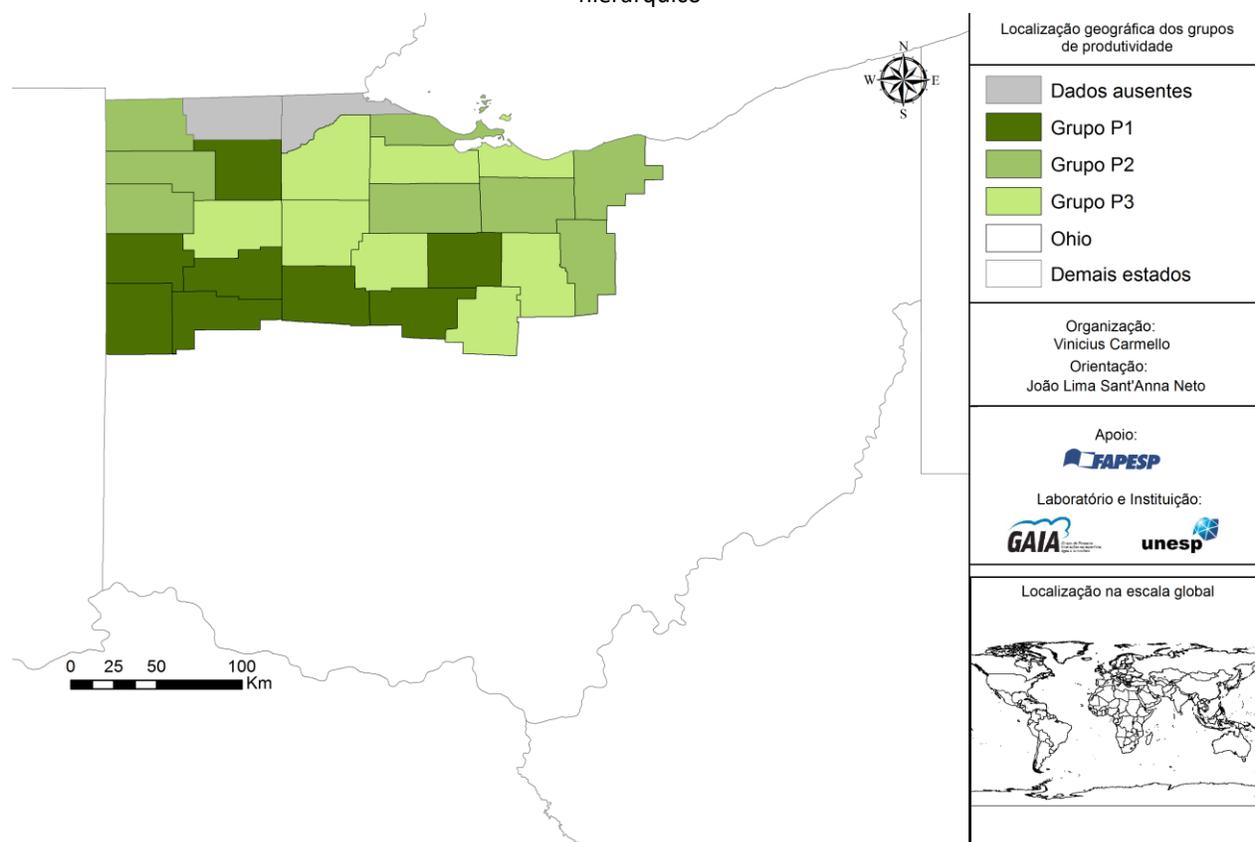
Tabela 17 - Classes para definir os grupos de produtividade para a região noroeste de Ohio

Grupo	Municípios	Média	Mínimo	Máximo
Grupo P1	8	3025	2950	3100
Grupo P2	8	2875	2800	2950
Grupo P3	8	2525	2750	2300

Org.: Carmello (2015)

No caso do noroeste de Ohio pode-se concluir que existe padrão espacial mais precisamente entre os municípios do Grupo P1, que são aqueles de alta produtividade, pois estes ocupam toda a porção sul ao se referir ao recorte de análise. Buscando um padrão regional para estes resultados, os demais não indicam resultado parecido (Fig. 56), principalmente os municípios do Grupo P2, que estão distribuídos tanto à oeste quanto à leste do recorte. Já os municípios do Grupo P3 (verde claro) localizam-se no centro e também em direção à leste.

Figura 56 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões utilizando técnica de agrupamento hierárquico



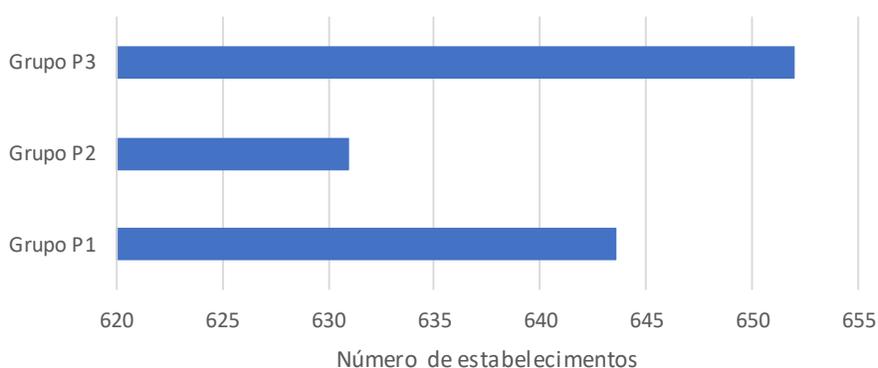
Org.: Carmello (2015)

Os municípios do Grupo P1 de produtividade são: Allen, Crawford, Henry, Van Wert, Marion, Augraize, Hardin e Mercer. No Grupo P2 os municípios representativos são: Ashland, Defience, Huron, Lorain, Ottawa, Paulding, Seneca e Willians. Já do Grupo P3 podem ser citados: Erie,

Hancock, Putnan, Richland, Sandusky, Wood, Wyandot e Morrow. Os resultados da espacialização dos níveis de produtividade indicam maior padrão e homogeneidade espacial entre os municípios que apresentam rendimentos acima de 3.000 kg/ha (Grupo P1). Estes representam aproximadamente 30% dos municípios estudados.

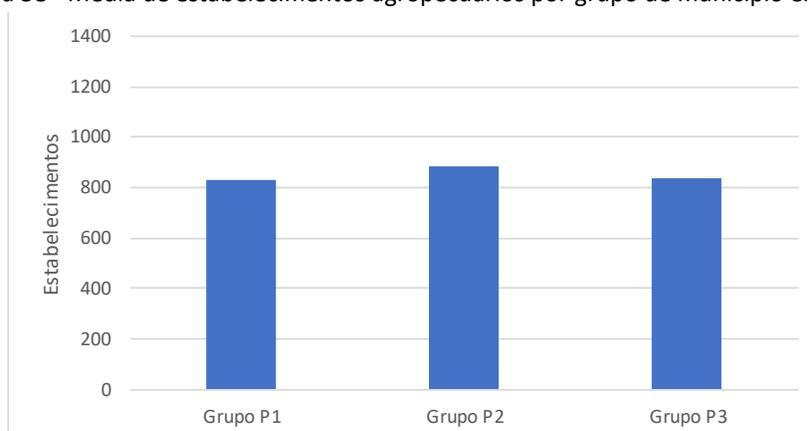
Os dois grupos restantes, P2 e P3, não se configuraram da mesma forma quando espacializados, ou seja, não existe um padrão espacial, pois mostram que, no caso do Grupo P2, há municípios distribuídos nas porções oeste e leste e no caso do Grupo P3 na região central e em direção a região leste, conforme supracitado. Os dados referentes ao perfil das propriedades agrícolas de Ohio mostram diferentes padrões se comparados os três grupos de produtividade, exceto pela análise dos dados referentes ao número de estabelecimentos com lavouras temporárias, que dados são bem próximos (Figura 57). Este perfil é evidenciado também ao analisar a quantidade média de propriedades agrícolas que cada grupo de município apresenta, assim como a área média em hectares das propriedades agrícolas (Figura 58 e 59).

Figura 57 - Número de estabelecimentos com lavouras temporárias no estado de Ohio



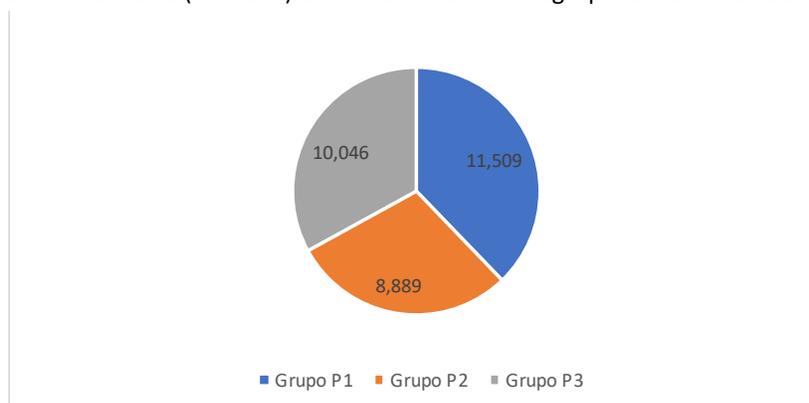
Fonte dos dados: *Census of Agriculture, USDA*. Org.: Carmello (2017)

Figura 58 - Média de estabelecimentos agropecuários por grupo de município em Ohio



Fonte dos dados: *Census of Agriculture, USDA*. Org.: Carmello (2017)

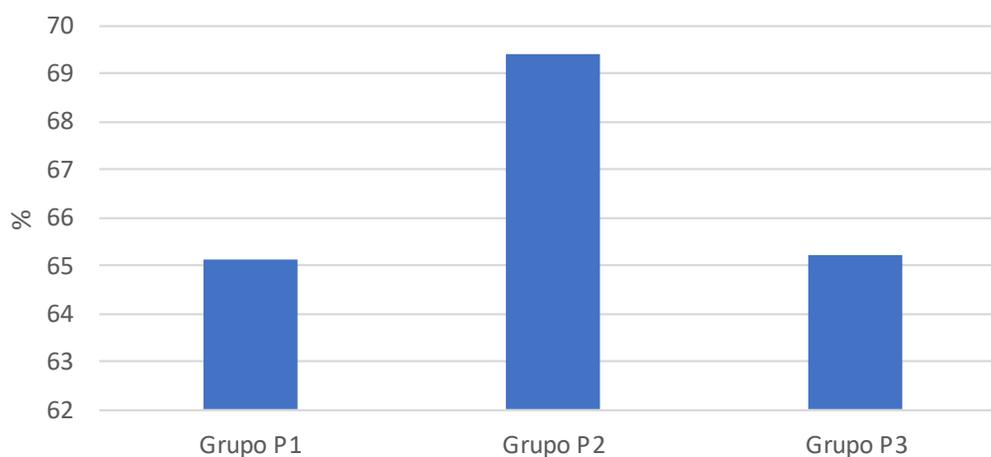
Figura 59 - Área média (hectares) dos estabelecimentos agropecuários no estado de Ohio



Fonte dos dados: *Census of Agriculture, USDA*. Org.: Carmello (2017)

Em relação à quantidade de estabelecimentos que realizaram algum tipo de benfeitoria ou manutenção em suas dependências, nota-se que praticamente 70% das propriedades do Grupo P2 realizaram algum tipo de melhoria na infraestrutura (Figura 60), além disso, verificou-se que são os municípios do Grupo P2 os que apresentam menor quantidade de propriedades com lavouras temporárias, isto é, pode-se estabelecer a relação de que são as lavouras permanentes que exigem o maior número de benfeitorias. Em média, 65% dos municípios do Grupo P1 e P3 realizaram algum tipo de melhorias em suas propriedades.

Figura 60 - Quantidade de estabelecimentos agrícolas que realizaram benfeitorias e melhorias até 2012



Fonte dos dados: *Census of Agriculture, USDA*. Org.: Carmello (2017)

É importante destacar as diferenças entre os três grupos nos mapas da Figura 61, pois o objetivo é mostrar separadamente os municípios de cada grupo de produtividade, assim como os valores e as variações de produtividade entre os municípios de cada grupo, entretanto, não se deve afirmar que existem diferenças nos modos de produção agrícola entre os municípios do noroeste de Ohio, afinal, historicamente partilham da mesma trajetória de formação social, físico-territorial e econômica. Nas representações, é possível identificar um padrão anual de queda e aumento de

produtividade, se considerados os três grupos; o ano de 2002, por exemplo, foi um ano cuja soja apresentou quedas nos municípios dos três grupos de produtividade, bem como no ano de 2008. Em 2011, por exemplo, as quedas foram mais acentuadas nos municípios do Grupo P2 e P3, e com baixa variação espacial no Grupo P1, característica registrada também no ano de 2000.

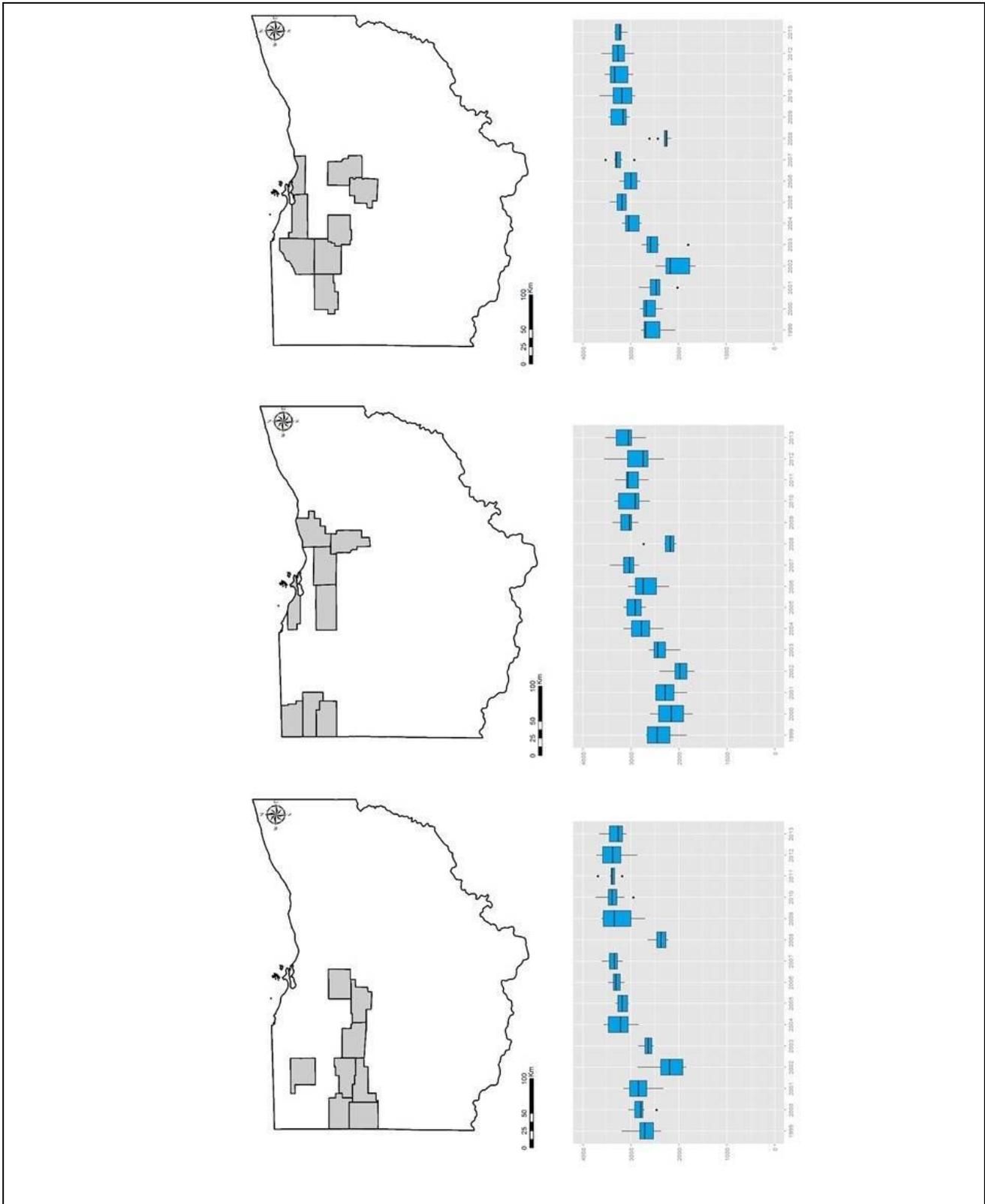
Outro ponto importante na análise da soja nos Estado Unidos é o fato de que 80% dos municípios estudados em Ohio apresentaram tendência de aumento da produtividade (valor representando pelo teste de tendência).

No caso de Ohio, estes resultados relacionam-se com o teste de agrupamento, pois os municípios com tendência de aumento se distribuem, tanto entre os que apresentam alta, quanto média produtividade. Pode-se concluir que as características agrícolas de Ohio representam as formas e tipos de agricultura que existem nos Estados Unidos, ou seja, valores altos de rendimento; quando analisados os gráficos de produção, área plantada e produtividade na escala dos países notou-se exatamente esse perfil de alto rendimento associado aos Estados Unidos, cujos dados classificam o país como o primeiro no ranking de produção de soja.

Outra conclusão associada à produção de soja em Ohio é a aproximação que existe se comparada ao norte do Mato Grosso: ambos lideram os resultados e representam os valores mais altos de produtividade anual na atual comparação. A diferença entre as duas regiões é a menor variação anual apresentada pelo Mato Grosso.

No próximo subcapítulo encontram-se as análises para o estado indiano de Madhya Pradesh e de seus municípios representativos.

Figura 61 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no noroeste de Ohio

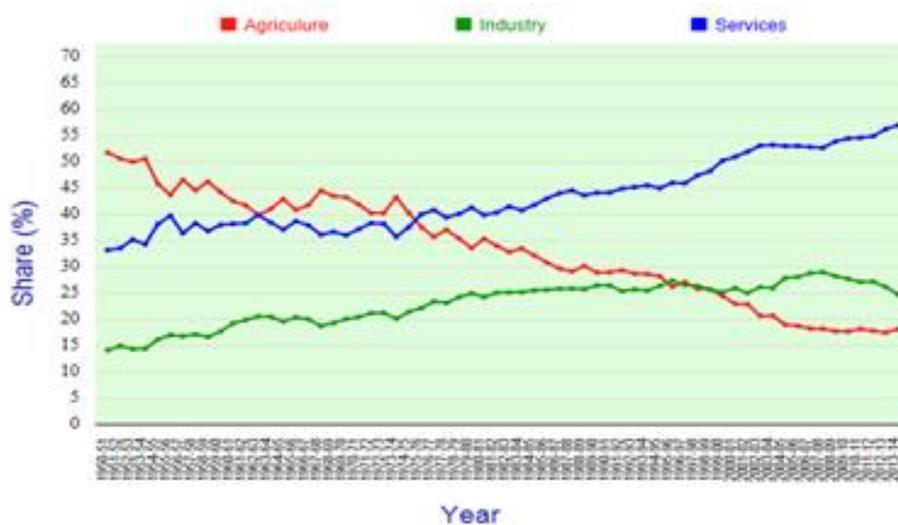


Org.: Carmello (2015)

### 3.12 - Indicadores regionais de produtividade para uma região representativa da Índia: o caso de Madhya Pradesh

Desde 1947, período posterior ao processo de independência, a Índia realizou um progresso notável através dos anos que seguiram a partir de 1951. Como resultado, os cenários sociais e econômicos do país mudaram consideravelmente. O número de indústrias e serviços (segundo e terceiro setores) aumentou (Fig. 62), acompanhando também a melhoria das condições sociais, com resultados positivos quando analisadas, por exemplo, as taxas de alfabetização (BHARATI et al., 2014).

Figura 62 - Diferenças nas estruturas econômicas da Índia desde 1950 até 1999



Fonte: Kumar et al. (2004)

Embora os números sejam favoráveis e apontem “melhorias” nas estruturas econômicas e sociais da Índia, os autores supracitados indicam que há muito a ser levado em consideração para admitir que houvesse e há transformações significativas, sobretudo em relação às desigualdades sociais entre as camadas da população. Bharati et al., (2014) analisaram dados relacionados ao leste da Índia na tentativa de quantificar a extensão frente ao desenvolvimento social e econômico. O leste da Índia (Índia Oriental) apresenta marcada potencialidade para o incremento agrícola, porém os dados relacionados à produtividade indicam valores baixos de rendimento e, se considerarmos o perfil do produtor agrícola desta região do país, percebe-se que uma considerável parcela continua muito aquém das necessidades mínimas e básicas de subsistência. As figuras 63 e 64 ilustram a realidade agrícola da Índia o que apresenta mudanças significativas parecidas com o contexto brasileiro.

A agricultura é a espinha dorsal da economia da Índia embora sua contribuição para o produto interno bruto (PIB) diminuiu de 57% em 1950-51 para 28% (1998-99) devido

principalmente ao crescimento de outros setores da economia (KUMAR et al., 2004). Ela tem alimentado ou fornecido elementos para a produção de alimento para 17,5% da população mundial com apenas 2,4% das terras destinadas à agricultura e 4% dos recursos hídricos à sua disposição.

Este perfil é bastante próximo daquilo que ocorreu em outros países “emergentes” de capital ainda periférico (Brasil, África do Sul, e Coréia do Sul). Embora as características econômicas da Índia ainda voltarem-se para a produção agrícola, outros setores vêm se sobressaindo ao longo das últimas décadas. A indústria de ponta relacionada à confecção de software e produtos eletrônicos aumentou consideravelmente na Índia e as principais empresas de *callcenter* e de venda pela internet instalaram-se no país, representando hoje um importante polo gerador de empregos.

Figura 63 - Perfil de propriedade de soja na Índia



Fonte: hindu stan times (2016)

Figura 64 - Perfil de propriedade de soja na Índia



Fonte: hindu stan times (2016)

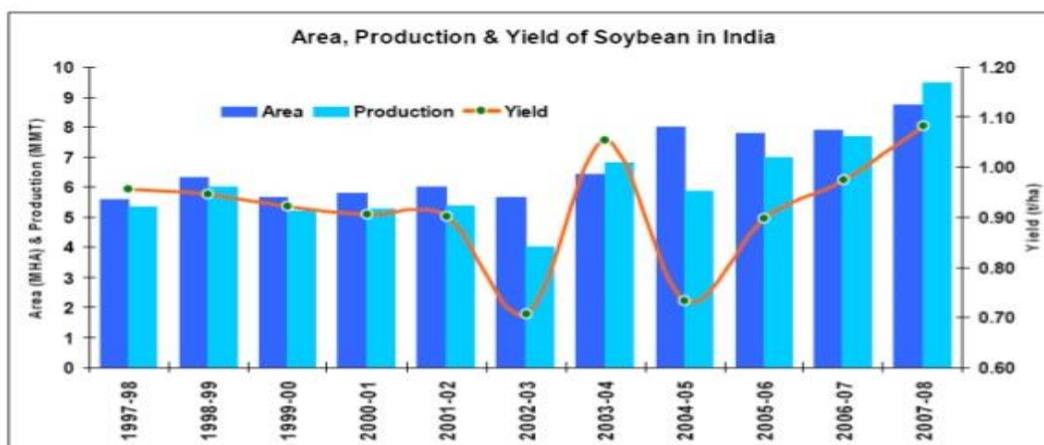
O cultivo de soja, como uma cultura, começou realmente na Índia no início dos anos 70 em uma área de cerca de 30.000 ha. A área cultivada cresceu gradualmente e de forma constante ao longo de décadas. A lavoura de soja atualmente abrange uma área de cerca de 12 milhões de hectares, com uma produção total de aproximadamente 14 milhões de toneladas. Os três maiores estados produtores de soja são Madhya Pradesh, Maharashtra e Rajastão. Devido ao fato de possuir e sustentar uma grande parte da área de soja (cerca de 57% neste momento), Madhya Pradesh é chamado “o estado da soja” (TIWARI, 2017).

Segundo Lala et al., (1999 p. 54), nos últimos anos, a soja surgiu como uma das principais culturas agrícolas da estação chuvosa na Índia central. Ela foi introduzida no território Indiano em 1977 via rio Naga, provavelmente oriunda da China. Hoje a produção e cultivo da soja na Índia ainda são restritas a alguns estados do centro do país, onde os principais estados produtores são: Madhya Pradesh, Uttar Pradesh, Mahacashtra e Gujarat. No continente asiático, a Índia tornou-se um dos principais exportadores deste produto, sobretudo para outros países da Ásia como a Coreia do Sul, as Filipinas, a Tailândia e o Japão, o que representa 84% da sua produção (KOTIAN, 2008).

O estado de Madhya Pradesh tem se destacado por ser a região com maior representatividade agrícola e em especial quanto a soja, justamente por conta de representar o principal estado agrícola, com a maior parte de sua área destinada a agricultura (77%). Além disso, é responsável pela produção de 72% do total de soja produzido no país.

Lazarotto e Hirakumi (2009, p. 10) indicam que embora contribua com apenas 4,3% da produção mundial de soja, nas últimas duas décadas apresentou crescimento superior a 900%. A Índia é o segundo país mais populoso do mundo e aproximadamente 2/3 de toda a população indiana é vegetariana, ou seja, muito se espera da soja como fonte de proteína. Estas características podem justificar o aumento da produção desta oleaginosa na última década (KOTIAN, 2008). No Gráfico apresentado por Kotian (2008) verifica-se que houve aumento tanto na área destinada à esta cultura quanto nos valores de produção e produtividade (Fig. 65). Entretanto, ao avaliar a linha vermelha que representa o rendimento, percebem-se variações anuais bastante expressivas, principalmente em 2003 e 2005.

Figura 65 - Relação entre a área, a produção e a produtividade anual de soja na Índia



Source: Multi Commodity Exchange of India Ltd

Fonte: Kotian (2008)

Característica que também é observada nos dados referentes ao oeste de Madhya Pradesh. Considerado país continental, apresenta clima diversificado, características que a aproxima do Brasil e dos Estados Unidos (países continentais e diversidade climática). É um país cuja economia agrícola possui relação com o clima pela presença e influência das monções. Isto, conforme descrito na caracterização climática regional, representa muita importância e detém forte relação com as atividades humana no sul, centro e sudeste asiático.

Quanto à produtividade anual da soja no estado de Madhya Pradesh, optou-se por apresentar os dados de soja apenas das regiões representativas quanto a este cultivo, levando-se em consideração o mapa da FAO. Após determinar o estado de Madhya Pradesh como representativo, coletaram-se os dados para os municípios do Oeste. No total foram coletados dados de 16 municípios (distritos), pois conforme descrito nos procedimentos, a ausência de dados nesta região da Índia é frequente e a apresentação dos mesmos, bastante irregular. Foram realizados alguns testes estatísticos preliminares que indicam baixo rendimento anual, principalmente se comparado às demais regiões estudadas (Tabela 18).

Tabela 18 - Estatística descritiva para os dados de produtividade soja da região oeste de Madhya Pradesh<sup>10</sup>.

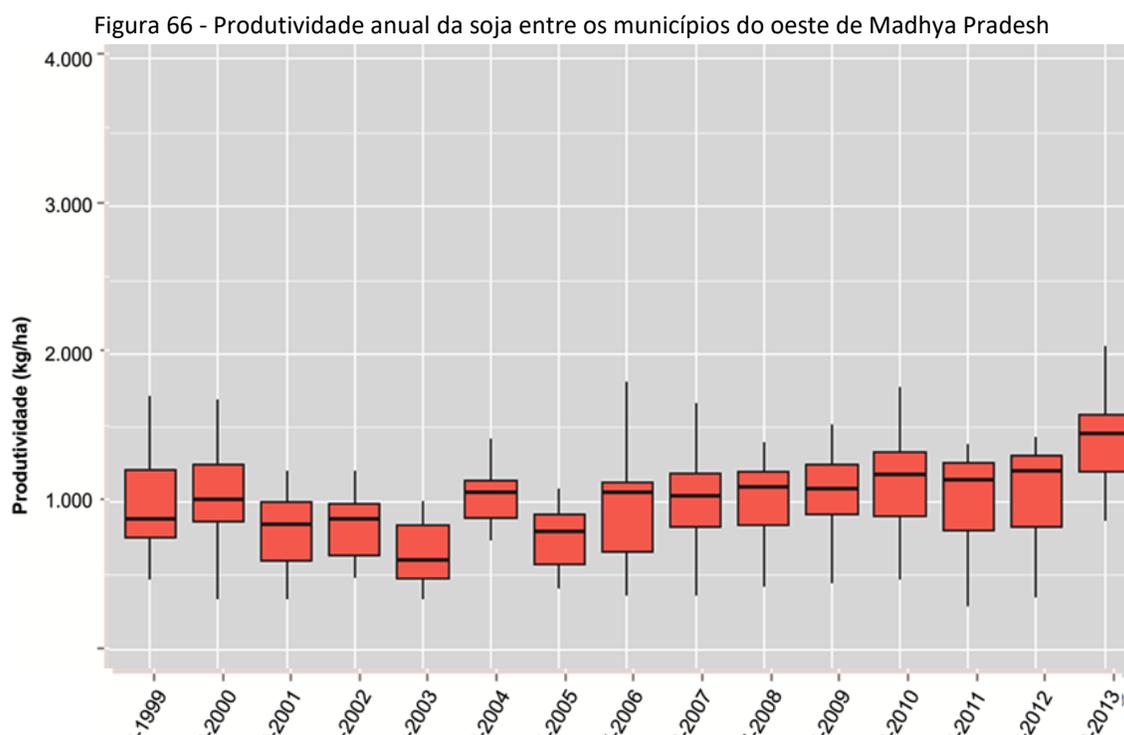
Anos	Mínimo	Máximo	Média
1999	0.461	1.709	0.989
2000	0.332	1.691	1.051
2001	0.332	1.201	0.794
2002	0.482	1.200	0.837
<b>2003.</b>	<b>0.332</b>	<b>0.992</b>	<b>0.645</b>
<b>2004</b>	<b>0.730</b>	<b>1.417</b>	<b>1.045</b>
<b>2005</b>	<b>0.408</b>	<b>1.084</b>	<b>0.765</b>
2006	0.356	1.809	0.993

<sup>10</sup> Em destaque estão os anos de maior variação anual, onde foram aplicados o teste de B.H.

2007	0.355	1.663	1.002
2008	0.416	1.395	1.030
2009	0.441	1.517	1.070
2010	0.464	1.770	1.136
2011	0.287	1.388	1.043
2012	0.348	1.436	1.085
2013	0.862	2.051	1.415

Org.: Carmello (2016)

Os menores e maiores valores da série de dados foram registrados no mesmo município. O menor valor registrado em 2011, no município de Barwani. Neste ano os valores de produtividade não foram maiores que 0.287 kg/ha, conforme dados representados pela Tabela 18. O valor máximo de produtividade foi registrado em 2013, também em Barwani, o qual alcançou 2.051 kg/ha. A característica que define a produtividade de soja na Índia possui relação com a marcada variação dos registros, especialmente se analisados os 16 distritos (Fig. 66).

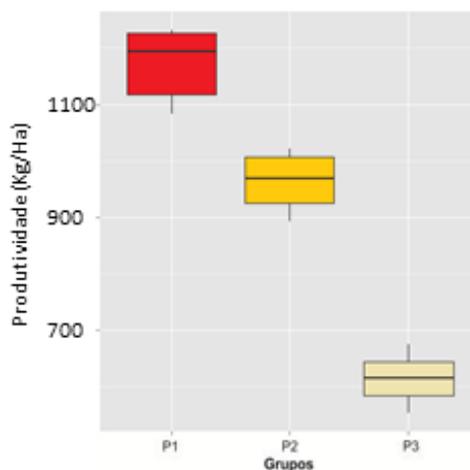


Org.: Álvares (2015)

Estes valores apresentam amplitudes consideráveis entre aqueles de alta produtividade e aqueles que apresentam menor produtividade, indicando considerável variação/distância entre os limites das caixas (Fig. 67). A produtividade de soja na Índia não é alta se comparada à dos municípios brasileiros e norte-americanos. São poucos os anos cujos valores registrados ultrapassam 2.500 kg/ha. A maior concentração dos municípios produz menos de 1.500 kg/ha por

ano. Os municípios que apresentam os menores registros de produtividade não produziram mais que 500 kg/ha ao ano.

Figura 67 - Grupos de produtividade conforme a média das 15 safras



Org.: Álvares (2015)

A análise indica variação espacial, porém com menor variação anual dos valores, o que define certo padrão. O ano de menor variação entre os municípios e, conseqüentemente, de maior produtividade foi o ano agrícola de 2004. O ano com maior produtividade, porém com maior variação entre os municípios, foi o ano agrícola de 2013. Os anos com baixa produtividade foram 2003 e 2005 e a maior variação entre os municípios ocorreu em 2006. Com a técnica de agrupamento hierárquico é possível verificar quais municípios produziram mais ou menos soja. E, no caso indiano, existem diferenças marcadas entre os municípios com maior rendimento e os que registraram menor rendimento (Fig. 68 e Tabela 19). Dos 16 municípios Indianos analisados, 7 deles produziram valores médios anuais acima de 1100 kg/ha. Outros 7 municípios apresentaram valores acima de 900 kg/ha e os menores valores mostraram rendimento abaixo de 700 kg/ha.

Apesar da quantidade de municípios estudados se reduzida, se comparado às demais regiões, estes indicam padrões. Facilmente percebe-se que a Índia é um país que, apesar de uma vasta área destinada à agricultura, não apresenta o rendimento comparável ou que se aproxime aos demais países estudados – Brasil e Estados Unidos. O que indica a necessidade de destinar maiores parcelas de terra para agricultura para se alcançar valores de produção que sejam relevantes para o mercado e para as exportações. A produtividade, se comparada à produtividade das demais regiões pesquisadas, fazendo destes valores importante indicador da característica da agricultura que é produzida e realizada neste país.

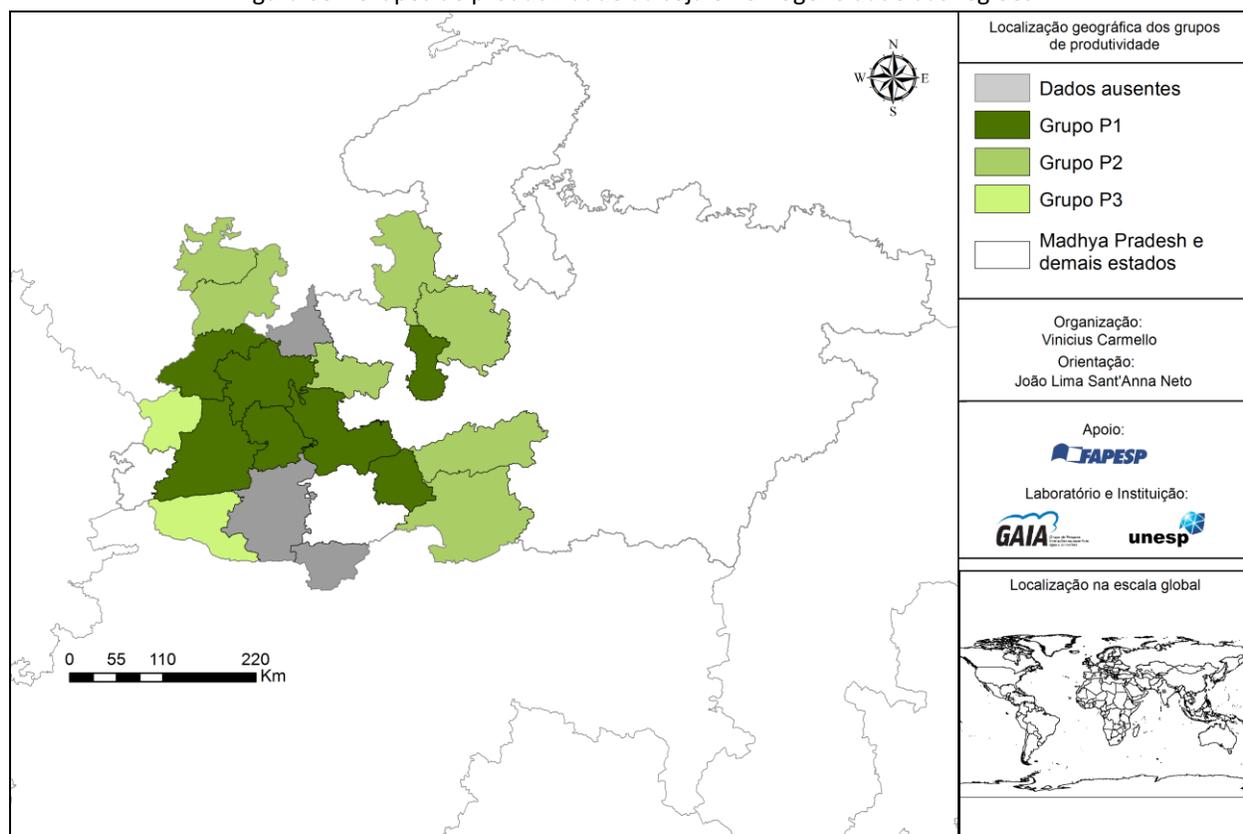
Tabela 19 - Classes para definir os grupos de produtividade

Grupo	Municípios	Média	Mínimo	Máximo
Grupo P1	7	1175	1100	1250
Grupo P2	7	1000	900	1100
Grupo P3	2	615	550	680

Org.: Carmello (2015)

Pode-se dizer que existe padrão espacial entre os municípios que apresentam maior rendimento de soja e estes se localizam na região central da área de estudo. Os demais municípios que constituem os grupos P2 e P3 não apresentam o mesmo padrão (Fig. 68), pois não seguiram a mesma ordem observada pelos municípios do primeiro grupo. Pode-se afirmar que existem municípios que controlam os rendimentos de soja nessa região da Índia, os principais municípios do oeste de Madhya Pradesh: Bhopal, Dewas, Dhar, Harda, Indore, Ratlam e Ujjain. Apesar da menor representação espacial, os municípios do Grupo P2 foram aqueles que apresentaram tendência de aumento da produtividade, ou seja, seguem padrões representados pelos municípios do Grupo P1, a saber: Betul, Guna, Hoshangabad, Mandsaur, Neemuch, Shajapur e Visisha.

Figura 68 - Grupos de produtividade da soja e homogeneidade das regiões



Org.: Carmello (2015)

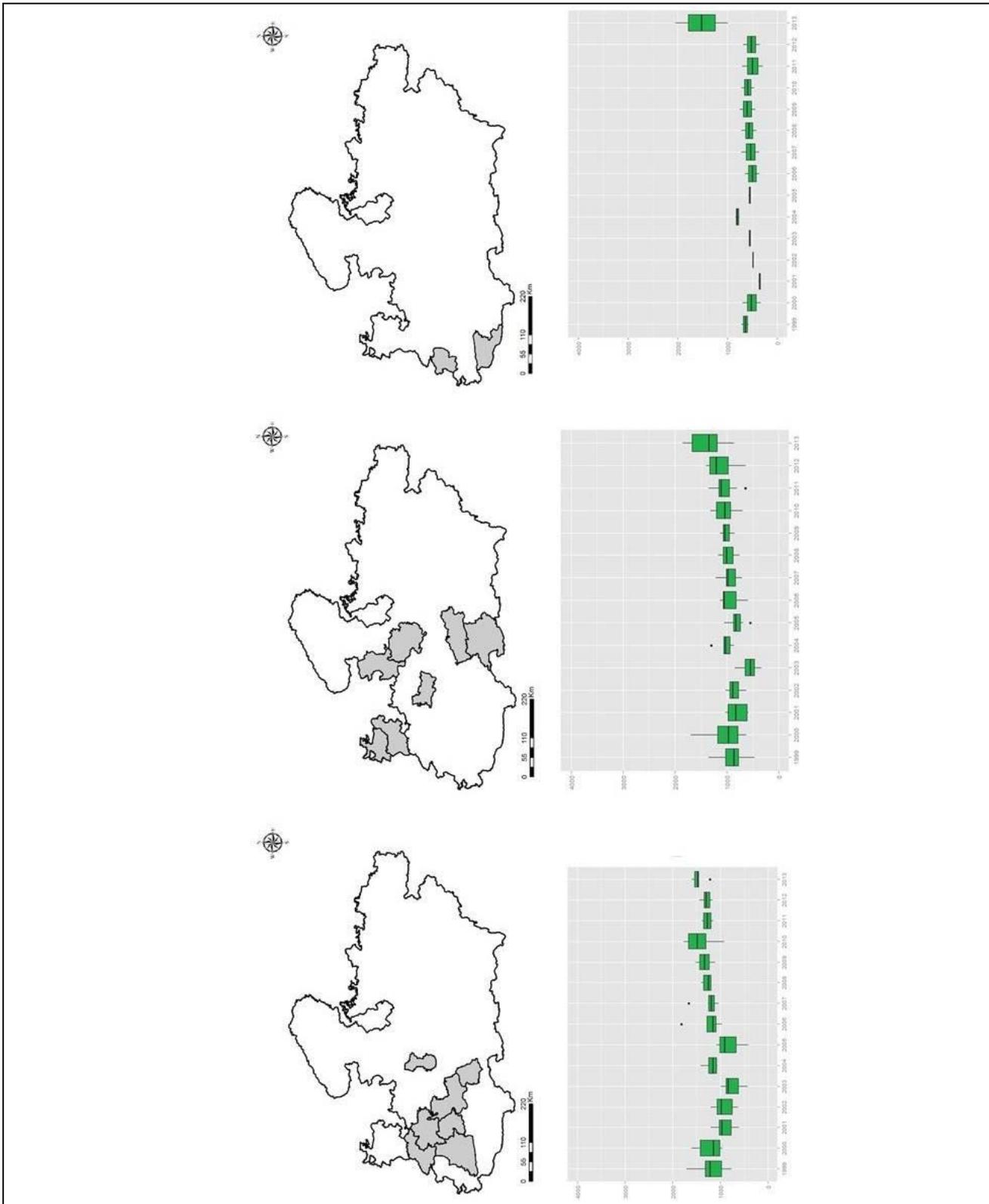
Os municípios de baixa produtividade que compõem o Grupo P3 são: Barwani e Jhabua. Vale lembrar que alguns municípios Indianos apresentaram tendência positiva de aumento da produtividade, resultado que foi explorado na análise integrada das quatro regiões. Entretanto, estes não são os mesmos municípios que foram agrupados àqueles de maior rendimento, mas sim os municípios do Grupo P2 de média produtividade.

O resultado de tendência pode indicar não só o fato dos municípios do Grupo P2 estarem seguindo a tendência dos municípios do Grupo P1 como também relacionar-se com o que é observado em toda a porção do país que tem destinado as áreas agrícolas para o cultivo da soja: os valores anuais de rendimento de soja são maximizados, seguindo a tendência do país.

Os municípios que mais produzem e que, conseqüentemente, são os que apresentam maior produtividade formam uma região bastante densa (Fig. 69), exatamente onde o mapa da FAO indica ser a principal região produtora do país, característica que a aproxima das demais regiões comparadas nesta tese (Brasil e EUA), uma vez que nestas outras regiões, os municípios que representam o Grupo P1 também apresentam padrão espacial, ou seja, configuram regiões homogêneas.

Não foi possível coletar os dados referentes ao perfil agrícola das propriedades da Índia por indisponibilidade.

Figura 69 – Regionalização da soja por grupo de produtividade no oeste de Madhya Pradesh



Org.: Carmello (2015)

## 4 - VARIABILIDADE DAS CHUVAS EM REGIÕES PRODUTORAS DE SOJA NO BRASIL, NOS ESTADOS UNIDOS E NA ÍNDIA: ANÁLISE INTER ANUAL

*In the past, great catastrophes were seen as 'Acts of God'.*

*SMITH (2007)*

### 4.1 – Introdução

Cerca de 100 mil agricultores indianos se suicidaram entre 1993 e 2003. A maioria tomou pesticida para se envenenar. A epidemia de suicídios é o ângulo mais dramático da crise que assola o campo, em que 60% da população está empregada na Índia e se as monções falham, estes não conseguem pagar suas dívidas (MELLO, 2008).

Talvez este tipo de referência tenha sido umas das mais intrigantes e a que chamou a atenção para as questões relacionadas ao risco econômico e a relação de dependência que ainda existe entre o clima e a agricultura e, se ainda existem países que, com a inserção da técnica, conseguem minimizar tais efeitos, outros ainda padecem sem qualquer forma de controle, o que os leva a recorrer às orações e aos deuses “que controlam as chuvas de verão”, para que as estas se distribuam de forma adequada ao desenvolvimento das plantas. Logo, a questão do risco econômico relacionado às perdas de safras agrícolas detém marcada influência no desenvolvimento desta pesquisa.

O fato de considerar a relação sociedade e natureza como componente teórico para prosseguir com as pesquisas leva a buscar as relações de troca, ora positivas ora negativas, que o meio e o homem apresentam cotidianamente. Se o risco econômico é maior nas propriedades rurais da Índia e menos intensas nos Estados Unidos, isto é resultado do tipo de manejo que é aplicado nestas regiões. Não foi por acaso o interesse do autor por embasar-se teoricamente no livro de Smith e Petley (2007). A relação com sua pesquisa mostrou-se a partir do momento que Smith e Petley (2007) realizaram os primeiros questionamentos acerca da gênese dos problemas ambientais que possuem relação direta à intensificação dos riscos em diferentes países do globo.

Logo no início os autores afirmam que, apesar dos problemas ambientais serem mais pesquisados em áreas urbanas, a relação com a agricultura é evidenciada quando se considera seu crescimento por consequência da intensificação da urbanização e crescimento da população que se concentra nos grandes centros. Salienta-se também o aumento das desigualdades sociais que existem entre as classes, entre os países de capital central e os países de capital periféricos – com relação aos grandes proprietários rurais, que conduzem as formas de agricultura, a terra voltada a monocultura, produção de *commodities*, grãos e gado, longe do interesse dos pequenos e médios produtores rurais. Processos estes que levam os pequenos e médios produtores à segregação e exclusão, além de aumentar sua vulnerabilidade e exposição aos riscos.

Smith e Petley (2007) trazem os seguintes questionamentos para relacionar a questão das desigualdades com o agravamento e aumento dos riscos: estaria o mundo se tornando um lugar mais perigoso? Seria ocasionado pelo aumento dos desastres ou outros fatores? Porque ainda existem nações vulneráveis a alguns eventos naturais? O que são os desastres? Os desastres criam os mesmos problemas em comunidades ricas e pobres? Qual o principal objetivo e forma de mitigar os desastres no futuro? É possível viver em total “*risk-free*”?

A partir destes questionamentos foi possível associar, pelo menos de forma inicial, àquilo pretendido nesta tese, sobretudo onde Smith reflete e descreve acerca da questão de ainda existirem nações vulneráveis à alguns eventos naturais e outras não, assim como quando questiona o fato dos desastres não criarem os mesmos problemas em comunidades ricas e pobres. Para este autor, os “azares” e os desastres mudaram significativamente durante três fases da história:

- Pré-1950: Os terremotos na forma de desastres e alagamentos estavam associados com as crenças religiosas e a punição divina.
- 1950-1999: Os fenômenos naturais não são fenômenos isolados, são fenômenos que possuem relação direta com a sociedade. O interesse aumenta por parte de diversas áreas da ciência. Meteorologia, Geografia etc.
- 2000-Onwards: As pesquisas continuaram crescendo em escala e diversidade.
- O fato de serem vulneráveis é o menor dos problemas perto daquilo que realmente sofrem diariamente.

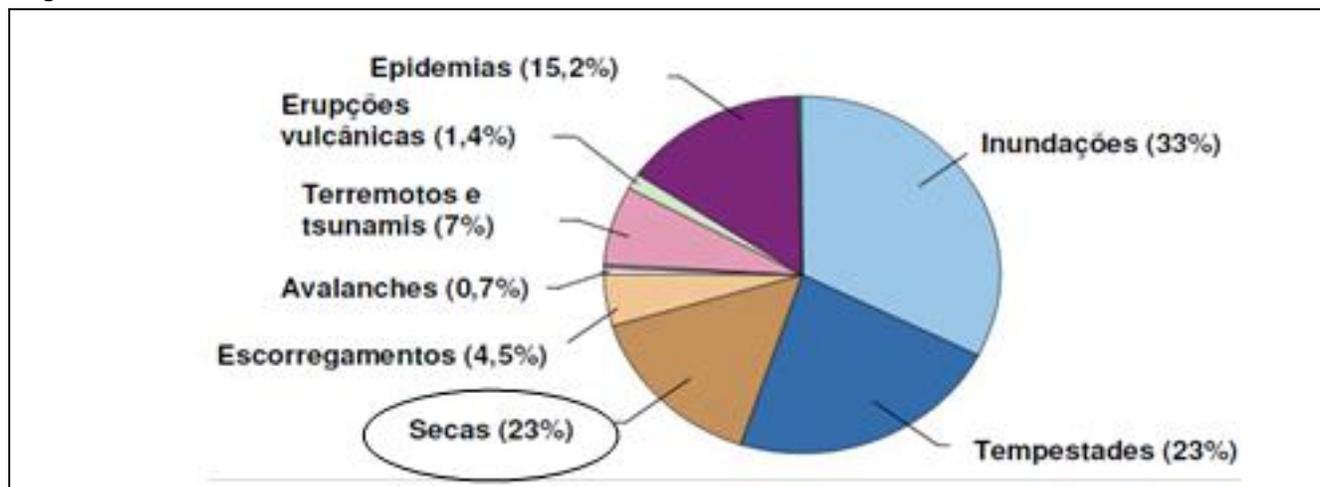
Quanto ao fato de ainda existirem nações mais vulneráveis a alguns eventos naturais e outras menos, este mesmo autor descreve que tais acontecimentos foram considerados como mero 'disparo' dos problemas mais profundamente enraizados e de longa data. É uma interpretação radical do desastre que, ao contrário do paradigma comportamental, raramente é específico do perigo, reside mais nas características comuns em longo prazo da catástrofe e salienta os limites para a ação individual imposta por forças na escala global. Afinal, o paradigma de desenvolvimento está intimamente associado com aquilo descrito por Wisner et al., (2004), que prevê desastres como resultante do confronto de duas forças opostas: os processos socioeconômicos que criam vulnerabilidade humana e os processos naturais que criam riscos geofísicos.

Um ponto importante do primeiro capítulo de Smith é o fato de haverem relações expressivas quanto ao fato do maior número de desastres e perdas de vida humana ocorrer em países de capital periféricos. Esta colocação suscita a comparação com o estudo abordado nesta tese e o questionamento: o mesmo ocorre com relação à agricultura? Estariam os médios e pequenos produtores dos países periféricos mais vulneráveis à períodos de estiagem em comparação com os produtores agrícolas dos países centrais?

O mesmo autor afirma que os problemas sociais em curso, como a desnutrição crônica, as doenças e os conflitos armados tem maior incidência entre a população mais vulnerável, localizada em ambientes inseguros, tais como habitação frágil, encostas íngremes ou áreas sujeitas a

inundações, seja esta população composta pelo proletariado rural (despossuídos de terra) ou pelo proletariado urbano (ocupador das favelas). É observado em escala global, por exemplo, a representatividade cujo fenômeno da seca detém quando comparado aos demais desastres naturais. Este tipo de desastre está atrás apenas dos fenômenos de inundações e tempestades (Fig. 70).

Figura 70 - Os desastres naturais em escala mundial – 1994-2003



Fonte: Sílvia M. Saito.

Apesar de serem fenômenos distintos, a seca e a estiagem provocam, no primeiro caso considerando uma escala de tempo superior e no segundo uma escala de tempo inferior, de 10 a 20 dias, perdas irreversíveis quando atinge as áreas produtoras de determinadas culturas cuja fenologia exige água em abundância em determinado período de seu ciclo. Vale ressaltar, antes de se ater às características da variabilidade climática, que tanto o tempo quanto o clima estão presentes no cotidiano da sociedade e influenciam diretamente a maioria das suas atividades. Os elementos meteorológicos são fatores importantes no dia a dia da maioria da população das diversas regiões do planeta, repercutindo na agricultura, na pecuária, no turismo e lazer, nos transportes e na vida das grandes cidades (SANT'ANNA NETO, 2013).

Para concluir, é importante destacar que o estudo do clima e seus impactos devem atingir dois níveis:

1 - o da dimensão socioeconômica e o da dimensão ambiental. Essa construção teórico-metodológica incorpora a dimensão social na análise climática, e a influência dos fenômenos atmosféricos e dos padrões climáticos na estruturação do território;

2 – no cotidiano da sociedade, ou seja, é necessário balancear as concepções físicas e sociais (SANT'ANNA NETO, 2008; SMITH e PETLEY, 2007).

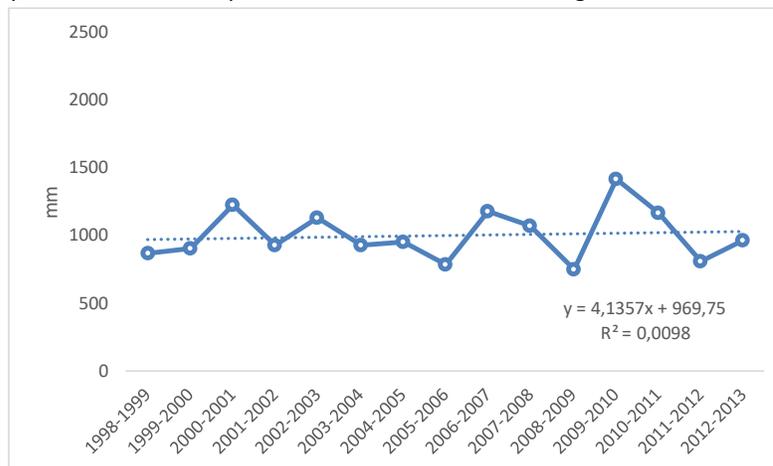
## 4.2 - Quanto ao conceito de variabilidade em análises climatológicas

Um dos fenômenos físicos decorrentes da variabilidade climática é a variabilidade da precipitação pluvial, um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas que maior influência exerce na qualidade do meio ambiente. As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO; BERLATA E MENDONÇA, 2008).

A agricultura é, dentre as atividades econômicas, a mais dependente das condições meteorológicas, sendo o clima e sua variabilidade o principal fator de risco para o agronegócio (SENTELHAS, 2014). Por este motivo é necessário entender exatamente o que este conceito significa. Para Sentelhas (2014), enquanto o termo clima descreve a situação média dos eventos meteorológicos de uma região, a variabilidade climática se refere às oscilações destes eventos de um ano para outro (variabilidade interanual) ou de um local para outro (variabilidade espacial), fazendo com que a cada ano, em cada local, se tenham condições meteorológicas distintas.

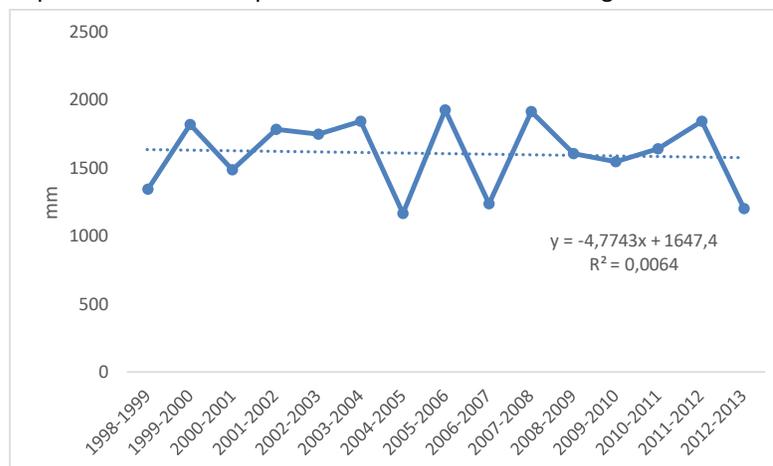
A variação espacial e a flutuação temporal são características inerentes ao tempo e ao clima (ANGELOCCI e SENTELHAS, 2007). A variabilidade climática é vista como a alteração de curto prazo nas características climáticas, sem que haja mudança do clima (CHRISTOFOLETTI, 1989). É entendida como uma propriedade intrínseca do sistema climático terrestre, responsável por oscilações naturais nos padrões climáticos, observados em nível local, regional e global (CONFALONIERI 2003, p. 194). Segundo Conti (2005), variabilidade é produto tanto do espaço quanto do tempo. Envolve a atmosfera, oceano, superfícies sólidas, neve, gelo, etc., e sua atuação nunca é igual de um ano para outro, e nem de década em década, pois são verificadas flutuações em curto, médio e longo prazo. Nas Figuras 71, 72, 73 e 774 são observadas a variabilidade pluviométricas em período de safra nas quatro regiões de estudo.

Figura 71 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas no Rio Grande do Sul



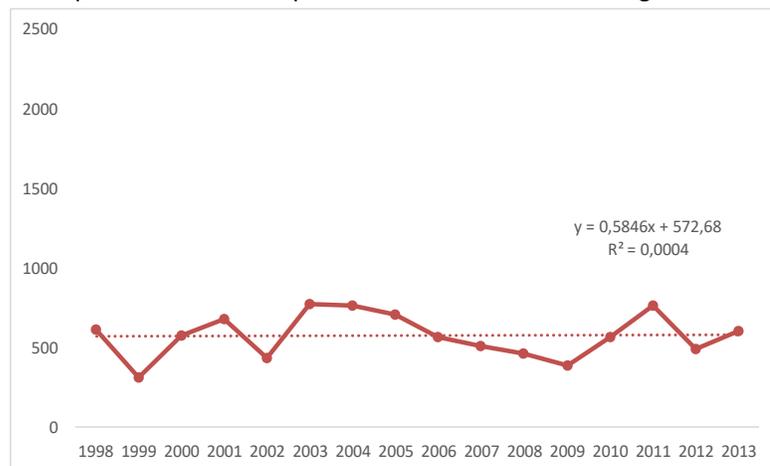
Org.: Carmello (2017)

Figura 72 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas no Mato Grosso



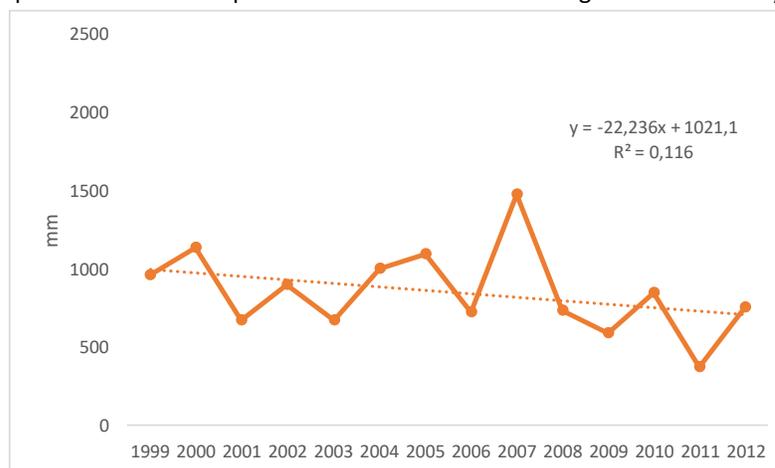
Org.: Carmello (2017)

Figura 73 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas em Ohio



Org.: Carmello (2017)

Figura 74 - Exemplo de variabilidade pluviométrica durante os anos agrícolas em Madhya Pradesh



Org.: Carmello (2017)

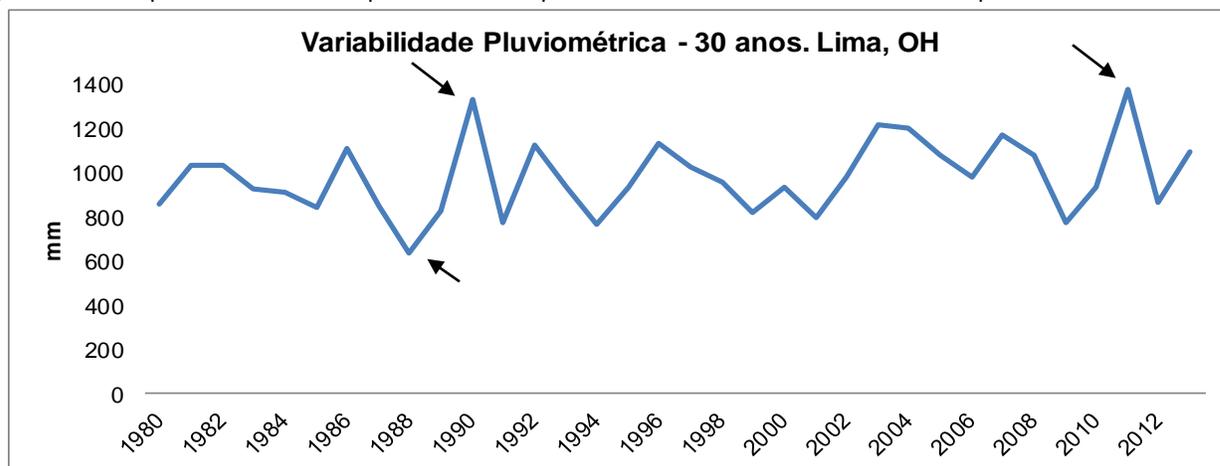
Para Sant'Anna Neto e Zavattini (2000) são as flutuações climáticas que, dependendo da escala temporal, podem caracterizar uma mudança climática ou apenas uma variabilidade - ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos. As principais definições quanto ao conceito de variabilidade climática consideram que existem alterações recentes nos valores de chuva e temperatura, sobretudo das médias e dos valores mínimos. Consideram também que a distribuição tem sido afetada e que, por exemplo, as chuvas têm sido mais intensas se analisados períodos sazonais.

Nunes e Lombardo (1995) discutiram a questão da variabilidade avaliando diversos artigos que de alguma forma voltam-se a isto, porém, à luz de diferentes propósitos, técnicas e áreas de abrangência. Nesta pesquisa, os autores averiguaram que não há consenso quanto à questão, o que leva a um estudo e conhecimento amplos deste objeto. Estas mesmas autoras discutiram que embora variabilidade seja uma componente conhecida da dinâmica climática, seu impacto, mesmo dentro de limites esperados, pode ter reflexos significativos nas mais diversas atividades humanas, como agropecuária, indústria e produção de energia. Para Angelucci e Sentelhas (2007), a combinação das escalas temporal e espacial dos fenômenos meteorológicos gera a variabilidade climática, que se refere às flutuações das condições meteorológicas e, por extensão, das condições climáticas em torno da média climatológica.

A variabilidade pode ser considerada a partir de sua curta duração no escopo da escala temporal do clima. Desse modo, tem-se a Escala Contemporânea, definida em contraposição à Escala Geológica (paleoclimas) e à escala histórica (instrumentos arqueológicos, relatos de viagens e registros primários dos elementos do clima) (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). É a análise contemporânea de dados climatológicos, ou seja, uma análise recente de um intervalo curto de tempo. Verificou-se que, para a Organização Mundial de Meteorologia, a variabilidade é a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio padrão ou coeficiente de variação.

Neste sentido, a variabilidade climática estaria muito mais relacionada à uma questão estatística que propriamente derivada da natureza. É definida por e partir do trabalho e da técnica humana. Abaixo seguem dois exemplos de como representar os dados de precipitação. Na primeira figura, o gráfico representa os totais anuais acumulados no noroeste do estado de Ohio num período de 30 anos. Repare nos picos de acúmulos máximos em 1990 e 2011 e mínimos em 1988 e 2009 (Fig. 75).

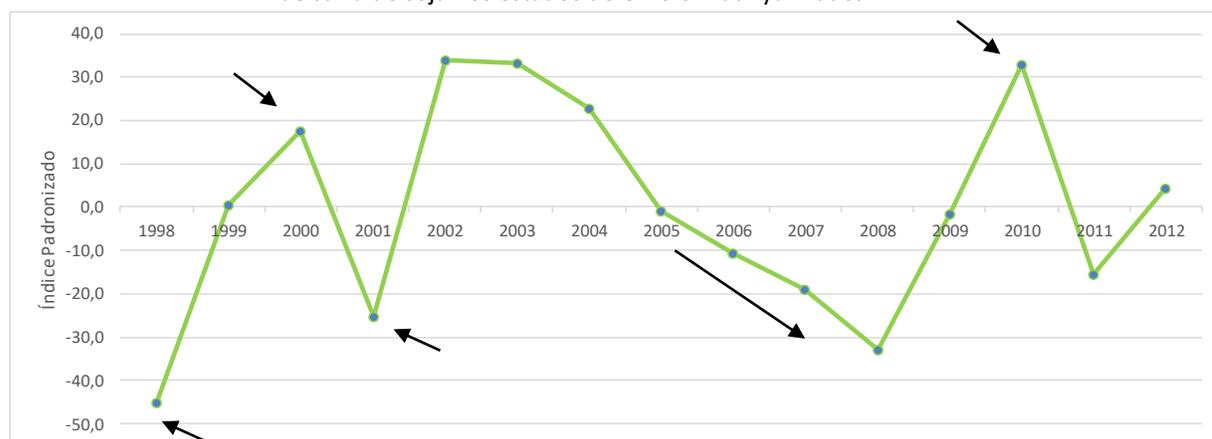
Figura 75 - Exemplo de variabilidade pluviométrica a partir dos totais anuais de chuva em um período de 30 anos



Org. Carmello (2016)

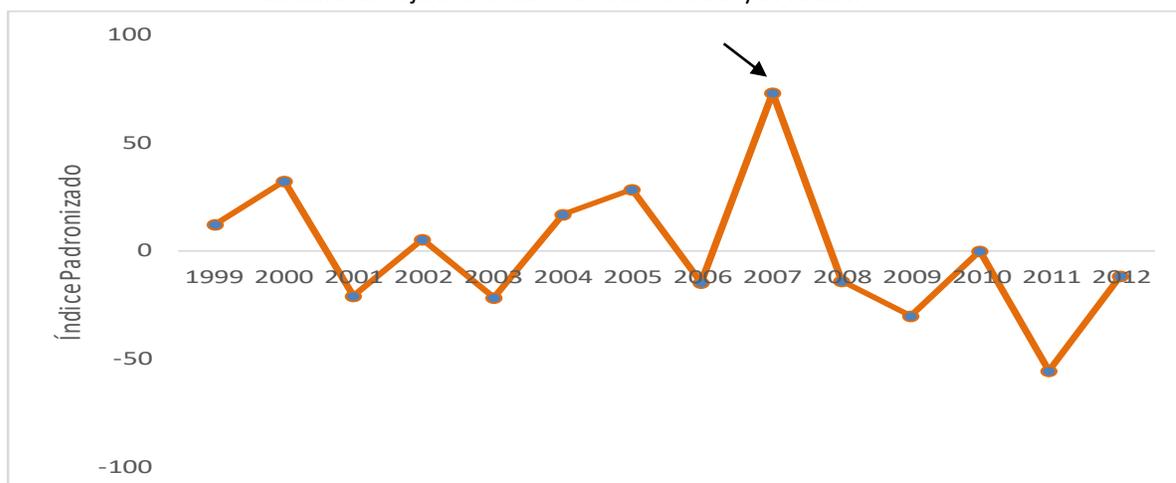
Outra forma de representação da variabilidade é a partir do valor referente ao índice de precipitação padronizado, que está associado ao monitoramento das condições de seca (Figura 76 e 77). Este método quantifica o déficit ou o excesso de precipitação em diferentes escalas de tempo, característica que torna este índice um valioso método para todos os estudos de disponibilidade hídrica, sejam eles de curta ou de longa duração (HAYES et al., 1999).

Figura 76 - Exemplo de variabilidade a partir do Índice Padronizado de Precipitação para o total acumulado no período de safra de soja nos estados de Ohio e Madhya Pradesh



Org.: Carmello (2018)

Figura 77 - Exemplo de variabilidade a partir do Índice Padronizado de Precipitação para o total acumulado no período de safra de soja nos estados de Ohio e Madhya Pradesh



Org.: Carmello (2018)

Do ponto de vista agrônomo, esta técnica é a mais usual, pois identifica os períodos de seca. Os dados de chuva que serão analisados neste capítulo, referentes a cada região e representados nos quadros tempo e espaciais, foram organizados utilizando a técnica de padronização. Compreender o significado do conceito de variabilidade em climatologia é compreender também que suas alterações anuais ou sazonais “interagem” com o meio social de forma bastante complexa e que as suas manifestações devem ser medidas a partir da avaliação dos impactos na superfície ocupada. É importante considerar que a variabilidade climática pode afetar de forma importante a vida econômica e social da população em geral, na geração de energia, nas atividades agrícolas, na indústria turística e, de forma indireta, em todo setor produtivo (BRITTO et al., 2008).

Na agricultura, a variabilidade climática pode interferir no desenvolvimento dos ciclos vegetativos das plantas. Se existem alterações nos padrões de chuva de ano para ano e se o agricultor não está preparado para este tipo de alteração, os impactos podem ser maximizados. Os impactos ora minimizados ou não pelo preparo ou manejo do território agrícola relacionam-se aos diferentes níveis de **vulnerabilidade**, mediados pela exposição ao **risco**. Ambos os conceitos serão definidos a seguir.

### 4.3 - Quanto ao conceito de vulnerabilidade: contextualização e definição em estudos climatológicos

No que se refere à vulnerabilidade, observa-se que em síntese sua definição possui relação direta com o conceito de risco e também está ligada à percepção que se tem deste (SILVEIRA, 2014). Para definir este conceito, Silveira (2014) utilizou a pesquisa de dez pesquisadores que tratam do tema, a saber: Cardona (2001); Busso (2002); Saito (2011); Veyret (2007); Leon (2006);

Marandola Jr. e Hogan (2004); Mendonca (2004); Deschamps (2004); Dantas e Costa (2009); Nascimento (2011).

A etimologia de vulnerável vem do latim *vulnerabilis* que significa “que causa lesão” e indica “ferida”, e é semanticamente conexo com o grego trauma, atos. Logo, constata-se que o sentido de vulnerabilidade tem uma conotação negativa e está relacionado sempre a perdas (SAITO, 2011). O IPCC (1999) define vulnerabilidade como o grau cujo sistema é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos adversos das alterações climáticas, incluindo a variabilidade climática e extrema.

Para o ODPM, a vulnerabilidade descreve as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou ativo que se tornam mais suscetíveis aos efeitos prejudiciais de um perigo. Há muitos aspectos de vulnerabilidade, decorrentes de vários fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais. A Organização Mundial da Saúde define vulnerabilidade como o grau em que uma população, indivíduo ou organização está capaz de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar dos impactos de desastres. O conceito de vulnerabilidade tem sido utilizado para a caracterização de grupos sociais que são mais afetados por estresse de natureza ambiental, inclusive aqueles ligados ao clima (CONFALONIERI 2003, p. 194).

Cunha (2013) define que o estudo da vulnerabilidade, ou melhor, das diferentes vulnerabilidades, depende do tipo de risco considerado, uma vez que diferentes processos perigosos afetam diferentes elementos, de diferentes modos, provocando, também, diferentes reações na busca de resistir ou se recuperar.

Vulnerabilidade é uma noção relativa - está normalmente associada à **exposição aos riscos** e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo. Em 1994, Blaikie et al., definiram o conceito como as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e recuperar-se dos impactos de um desastre climático.

Existem 4 quatro tipos principais de vulnerabilidade segundo o ODPM (2017):

- **Vulnerabilidade física:** pode ser determinada por aspectos relacionados aos níveis de densidade de população, o afastamento de uma ocupação social, lugar, materiais usados para a infraestrutura da habitação, etc.
- **Vulnerabilidade social:** refere-se à incapacidade das pessoas, organizações e sociedades em resistir à impactos adversos, devido às características inerentes às interações sociais desiguais, instituições e sistemas de valores culturais. Está ligada ao nível de bem-estar dos indivíduos, comunidades e grupos sociais. Inclui os aspectos relacionados com os níveis de alfabetização e educação, a existência de paz e segurança, acesso a direitos humanos básicos, sistemas de boa governança, equidade social, valores tradicionais positivos, costumes e crenças ideológicas e coletivo global de sistemas organizacionais.
- **Vulnerabilidade econômica:** é altamente dependente do status econômico dos indivíduos, comunidades e nações. Países pobres são geralmente mais vulneráveis aos

desastres, porque eles não têm os recursos para construir estruturas resistentes/adequadas e adotar outras medidas de engenharia no lugar para se proteger de impactos causados por desastres.

- **Vulnerabilidade ambiental:** é o esgotamento de recursos naturais e degradação de recursos. Estes são aspectos fundamentais da vulnerabilidade ambiental.

Na agricultura existe também o uso habitual do conceito de **suscetível**, porém existem distinções se comparado ao conceito de vulnerável. No caso, vulnerabilidade é o Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo (Ministério das cidades, 2012) e suscetibilidade indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência (Ministério das cidades, 2012).

Apesar disso, é importante salientar que a suscetibilidade na agricultura também é relativa à fisiologia de plantas, e envolve a tolerância a estresses bióticos e abióticos. Por exemplo, a soja é suscetível à seca e pode tolerar em média 10 dias sem água no solo, sem que inicie o processo de desidratação/perda hídrica. Ela também é tolerante à determinados tipos de pragas, e suscetíveis às outras, por exemplo a ferrugem asiática. Por isso existem esforços para criar variáveis de soja resistentes à seca. É coletado o gene de resistência de plantas daninhas os quais são inseridos na cadeia genética da soja. O objetivo é cada vez mais diminuir essa relação de **vulnerabilidade – suscetibilidade**.

#### 4.4 - Quanto ao conceito de risco: contextualização e definição em estudos climatológicos

O risco é a combinação da probabilidade de um evento perigoso e suas consequências, que resultam da interação (s) entre o natural ou de riscos ocasionados pela ação do homem, a vulnerabilidade, a exposição e a capacidade (UNISDR, 2015). A avaliação de riscos é uma abordagem para determinar a natureza e extensão do risco, analisando os riscos potenciais e avaliando as condições existentes de vulnerabilidade (BISWAS, 2015, p. 353).

Para o ODPM (2017), o risco é a potencialidade de perda de uma determinada ocorrência (em termos de vidas, estado de saúde, meios de subsistência, bens e serviços). Considera a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas esperadas (perdas, propriedade, meios de subsistência, atividade econômica interrompida ou danos ambientais) resultantes de interações entre riscos induzidos naturais ou humanos e condições de vulnerabilidade.

Este conceito é definido por Veyret (2007) como uma ameaça, de um perigo para àquele que está sujeito a ele e o percebe como tal. Esta autora classifica os riscos em ambientais, riscos industriais e tecnológicos, riscos econômicos, geopolíticos e sociais. Os riscos ambientais são resultantes de processos naturais (riscos naturais) que podem ser agravados pelas atividades humanas e pela ocupação do território. Castro (2000) define o risco como sendo a probabilidade de

realização de um perigo. Para Smith (2007), é a probabilidade de ocorrer um desastre e consequentemente ocasionar perdas.

Risco é a probabilidade de ocorrerem consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas, etc.), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (UNDP, 2004). É a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Para o Ministério das cidades (2012), quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.

O risco é a probabilidade de que um evento – esperado ou não - se torne realidade. A ideia de que algo pode vir a ocorrer, já então configura um risco. O risco considera os componentes antropogênicos e a noção de “possibilidade de perigo” (PELLETIER, 2007; DAGNINO e CARPI JR, 2007). Monteiro (1991) argumenta que o risco está ligado aos termos latinos *risicu* e *riscu*, ligados por sua vez a *resicare*, que significa cortar. Nesse caso o autor encara este sentido apropriado ao *hasard*, pois este significa uma ruptura numa continuidade, como um risco, contendo a ideia de corte-ruptura, como, por exemplo, [...] numa sequência de estados atmosféricos que se bifurcasse ou dirigisse a outras trajetórias menos prováveis ou inesperadas.

Processos perigosos, vistos através da sua probabilidade de ocorrência no tempo e no espaço, e a vulnerabilidade das populações, são as duas faces da “moeda” dos riscos, sejam eles naturais, tecnológicos ou mistos (DAUPHINÉ, 2001; REBELO, 2003). A fundamentação apresentada é bastante interessante e fundamental para embasar teoricamente a pesquisa sobretudo no que tange a questão da variabilidade climática, a vulnerabilidade e o risco.

#### **4.5 - O risco climático e a relação com a agricultura: pontos que justificam estudos entre o clima e a agricultura**

Compreender as interações entre a natureza e a sociedade é uma questão-chave para determinar as causas e as consequências das alterações climáticas globais (ARVOR et al., 2013). As variações climáticas interferem diretamente sobre os padrões de chuva e tem uma grande influência para o abastecimento de água da planta e, assim, uma influência decisiva sobre a agricultura (AYOADE, 1983).

E como os conceitos se aplicam e possuem relação com a à agricultura? Talvez a principal resposta esteja relacionada às **questões econômicas – vulnerabilidade econômica**. Afinal, não é necessariamente a planta de soja que está vulnerável numa situação de seca ou veranico, por exemplo, e sim, o que se encontra vulnerável é o conjunto de desencadeamentos que ocorrerá se a planta deixar de se desenvolver e cumprir o seu ciclo, pois existe uma cadeia produtiva com início, meio e fim que depende do bom desenvolvimento vegetativo desta planta, ou seja, a produção, o mercado, o financeiro, as instituições envolvidas e por fim, os produtores, trabalhadores, etc.

Para responder ao questionamento é necessário compreender que o clima é um dos elementos principais que determina a ocupação e a organização espacial do homem na Terra,

desde a sua sobrevivência e dos demais seres vivos, até as principais formas de produção. Outra característica que se deve considerar é o fato de que apesar da liderança no mercado agrícola mundial, produtos como a soja ainda são afetados por estresses bióticos e abióticos, destacando-se dentre estes a seca, que acarreta perdas nos países produtores (REIS et al., 2015, p. 1). Sobre a relação entre o clima, a agricultura e a sociedade Monteiro (1981) descreve que:

[...] se os processos de organização agrícola afetam negativamente o quadro ecológico, qualquer evento climático fora dos padrões habituais é capaz de deflagrar uma reação em cadeia que não só afeta a produção agrícola como danifica o ambiente. Ao mesmo tempo, o descompasso entre os benefícios econômicos e o seu retorno social, ao impacto de qualquer risco climático eventual, põe a nu toda a fragilidade da organização social.

É importante salientar que o fato do lucro e da renda dependerem de um processo sonoro e que qualquer evento que possa quebrar está sonoridade acarreta prejuízos, nos leva às perdas econômicas, onde se encontram os verdadeiros interesses em discutir a vulnerabilidade da agricultura. Como as plantas respondem de forma direta e indireta às condições meteorológicas, isto é, às variações de temperatura, radiação solar, chuva, umidade do ar, velocidade do vento e também à disponibilidade de água no solo, qualquer oscilação nestas variáveis meteorológicas irão repercutir no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade das culturas agrícolas (SENTELHAS, 2014). Almeida e Sant'Anna Neto afirmam que:

[...] a agricultura é uma das atividades de maior risco entre os setores da economia causada tanto por fatores externos como a instabilidade política e de mercado ou por fatores internos como a simultaneidade de tarefas, como a preparação do campo, mudas, tratamentos de crescimento de culturas, controle de pragas, controle de plantas daninhas e colheita.

Kimura (1998), por exemplo, defende dois tipos de riscos associados à agricultura, sendo o primeiro relacionado aos “riscos de produção” e o segundo aos “riscos econômico-sociais”. As alterações, as mudanças e a variabilidade climática nos períodos recentes tem ganhado visibilidade nos estudos da relação com a agricultura. Jat et al., (2015 p. 325) defendem que exista severa ligação em relação aos efeitos adversos do clima na produtividade agrícola e na segurança alimentar.

A vulnerabilidade econômica da agricultura pode ser descrita a partir da interação entre os elementos que incluem a economia nacional, tendências, trocas entre as economias e os ganhos, investimentos, preços e valores dos produtos agrícolas, produção e consumo deste produto, etc. Todos estes fatores exercem um papel fundamental para intensificar a vulnerabilidade econômica, particularmente em países de capital periférico e que possuem a agricultura como base econômica (FISHER, et al., 2002).

Martins et al., (2010) alertam, por exemplo, que é fundamental refletir que a magnitude do impacto da mudança climática sobre um sistema produtivo depende de sua vulnerabilidade aos fenômenos climáticos associados à esta mudança. Estes autores defendem que diferentes sistemas ou formas de produção agrícola podem apresentar distintos graus de vulnerabilidade aos efeitos da mudança climática, que podem ser eventualmente atenuados através do desenho de estratégias de adaptação apropriadas. Estas estratégias se materializam no campo através de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento agrícola, mas não necessariamente são desenvolvidas e elaboradas de forma integradora. Ainda existem muitos pequenos e médios proprietários que estão fora deste processo, estão excluídos e marginalizados. Estes ainda dependem da boa distribuição pluviométrica para obterem bons resultados ao concluir um período de safra.

Este exemplo dado por Martins et al., (2010) é bastante interessante, pois corrobora com Sant'Anna Neto em diversos aspectos, sobretudo quando este pesquisador realiza as mesmas fundamentações teóricas para o espaço urbano brasileiro, que é ocupado de forma bastante irregular. A realidade do campo não fica distante daquela observada no processo de ocupação das cidades, onde existem as áreas privilegiadas e as áreas excluídas e ocupadas de forma irregular.

Estes exemplos se fazem pertinentes nesta atual conjuntura pois possuem relação direta se forem analisados os principais países responsáveis por produzir alimento no mundo. Alguns basicamente agrícolas e outros com base econômica muito mais heterogênea, ou seja, integram indústria e agricultura de forma bastante eficaz. Estas diferenças refletem nas formas de manejo e conseqüentemente na relação entre clima e agricultura.

Azambuja (1996) reafirma estas características quando defende que, sendo a agricultura uma atividade de risco, está sujeita aos efeitos do tempo e do clima. A questão do risco no setor agrícola está associada, sobretudo, às possíveis perdas ou diminuições de produção/productividade, resultante, particularmente, da variação dos padrões de precipitação e temperatura em fases fenológicas das culturas. A agricultura como uma atividade de risco está diretamente ligada ao mercado, que conseqüentemente também se encontra em risco.

Portanto, pode-se concluir que a produção de alimentos não está condicionada apenas à variabilidade do tempo atmosférico, ela se condiciona também segundo o interesse de agentes sociais. Por exemplo, o acesso à água no meio rural pode ser escasso e privado em determinadas situações. Neste caso, a seca apenas não interfere na produção agrícola quando mitigada por meio de técnicas como a irrigação, por exemplo. Logo, o agricultor pobre permanecerá em situação de risco a menos que existam políticas sociais voltadas para a sua segurança, garantindo o seu acesso à água e às técnicas.

O risco climático na agricultura envolve duas variantes: o impacto ambiental e o impacto social. No primeiro, ele se evidencia no déficit hídrico, no que diz respeito à fisiologia da planta, que envolve tanto as pragas quanto as chuvas em excesso ou umidade muito alta, que pode criar condição ideal para a proliferação de fungos. E aqui o clima é o principal fator de variação da produção. No social, o risco se evidencia na alteração do preço, que também pode ser associado ao clima, mas como fator de alteração na balança comercial. O clima aqui é o elemento de

especulação e de subsídios de políticas públicas. A partir do momento em que a soja se transforma em *commodity*, confere-se à ela a característica econômica passando a ser considerada mercadoria mundial. Por isso, os esforços para aumentar técnicas de estocagem em tempos de baixa produtividade e de tecnologias de tolerância à seca para fazer com que a planta tolere um tempo maior de déficit hídrico, como mencionado anteriormente. Porém, como *commodity*, a soja é vendida no mercado mundial. Perdas de produtividade afetam o mercado global e consequentemente o resultado também será sentido pelo produtor.

Por isso, entender a participação do clima na produção dela se faz necessário. Dependendo das condições climáticas e da quantidade produzida as commodities terão um valor, baseando-se nos diferentes lucros e distintas acumulações que são alteradas na escala mundial. Daí a importância em se discutir como o clima participa e interfere neste processo, inclusive considerando-o como fator de especulação.

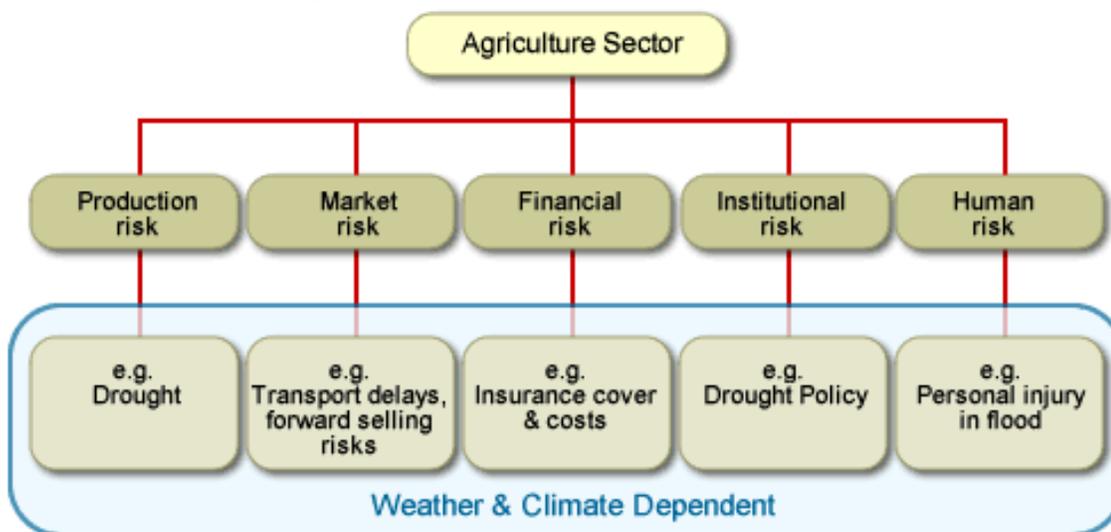
Por exemplo, se ocorre uma seca ou período de estiagem - veranico, aumenta-se o valor do produto, não porque perdeu produtividade, mas porque existem estoques para isso; em um período quando a chuva é regular, não há necessariamente a diminuição do preço.

A agricultura é considerada uma atividade de risco, já que seu desenvolvimento segue, em sua grande parte, as flutuações do tempo atmosférico, mas também está associada aos interesses do mercado. Numa relação indissociável estão outros ramos da logística por trás da atividade agrícola, como o comércio e as indústrias. Com isso, os investimentos para amenizar tais riscos são expressivos. Neste sentido, é importante entender que o risco agrícola:

[...] é assumido incondicionalmente pelo agricultor ao ser obrigado a adotar um tipo de espécie a cultivar, seguir uma determinada cadeia produtiva ou engajar-se num dado processo de transformação técnica. Ou seja, importação de soluções nem sempre compatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas locais. Evidencia-se, portanto, que a vulnerabilidade associa causas de incertezas bioclimáticas em ecossistemas fragilizados por atividades antrópicas predadoras, gestão de sistema alimentar (macro políticas decorrentes de estratégias de desenvolvimento, a exemplo da monocultura de exportação) e aumento de instabilidade política (MARTINS et al., 2010, p. 19-20)

Não se deve esquecer que esta tese trata de uma cultura mundialmente consumida, logo, o fato de se tornar um produto globalização foi/é um risco. Na agricultura (Fig. 78), o risco pode significar a probabilidade de um ano de seca, uma geada extrema ou mesmo um súbito aumento no custo do combustível, que por sua vez irá resultar em uma perda substancial de cultura (AGBM, 2017). Há quem descreva o risco como uma oportunidade, isto é, o que representa um risco para algumas pessoas, pode representar uma oportunidade para outras. Por exemplo, um evento de La Niña pode aumentar as chances de enchentes ou acúmulo de água em algumas áreas e, portanto, reduzir significativamente o rendimento de colheita, enquanto em outras áreas de fato pode criar as condições para uma colheita abundante (AGBM, 2017).

Figura 78 – Os tipos de riscos no setor agrícola e seus desdobramentos



Fonte: AGBM (2017)

Na Figura 79, o risco está associado ao tempo atmosférico como o principal fator limitante dos níveis de produtividade agrícola, ou seja, daquilo que a agricultura poderia atingir, mas por vezes há limitações, resultados das manifestações do tempo atmosférico. A variabilidade das chuvas e da temperatura, associados aos eventos extremos, causam variação das safras e perda na produtividade. As mudanças ocorridas na agricultura mundial nos últimos anos incluem novos tipos de riscos, combinados com um papel mais relevante assumido pela informação. Isto implica em maior importância dada às considerações de risco e na necessidade de estabelecê-las de maneira mais formal (HUIRNE et al., 2007).

Figura 79 - Descrição dos principais riscos aos quais a agricultura está vulnerável

RISK	EXAMPLES/ FACTORS	EFFECTS
Weather risks	Rainfall or temperature variability or extreme events	Lower yields, loss of productive assets or income
Biological risks	Pests, disease, contamination	Lower yields, loss of income
Price risks	Low prices, market supply and demand, volatility	Lower prices, loss of income
Labor and health risks	Illness, death, injury	Loss of productivity, loss of income, increased costs
Policy and political risks	Regulatory changes, political upheaval, disruption of markets, unrest	Changes in costs, taxes, market access

Fonte: Adams (1989).

A relação direta com a disponibilidade hídrica, que interfere diretamente nos resultados das colheitas e das safras anuais, reflete no seguimento econômico (risco econômico) e conseqüentemente nos aspectos sociais, transportes e logística, produção de alimentos e na geração de empregos e renda. Outra relação que se pode estabelecer é entre o aparecimento de doenças e pestes, que se desenvolvem ou proliferam-se obedecendo, por vezes, as variações do tempo atmosférico.

Para finalizar, é importante considerar que, apesar de toda a discussão sobre quais são os principais agentes responsáveis pela vulnerabilidade do produtor agrícola, o clima ainda é o principal determinante da produtividade, e as alterações climáticas são esperadas para influenciar produção vegetal e animal, os saldos hidrológicos, fornecimento de insumos e outros componentes de sistemas agrícolas. O nível de tecnologia adotado e a variabilidade climática explicam grande parte das flutuações no rendimento de grãos das culturas, que ocorrem em diferentes anos e entre os diferentes locais (ADAMS et al., 1998; CUNHA, et al., 2001; FARIAS, 2011). Posteriormente a estas discussões, questiona-se como tornar uma sociedade ou organização social menos vulnerável aos riscos. Ou mais pontualmente, como tornar uma fazenda ou uma propriedade rural menos vulnerável aos riscos climáticos?

Alguns autores defendem que o risco deveria ser gestado ou transformado, ou seja, a sociedade deveria se adaptar, se proteger do ponto de vista técnico para diminuir a exposição ao risco. A gestão do risco é a atividade que ocorre depois de se identificar suas diferenças e avaliar o seus significados e proporções; desenvolver métodos para minimizar ou evitar alguns riscos de utilização dos recursos disponíveis; desenvolver estratégias para gerenciar o risco que permanece.

A gestão de riscos do clima envolve ser proativo na organização e nas estratégias, sobretudo em regiões onde a variabilidade climática é característica inerente e presente no cotidiano das comunidades, vilas, fazendas, etc. A melhor maneira de fazer isso é pelo uso de informações climáticas associadas às decisões da fazenda juntamente ao planejamento estratégico. Com uma ampla gama de ações torne-se possível “combater” momentos em que o clima se torna um risco. Estes podem incluir, segundo o AGBM (2017):

- utilização de mecanismo de alerta precoce e sistemas de resposta, como perspectivas sazonais ou previsões meteorológicas;
- diversificação estratégica para espalhar o risco;
- planejamento e alocação de recursos para atividades em determinadas estações do ano;
- cuidadosa avaliação e utilização dos instrumentos financeiros relevantes, tais como contratos de seguros, vendas, cobertura etc.;
- projeto de infraestrutura: barragens, quebra-ventos, abrigos de animais, contornos de terra, irrigação por gotejamento e assim por diante;
- acompanhamento detalhado de previsões e prognósticos;
- atenção à capacidade dos maquinários;

- treinamentos;
- rotação de culturas;
- variedades de sementes resistentes;
- monitoramento e manejo integrado de pragas e;
- atualizações constantes.

A grande questão é que estas ações devem ser disponibilizadas de forma homogênea numa comunidade, num estado, ou numa região agrícola. Se o risco é decorrência de uma relação histórica estabelecida entre diferentes segmentos sociais, para eliminá-lo será necessário que as causas das privações sofridas pelas pessoas ou grupos sociais sejam detectadas e que haja mudança nas relações que os mesmos mantêm com o espaço social mais amplo em que estão inseridos (ACSELRAD, 2006).

Em alguns países (capitalismo avançado), o manejo aplicado é crucial para sustentar os altos níveis de produtividade, a fim de manterem-se líderes de exportação e de produção de alimentos. Os subsídios governamentais movimentam o mercado interno e externo, e contribuem com a balança comercial e com as relações econômicas. Assim, os investimentos são prioridade e as tecnologias assumem papel fundamental.

Por outro lado, os países emergentes (capitalismo periférico), concomitantemente com os países que praticam uma agricultura moderna e tecnificada, ainda apresentam estruturas agrícolas baseadas na subsistência ou, em boa parte, para exportação em larga escala. Esta realidade se transfigura a uma composição social bastante distinta, em que os níveis de dependência e de vulnerabilidade a partir das variações do clima, aumentam. Os incentivos ao campo são insuficientes e geralmente concentrados no agronegócio. Porém, mesmo com estas diferenças, os três pontos representativos escolhidos para serem estudados estão entre os cinco maiores produtores de soja do mundo, e isso indica certa tradição agrícola, sobretudo quando relacionados à produtos de exportação, à monocultura e ao latifúndio.

Para o Prof. Christopher Bryant da Universidade de Guelph, Canadá:

[...] os valores culturais, o sistema político e a organização (como é percebida pelos agricultores) e o nível de desenvolvimento econômico de diferentes países ou até mesmo, em diferentes regiões dentro do mesmo país, contribuem para aumentar os riscos agrícolas. Os governos e seus programas também contribuem para aumentar estes riscos pois, frequentemente, o Estado não entende como os agricultores e como suas famílias tomam decisões e quais são suas verdadeiras prioridades. Assim, dependendo do que você entende por dependência do clima, ou dependência técnica e, ainda, por vulnerabilidade, estas se relacionam com uma série de fatores, inclusive às características territoriais da agricultura no território em questão. Estas especificidades territoriais representam um dos maiores desafios para os governos, quando eles tentam ajudar comunidades em diferentes regiões de agricultura. Por exemplo, para os governos ocidentais apoiarem o desenvolvimento de técnicas favoráveis à adaptação e às alterações climáticas,

requer-se um nível de compreensão da dinâmica da agricultura nos países que não possuem muita atuação do Estado como gestor. (BRYANT, 2017 – Entrevista realizada via Skype<sup>11</sup>).

Outro ponto é tratado pelo Professor Emerson Nafziger da Universidade de Illinois<sup>12</sup>. Este pesquisador defende que não necessariamente um país de capital periférico é mais vulnerável às flutuações climáticas, mas sim que, dependendo de como ocorrem as negociações políticas, tanto na escala local quanto internacional, podem tornar o proprietário menos ou mais vulnerável. Até mesmo os Estados Unidos, considerado um país de capital central e industrializado, dependendo do tipo de decisão política a ser tomada, afetará o proprietário rural e conseqüentemente a produtividade final da cultura ali cultivada. Podem haver riscos associados às decisões de um governo para importar fertilizantes, por exemplo, para permitir a importação de equipamentos que não são ali produzidos, ou para permitir a utilização de cultivares resistentes. Existem países que não permitem a produção de alimentos transgênicos, por exemplo. Para o Professor Shimidlin, da Kent State University, as organizações de apoio, como as cooperativas e o Estado, podem promover ações para minimizar as perdas ao manterem os preços estáveis e bons para o mercado. Este pesquisador afirma que a dependência associada ao risco e à vulnerabilidade podem ser minimizadas pelas ações do Estado que controlam os preços. As instituições, as universidades e as organizações ajudam a disseminar o conhecimento, as novas ideias, a técnica e as informações. Com isso, os agricultores poderão obter sementes de variedades de soja que são resistentes à seca ou resistentes às pragas. Para Shimidlin, os agricultores podem optar por plantar uma cultivar de soja diferente, mais resistente, mas para isso eles precisam de informações, além de investimento econômico.

É importante frisar que, segundo Shimidlin, nem todos os agricultores possuem o poder da escolha, não conseguem dinamizar sua produção, inserir outras culturas ou possuírem outras fontes de renda. Normalmente, os agricultores possuem um perfil específico de homem do campo, ou seja, provavelmente eles nasceram e foram criados na fazenda, e executam e reproduzem tarefas que aprenderam com seus avós e pais. Logo, se não há o repasse e a troca de informações, estes, dependendo de onde estão inseridos, podem apresentar maior vulnerabilidade. Shimidlin diz que, no caso de Ohio, por exemplo, a maioria dos produtores de soja não plantam apenas soja, e esta é uma boa estratégia que pode ser aplicada pelos produtores do Rio Grande do Sul e de Madhya Pradesh. Eles intercalam na mesma propriedade soja e milho. Ou seja, em parte da propriedade existe soja, em outra parte o milho e, no ano seguinte, eles invertem as áreas plantadas com os dois tipos de cultura. Com isso, conseguem se blindar de fatores externos, tanto naturais quanto sócio econômicos.

Caso o Estado impulse os valores do milho, o produtor terá a soja, e o mesmo ocorre ao contrário. Além disso, grande parte das propriedades possuem pequenas vendas e lojas onde

---

<sup>11</sup> Entrevista realizada durante o período sanduíche.

<sup>12</sup> Entrevista realizada via Skype.

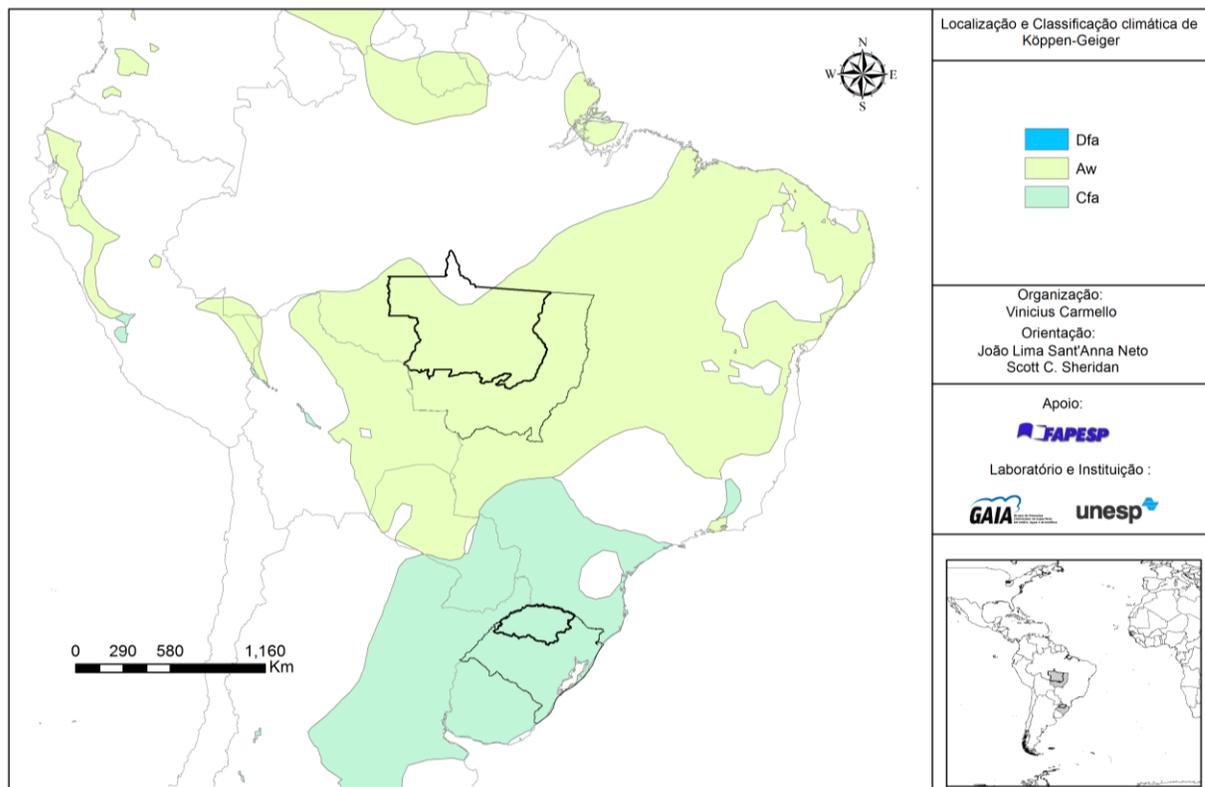
comercializam parte daquilo que é produzido em sua propriedade ou demais artefatos que confeccionam. Geralmente são os filhos e a cônjuge que cuidam e administram a fonte de renda alternativa, instrumento complementar à subsistência da propriedade.

Para concluir, Shimidlin reafirma a importância da presença do estado, das políticas públicas e o papel de instituições como cooperativas e universidades, voltadas para o desenvolvimento agrícola regional. Em outras palavras, é necessário que haja a presença de agentes responsáveis para orientar e disponibilizar metodologias e recursos aos proprietários de terra, que ajudem a dinamizar as formas de obter renda. Este é um detalhe levantado pelo professor, o qual pode contribuir para minimizar a vulnerabilidade econômica das regiões, pois ao criarem condições para fontes alternativas de renda, podem “enfrentar” períodos de adversidades e quedas dos níveis de produtividade, preços, procura, etc.

#### 4.6 - Análise de séries temporais de chuva em municípios produtores de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia: caracterização, variabilidade e impacto

Entre as regiões escolhidas para este estudo comparativo, possuem aproximações se comparados climaticamente apenas o norte do Mato Grosso e oeste de Madhya Pradesh (Figura 80).

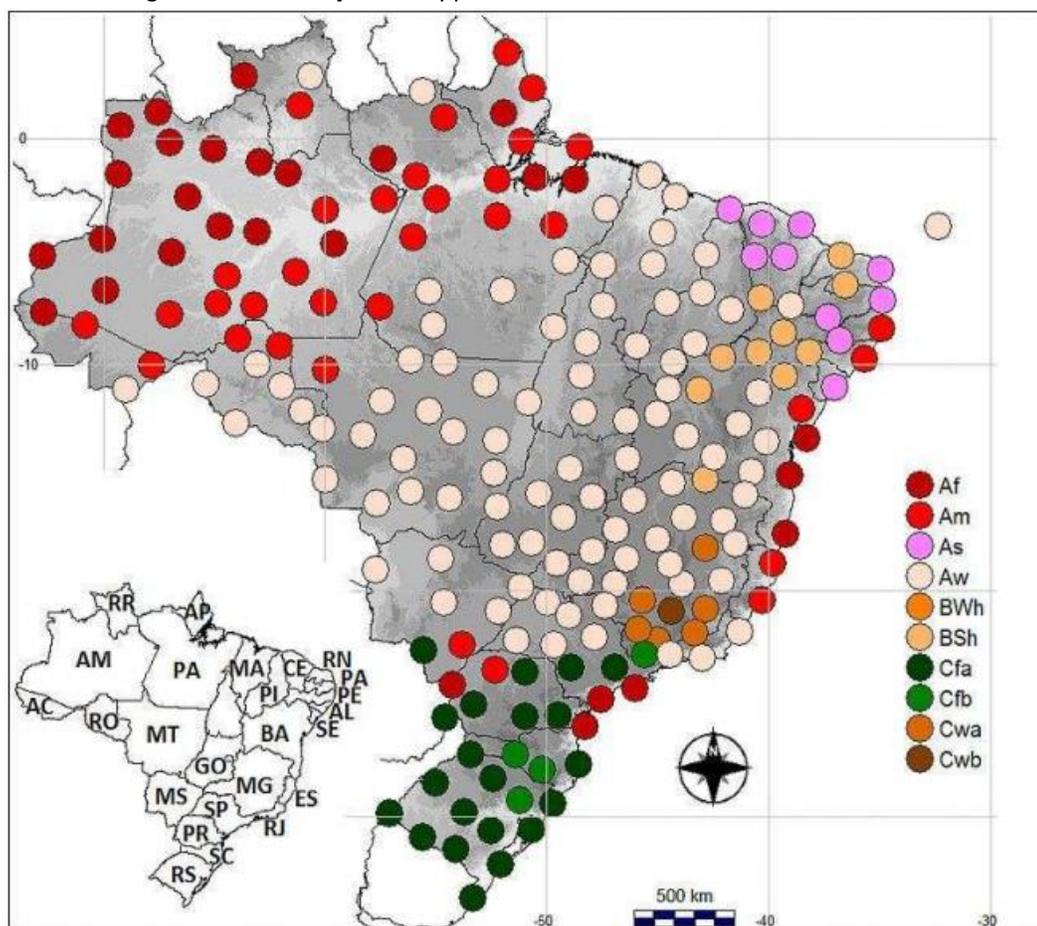
Figura 80 - Mapa climático do Brasil a partir da classificação de Köppen



Org.: Carmello (2017)

Se seguirmos a classificação climática de Köppen-Geiger, ambas as regiões se encontram na mesma faixa climática (Aw) – Tropical com chuvas de verão, entretanto, apresentam particularidades quanto à escala climática regional, que são bastante distintas, sobretudo pelas monções que ocorrem na Índia em períodos específicos do ano. O Rio Grande do Sul apresenta como principal característica o clima subtropical do tipo Cfa definido por Köppen (Figuras 82, 83 e 81), com boa distribuição de precipitação em todos os meses do ano e verões quentes. Nesta região existem grandes contrastes quanto aos regimes de precipitação e temperatura, e parte deles devem-se à situação geográfica da região (GRIMM, 2009).

Figura 81 - Tipo climático segundo a classificação de Köppen



Fonte: Dubreuil et al., 2017

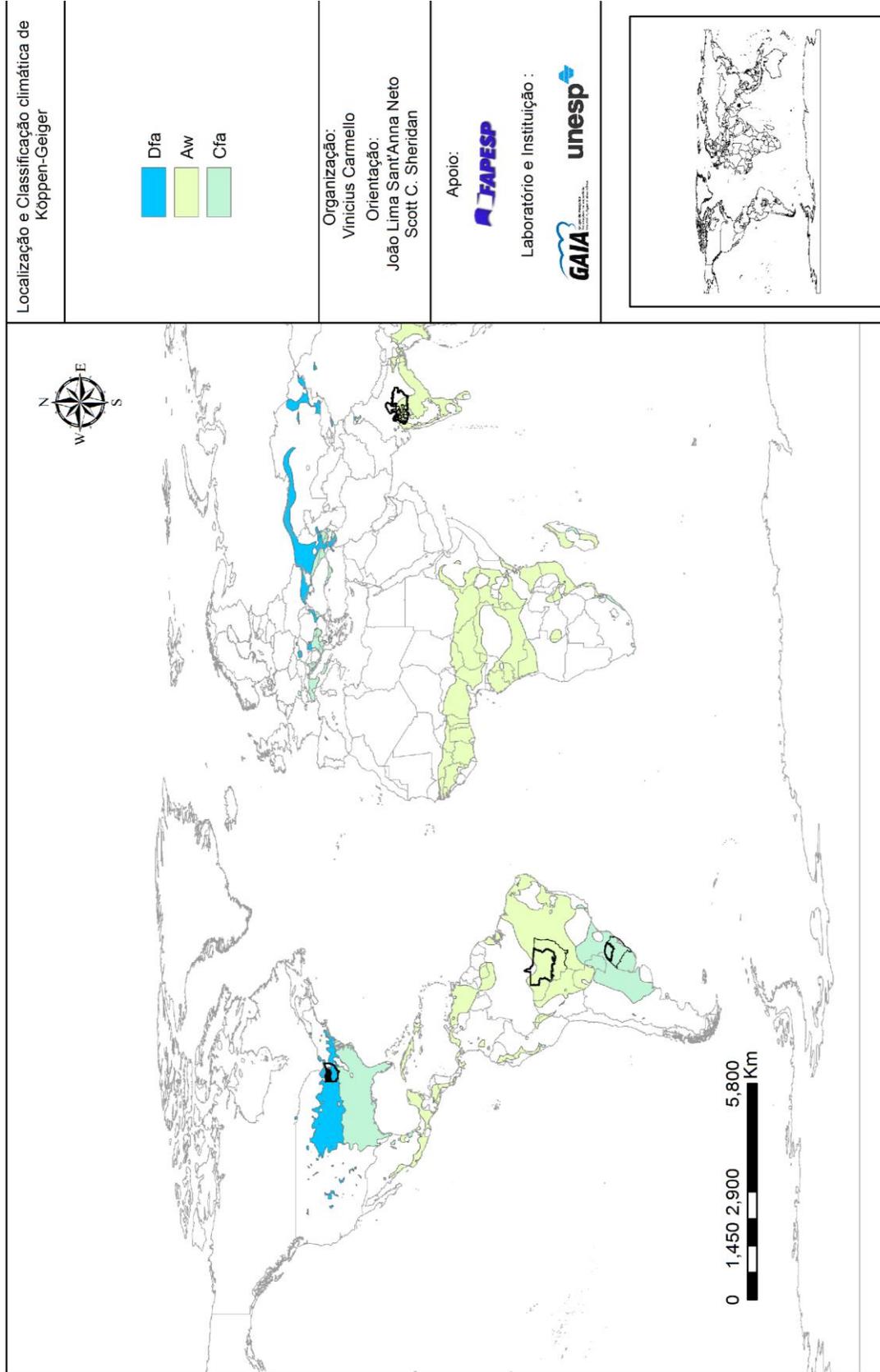
É determinado basicamente pela posição e pela latitude, juntamente com a intensidade da alta subtropical do Atlântico Sul, um sistema semipermanente de pressão, e da circulação anticiclônica associada. No verão, essa alta desloca-se para o sudeste, com pouca penetração no continente, enquanto que no inverno o deslocamento é para noroeste, aumentando a pressão na superfície sobre o continente, com a penetração de ventos de leste até o centro do Brasil (GRIMM, 2009). O Rio Grande do Sul é afetado por sistemas atmosféricos de escala sinótica e subsinótica,

influenciados tanto por fatores associados à circulação de grande escala quanto às circulações locais, tanto de origem tropical como o extratropical (CLIMANÁLISE, 1986).

A climatologia sinótica da região é caracterizada por: passagens de sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para nordeste; sistemas que se desenvolvem no sul e sudeste associados a vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis que chegam a costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico; sistemas que se organizam no sul e sudeste com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical com propagação para leste sobre o Oceano Atlântico; sistemas que se organizam no Sul, resultantes de frontogênese ou ciclogênese (BRITTO; BERLATA E MENDONÇA, 2008).

Observou-se que as anomalias climáticas mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com o regime das chuvas. O regime de precipitação desta região apresenta transição bem clara. Na maior parte do Rio Grande do Sul, os regimes são bimodais e até trimodais, com maior concentração de precipitação no trimestre agosto - setembro - outubro. Porém, apesar deste perfil, considera-se que há distribuição de precipitação aproximadamente uniforme ao longo do ano (Figura 82 e 83). Tanto durante o verão como nas estações de transição (ou seja, no semestre quente, de outubro a abril), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são frequentes e respondem por grande parte da precipitação total (BRITTO; BERLATA E MENDONÇA, 2008; GRIMM, 2009).

Figura 82 - Classificação climática para as regiões da soja consideradas neste estudo



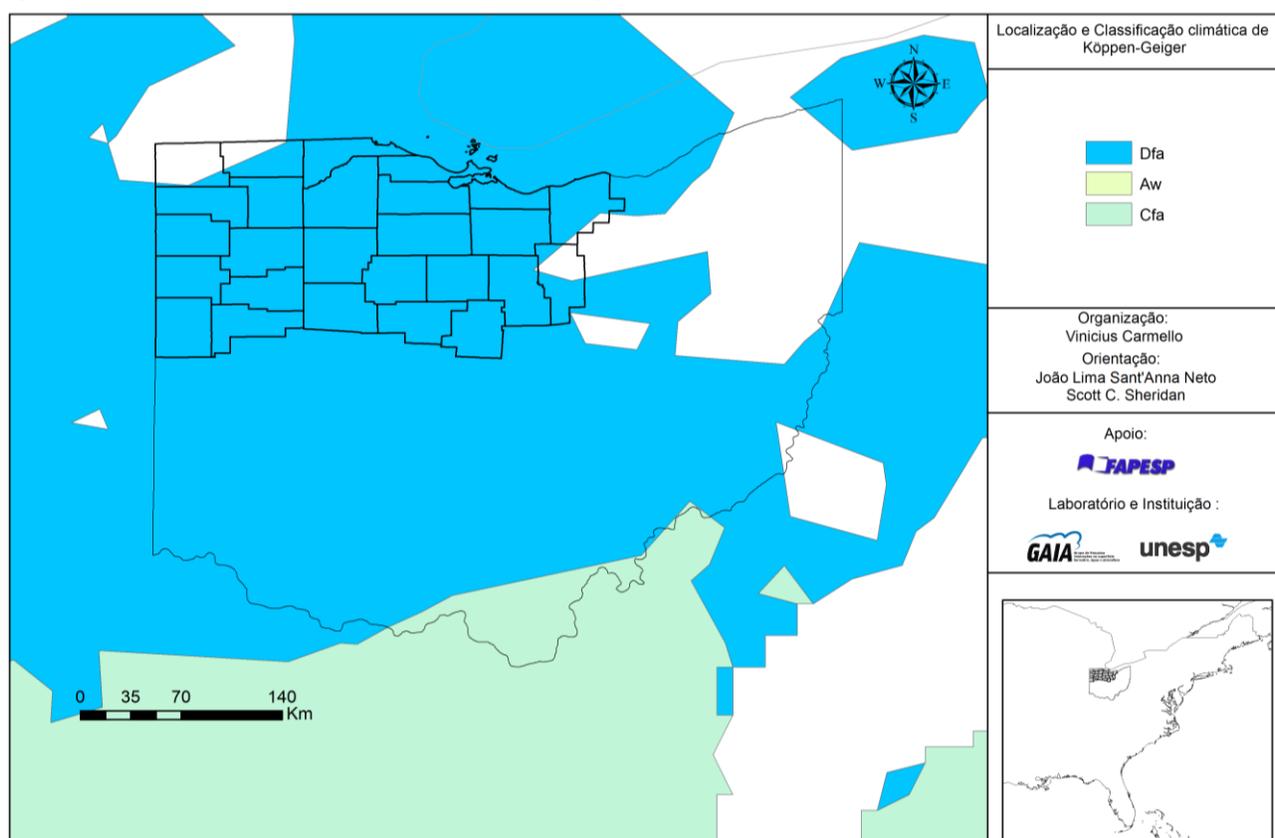
Org. Carmello (2016)



parte continental sul americana (ALVES, 2009; NIMER, 1989). A grande variabilidade pluviométrica na região Centro-Oeste está diretamente relacionada às condições atmosféricas decorrentes da interação entre fenômenos pertencentes às várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a escala planetária até a escala local.

Conforme mencionado, a chuva concentra-se no período do verão, entre setembro e abril, e este período de chuva (Fig. 80 e 82) está associado ao deslocamento para sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCI, também conhecida como CIT), acompanhando a marcha aparente do sol em direção ao Trópico de Capricórnio. Sobre a porção central da América do Sul a CIT avança mais para sul do que nas regiões costeiras gerando instabilidade em todo o Brasil central nos meses de verão. Em função da influência da massa de ar tropical marítima e equatorial, as temperaturas são elevadas durante todo o ano (ALVES, 2009; NIMER, 1989).

Figura 84 - Mapa climático de Ohio a partir da classificação de Köppen



Org.: Carmello (2017)

Alguns trabalhos que levaram em consideração as características climáticas de Ohio foram consultadas para elaborar, a princípio, a teoria acerca dos padrões climáticos regionais e locais deste estado e região. Os dados de chuvas que também seguem neste subcapítulo contribuirão para compreender como se apresentam os padrões anuais de chuva para essa região do meio oeste americano. Segundo a classificação de Köppen o estado de Ohio está localizado nas características

do clima úmido continental – Dfa (Fig. 84) exceto pelos municípios do extremo sul, que se localizam em uma região de transição com o tipo climático Cfa - clima úmido subtropical. Possui invernos rigorosos, sem estação seca, verões quentes e marcada sazonalidade.

A temperatura média anual é de 10,8°C. As temperaturas médias mensais variam próximas aos 26°C, o que indica a influência da continentalidade. Durante o Verão (período de plantio da soja) as temperaturas médias elevadas variam próximas aos 27,8°C e as mais baixas, 15,8°C. A média anual de precipitação é de 967.5mm, distribuídos ao longo do ano (Figura 85), porém com maior concentração entre março e agosto (CLIMATEMPO, 2015<sup>13</sup>).

A região de Ohio é influenciada por duas massas de ar que podem ser consideradas representativas; a primeira é a DM (Seca Moderada) – seca moderada e a segunda, a MT - tropical úmido. A distribuição das massas de ar mostra que há ocorrência e maior frequência destas duas massas de ar, mas também é possível observar a ocorrência de massa de ar seca tropical e da massa de ar seco polar. Foi elaborado um estudo que mediu a frequência das massas de ar no estado de Ohio, mais precisamente na região noroeste (Fig. 84 e Tabela 19), e notou-se que entre os dois meses mais importantes de plantio da soja em Ohio, é possível ver a influência de duas massas de ar mais representativas, a primeira é a DM – seca moderada e a segundo, ainda mais ativa é a MT - tropical úmido.

---

<sup>13</sup> <http://www.columbus.climateps.com/index.php>.

Figura 85 - Distribuição e ocorrência das massas de ar no noroeste de Ohio entre julho e agosto

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1999	July	MT	MT	MT+	MT+	MT+	DT	DM	DM	MT	TR	DM	DM	DM	DM	DT	DT	MT	MT	MT	MT	MT	MT+	MT	MT+	DM	MT	MT	MT	MT+	MT+	MT+
	August	TR	DM	DM	MT+	DM	MM	TR	DP	MM	DM	MT	MT	TR	DM	DM	DM	MM	MM	DM	DM	DM	X	X	MM	MM	MT	MT	DM	DP	DM	
2000	July	DM	DM	MM	MM	MT+	DM	DP	DP	TR	MM	DM	DM	DM	MT	MM	MT	DM	MP	DM	DM	DP	DP	DP	DM	MT	DM	MT	MM	MM	MM	
	August	MM	MM	MP	DP	DM	MM	MT	MT	DM	DM	DM	DM	DM	DM	MT	DM	MP	MM	DP	DP	DP	TR	MT	DM	DM	DM	MM	MT	MT	MT	
2001	July	TR	DP	MM	MT+	TR	DM	TR	MT+	DM	DT	DM	DM	DM	DM	DM	MT	DM	DM	DM	MT	MT	TR	MT+	MM	TR	DP	DM	MT	MT	MT	
	August	MT	MT+	MT+	DM	DM	DT	MT+	DT	MT+	DM	X	MT	DM	DM	DM	MM	MM	X	X	MM	X	MM	MT	MT	MT	MT	DM	TR	DM	DM	
2002	July	DT	DT	DT	DT	DM	DM	DM	DT	MT+	DM	DM	DM	X	X	X	DT	DT	X	MT	DM	DM	MT+	TR	DM	DM	MT	MT	MT+	MT	MT	DT
	August	MT+	MT+	DM	MT+	MT	DP	DP	DM	DM	DM	DT	MT	DT	MT	MT	MT+	MT+	DM	TR	DM	DM	MT	MT	MT	DM	DM	DM	DM	DM	DM	
2003	July	DM	DM	DT	MT+	MT	MT	MM	MM	MM	MM	TR	DM	DM	DM	TR	DM	DM	DM	DM	TR	MM	MP	MM	DM	DM	DM	MT	MM	DM	DM	DM
	August	MT	MM	MM	MM	MM	MT	MT	MM	MM	MM	MM	MT	MT	MT	MT	MT	DM	DM	DM	DM	DM	DT	DM	DM	DM	MT	MT+	DM	TR	MT+	DM
2004	July	DM	DM	DM	MT	TR	MT	MT	TR	DM	DM	DM	MT	MT	MT	DM	DM	MM	MM	DM	DM	MT	MT	TR	DP	DP	MM	MP	DM	DM	MM	MT
	August	DM	DM	MT	MP	DM	DP	DM	DM	DM	MM	MP	DP	MP	DP	MM	DP	DM	DM	MM	MP	DP	DM	DM	MT	MT	MT	MT+	MT	MM	MM	DM
2005	July	TR	DP	DM	DM	MT	MM	DM	DM	DM	DM	DM	MT	MT	MM	MT	MM	MT	MT+	DM	DM	MT	MT	DM	TR	MT+	MT+	TR	DM	DM	DM	DM
	August	DM	DM	MT	MT	DM	DM	DM	DM	MT	MT	MT	MT+	MT	MM	MT	DM	DM	DM	MT	MT	DM	DM	MM	DM	DM	DM	DM	MT	DT	DM	TR
2006	July	DT	MT	MT	X	DM	DM	DM	DM	DM	X	MM	MM	MT	MT	MT	DT	MT	MM	DM	MT	MT	DM	DM	DM	MT	MT	MM	MT	MT+	MT	MT+
	August	MT+	MT+	MT	DM	DM	DM	MT	DM	DM	MT	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	MT	MM	DM	DM	DM	DM	MT	DM	MT	MM	MM	MM	MM	MM
2007	July	DM	DP	DM	MT	MT	DM	DM	DT	DT	MT	TR	DM	DP	TR	DM	DM	MM	X	X	DP	DP	DM	DM	DM	MM	MM	MT	MT	DM	DM	DM
	August	MT	MT	DT	DM	TR	MT+	MT+	MT+	MM	MT	DM	DM	DM	DM	MM	MT	DM	DP	MP	MM	MM	MT	MT+	MT+	MT	DM	DM	X	DM	DM	DM
2008	July	X	DM	TR	DP	DM	DM	MT	MM	TR	DM	MT	MT	DM	DM	DM	MT	DM	DM	MT	MT	MT	MT	DM	DM	DM	TR	DM	DM	DM	MT	DT
	August	DM	DM	DM	DM	MT	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	MM	DM	DM	MT	DT	DT	DM	DM	DM	MM	DM	DM	DM	DT
2009	July	MP	MP	MM	DP	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	TR	DM	MM	DP	DP	DM	DM	MM	MM	DM	MT	DM	DM	MT	MM	DM	DM	
	August	DM	DM	DM	MT	DM	DM	DM	TR	MT+	MT+	X	X	X	DM	DM	DT	MT	MT	TR	MT	DM	TR	MM	DM	DM	MM	MM	MM	MM	TR	DP
2010	July	DP	DM	DM	DT	DT	DT	DT	MT	MT	DM	DM	MT	MM	DM	DT	DT	DT	MT	MT	MT	DT	DM	MT+	MT+	TR	DM	DM	MT	DM	DM	MM
	August	DM	DM	MT	MT	MT	DM	DM	DM	MT	MT	MT	MT+	MT+	MT	X	X	DM	DM	DM	DM	MM	MT	MM	MM	DM	DM	DM	DM	DM	DT	DT
2011	July	DT	DT	DT	DM	DT	DT	DM	DM	DT	DT	MT	DT	DM	DM	DM	DM	DT	MT	MT+	MT+	DT	MT	MT+	MT+	MT+	DM	DM	MT+	MT+	DM	DT
	August	MT	MT+	MT	MT	MT	MT	MT	MT	DM	DM	DM	DM	MP	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	TR	DM							
2012	July	DM	DM	MT+	DT	MT	DT	DT	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DT	DT	DT	MT	MT	DM	DM	DT	MT+	MT+	TR	MT	MT	DM	DM	DM	MT
	August	DM	DM	DT	MT	TR	DM	DM	DM	MM	MP	MP	DM	MM	MM	MM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DT	DT	DT	MT	DM	DM	DM
2013	July	MP	MM	MT	MM	MT	MM	MM	MT	MM	MT	DM	DM	DM	MT	MT+	MT+	MT+	MT+	MT+	MT	DM	MM	TR	DP	DP	DM	TR	MP	DP	DM	MM
	August	MM	MM	DM	DP	DP	MM	MM	MM	DM	MM	DM	MM	TR	DP	DP	DM	DM	DM	DM	DM	DM	MT	MT	DM	DM	DM	DT	MT+	MT+	MT	DT

Org. Carmello (2016)

Tabela 20 - Tipo de tempo para cada aparição de massa de ar em Ohio.

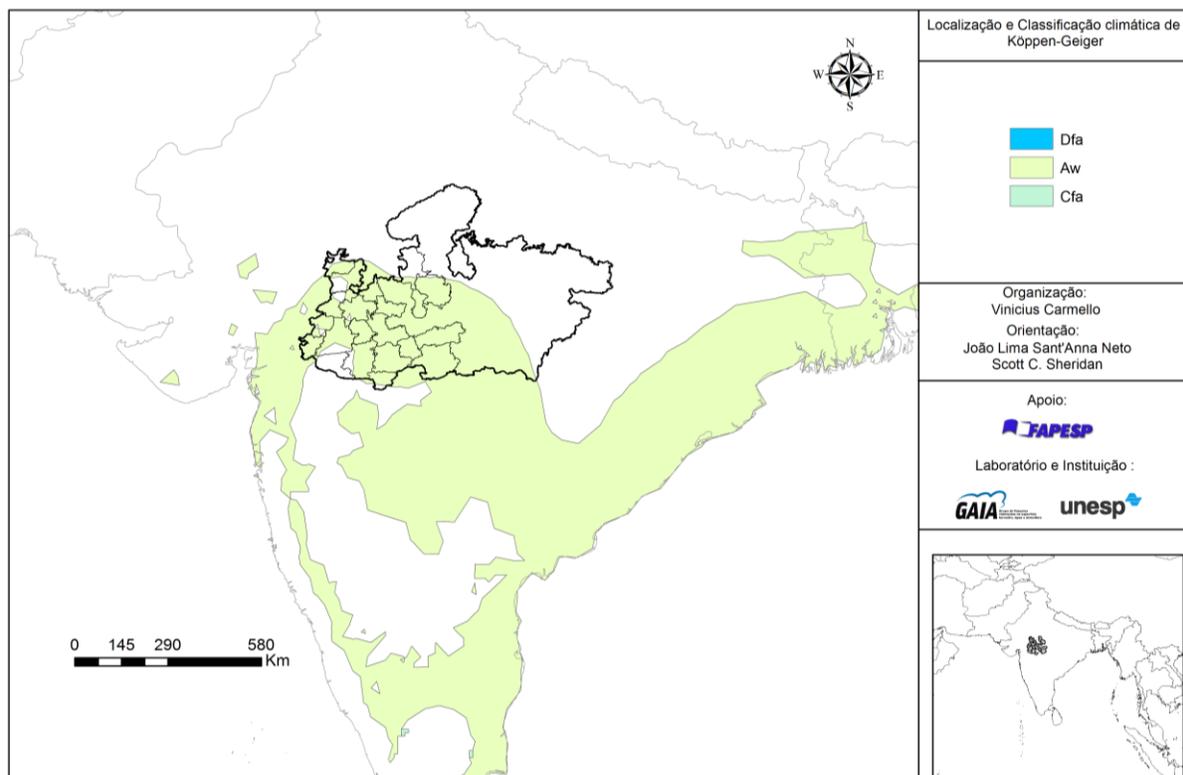
<i>Massa de ar</i>	<i>Tipo de tempo produzido</i>
DP	Seco
DM	Seco
DT	Seco
MP	Chuvoso
MM	Chuvoso
MT	Extremamente chuvoso

Org.: Carmello (2016)

A distribuição das massas de ar mostra a ocorrência e maior frequência da DM e MT, mas também é possível observar a ocorrência de massa de ar Seca Tropical - DT, especialmente em 2011 (ano chuvoso). A massa de ar Seca Polar ocorreu em agosto de 1999, 2002, 2004 e 2009. Este tipo de tempo foi mais frequente em agosto/2004, quando podemos ver quatro registros, por exemplo.

O predomínio climático da região de Madhya Pradesh é o do tipo Aw, que corresponde com as características de clima tropical (Figuras 86).

Figura 86 - Mapa climático da Índia com destaque para Madhya Pradesh a partir da classificação de Köppen



Org.: Carmello (2017)

O caso indiano é bastante individual, sobretudo se comparado com os tipos de clima e tempo do Brasil e Estados Unidos, pois as principais características pluviométricas da Índia estão relacionadas ao período das monções. A monção sudoeste (junho-setembro) é a estação chuvosa (Figura 85), que contribui com cerca de 80% da precipitação anual sobre a Índia (MOHANTY et al., 2001). Este período conflui com o calendário agrícola da soja disponibilizado pela FAO. Segundo Islan e Sheridan (2016) a estação chuvosa na Índia se divide da seguinte forma:

- Pré-monções nos meses de março e abril;
- Monções, em junho, julho e agosto e;
- Pós-monções em outubro.

Alguns episódios de El Nino e La Nina foram estudados e comparados às monções indianas e também às alterações do oceano Tropical Índico, por exemplo, (KRIPALINI e KULLKARNI, 1997; SELVARAJU, 2002; MEYERS et al., 2006) e apesar das distâncias espaciais, episódios de El Nino são bem marcados naquela região. Em geral, Madhya Pradesh, mostra um clima quente e úmido. A temperatura máxima média é de 32°C., No entanto, a temperatura raramente atinge os 48,8°C durante maio e junho. A temperatura média mínima é de 24°C, mas durante os meses de frios extremos, de dezembro a janeiro, a temperatura cai para 7°C. Para Chauhan (2005) a precipitação

média anual é de aproximadamente 1.200mm, já Baghel (2015), descreve que a precipitação média gira em torno de 931mm com início no meio do mês de junho até as últimas semanas de setembro.

#### 4.7 - Análise recente da variabilidade interanual das chuvas, os anos extremos e as correlações lineares entre os totais anuais de chuva e de soja em municípios produtores (1999 – 2013)

A variabilidade interanual das chuvas nos anos agrícolas é sem dúvida uma das análises mais importantes para a compreensão da relação entre precipitação e as culturas agrícolas. Com isso, os primeiros resultados climatológicos para o noroeste do Rio Grande do Sul indicam que todos os postos pluviométricos apresentaram p-valor maior que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , ou seja, os dados são homogêneos. Da mesma forma ocorreu quanto ao teste de tendência. Não houve séries de dados com resultados de tendência positiva ou negativa para o contexto do sul do Brasil.

Os mesmos testes foram aplicados aos dados do norte de Mato Grosso e, da mesma maneira que ocorrida no Rio Grande do Sul, os dados de chuva não apresentaram rupturas ou tendências nas séries de dados apresentadas. Da mesma forma que para o sul do Brasil, os dados de chuva do Norte do Mato Grosso apresentaram p-valor maior que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , ou seja, os dados são homogêneos e não apresentam tendência significativa ou negativa de aumento ou diminuição.

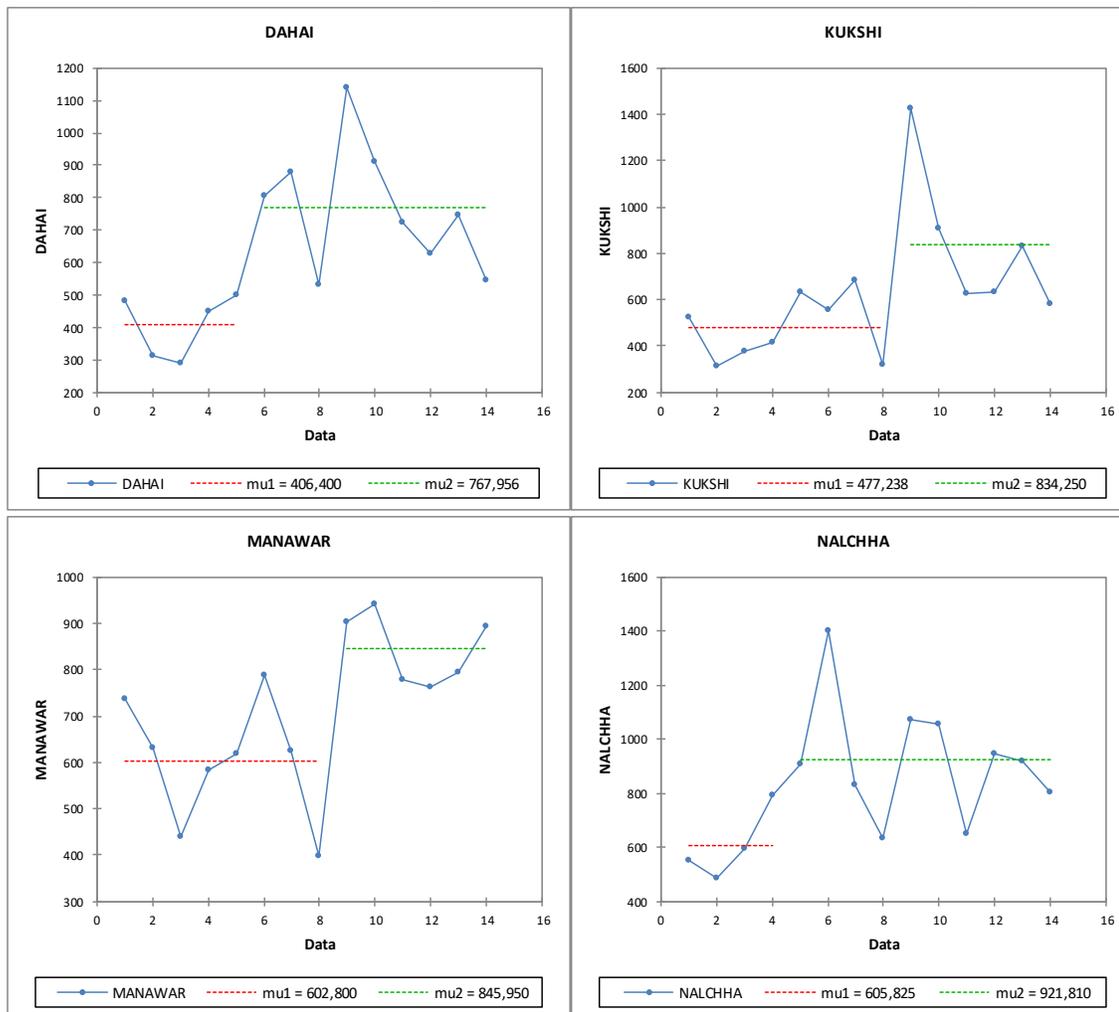
Foram encontrados os mesmos resultados para os postos localizados no estado norte-americano. Tanto o teste de Pettitt quanto o teste de Mann-Kendall não apresentaram resultados estatisticamente significativos, ou seja, as séries históricas de chuva do noroeste de Ohio são homogêneas e não possuem tendência de aumento ou diminuição. Já para os postos localizados no oeste de Madhya Pradesh, houve resultados estatisticamente positivos, ou seja, a série de dados de seis postos pluviométricos apresentaram uma data em que houve uma alteração nos dados e um posto apresentou uma tendência positiva na série (Tabela 20 e Fig. 87). Nestes casos o p-valor calculado é menor que o nível de significância  $\alpha=0,05$ .

Tabela 21 - Resultados estatisticamente significativos em séries de chuva do oeste de Madhya Pradesh

Posto pluviométrico	Homogeneidade p-valor ( $\alpha=0,05$ )
DAHAI	0,003
KUKSHI	0,048
MANAWAR	0,005
NALCHHA	0,047
RAMA	0,037
VIDISHA	0,015

Org. Carmello (2016)

Figura 87 - Resultados estatisticamente significativos em séries de chuva do oeste de Madhya Pradesh



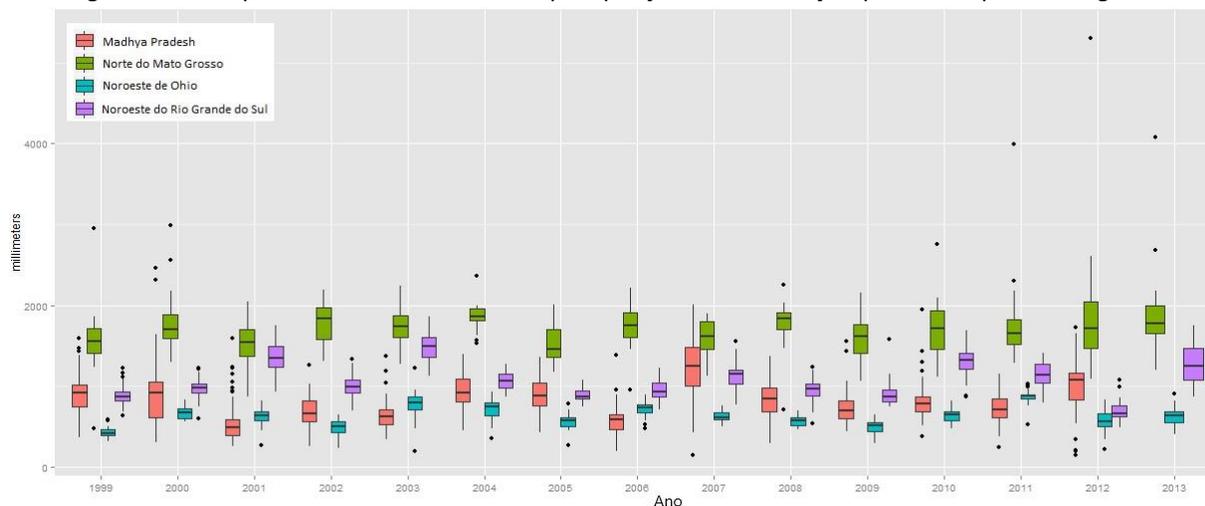
Org. Carmello (2016)

Na Figura 90 buscou-se comparar os gráficos de variabilidade anual e espacial das chuvas nas quatro regiões para entender as diferenças nos padrões de precipitação. Sabe-se que os valores totais de precipitação se configuram e apresentam variabilidade conforme as características climáticas regionais, definidas por elementos e fatores específicos de cada região comparada; mesmo assim, optou-se por este tipo de representação como componente das análises climatológicas e como base para o estudo comparativo.

Além da análise temporal, é possível verificar como foram as variações entre os postos (espacial), influenciadas sobretudo pela localização geográfica dentro dos limites de cada área de estudo. É importante mencionar que a variabilidade entre os valores medidos pode ser resultado das formas de uso e manuseio dos equipamentos. Valores extremamente discrepantes, por exemplo, os *outliers*, podem ser explicados por falhas nos equipamentos ou falha humana, por descuido na coleta e registro dos dados.

Ao reduzir a escala de análise e a representação das chuvas para as regiões individualmente (Fig. 89), pode-se dizer que os dados de chuva das regiões noroeste do Rio Grande do Sul e do noroeste de Ohio são bem mais homogêneos se comparados às outras duas regiões, sobretudo Ohio. Note que nesta porção dos Estados Unidos, os valores totais de chuva não ultrapassam 1500mm, com exceção de alguns anos como 2003 e 2011.

Figura 88 – Comparativo entre os valores de precipitação e as diferenças quanto aos padrões regionais



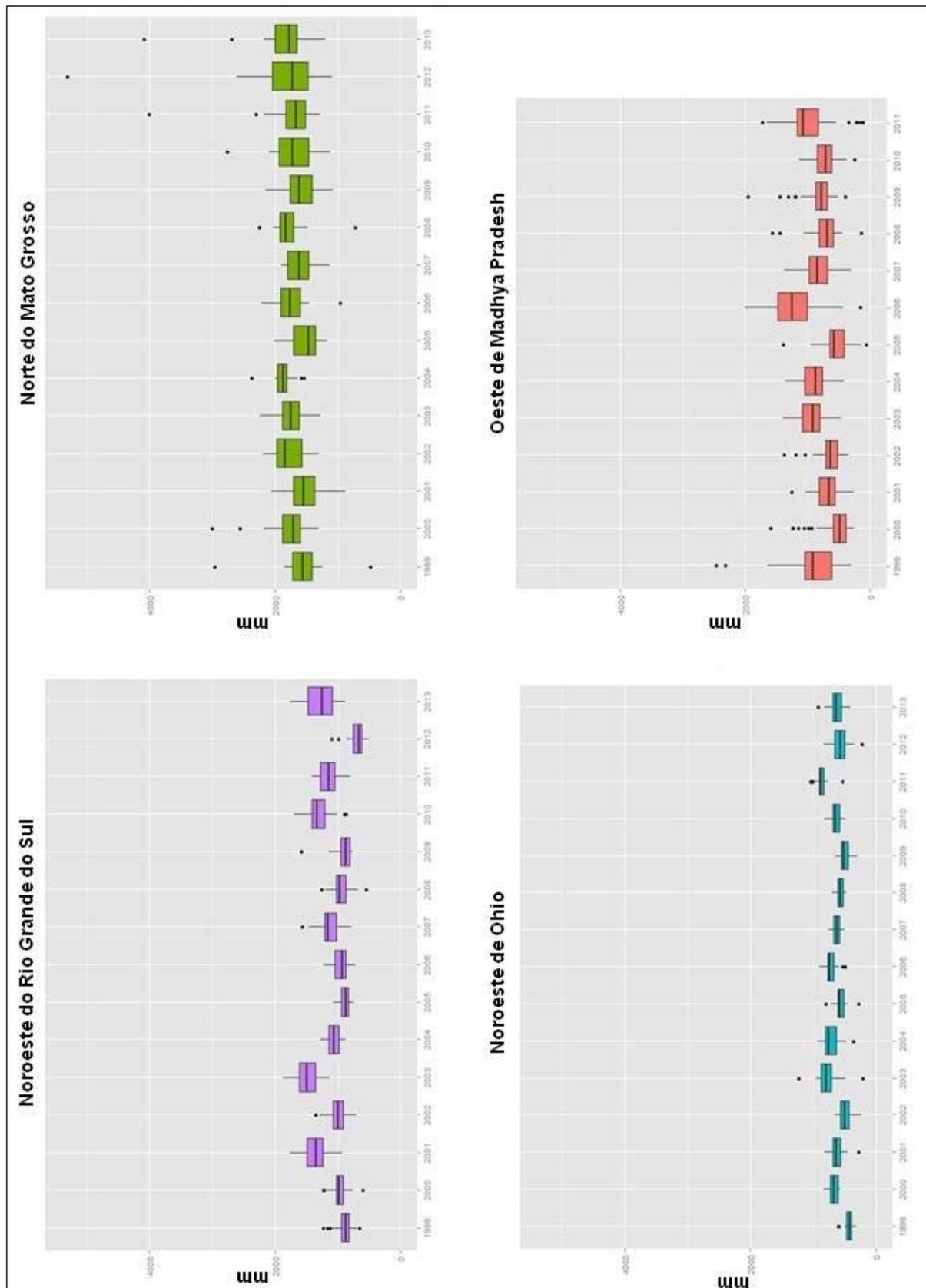
Org. Álvares (2016)

Na região representativa do sul do Brasil, os valores anuais de chuva, conforme descrito anteriormente, também se apresentam de forma homogênea, o que indica padrões entre os postos desta região. Os totais anuais ultrapassam os 1500mm na maioria dos anos, com exceção de 2012. Nas regiões do norte do Mato Grosso e oeste de Madhya Pradesh, a variabilidade espacial das chuvas pode ser explicada pela extensão territorial. Ambas as regiões são bastante extensas se comparadas ao noroeste gaúcho e ao noroeste de Ohio.

Na maioria dos anos, os postos pluviométricos localizados no norte do Mato Grosso registram totais anuais acima de 2000mm, com exceção dos anos de 2004 e 2008. O oeste de Madhya Pradesh é onde a variabilidade espacial entre os postos é mais evidente, exemplo disso pode ser visto nos anos de 1999, 2006 e 2011. A variabilidade entre os postos mostra valores entre 500mm e 2000mm, dependendo da localidade.

Neste sentido, a variação espacial das chuvas nesta região é maior, fato que pode ser explicado pelo tipo climático e pela extensão territorial as quais esta área representa. Apesar da escala de análise, percebem-se as diferenças quanto aos padrões regionais de precipitação. Em seguida serão analisadas particularmente a distribuição e a variabilidade das chuvas em cada região da soja determinada para esta pesquisa. A primeira parte consiste em verificar a distribuição e a variabilidade no Brasil – noroeste do Rio Grande do Sul e norte do Mato Grosso, em seguida nos Estados Unidos e por último na Índia.

Figura 89 - Diferenças nos padrões de precipitação em regiões produtoras de soja no Brasil, Estados Unidos e Índia



#### 4.8 - Variabilidade anual das chuvas no noroeste rio-grandense e norte mato-grossense

No Rio Grande do Sul, conforme as características climáticas regionais outrora apresentadas, as chuvas são distribuídas durante o ano de forma homogênea. Entretanto, a concentração de chuvas nesta região do Brasil ocorre entre agosto e outubro, apesar de haver boa distribuição durante todos os meses.

Através da análise das chuvas no noroeste rio-grandense, constatou-se que o menor registro de precipitação foi de 493mm, registrado pelo posto pluviométrico localizado no município de Santo Antônio das Missões no ano de 2011-2012. O maior valor de chuva registrado foi de 1860mm, registrado pelo posto pluviométrico localizado em Guarani das Missões em 2002-2003. A média da precipitação regional é de 1070mm (média das médias). Os anos padrões podem ser descritos como aqueles que se sobressaem ao habitual. Esta região é sem dúvida a que apresenta melhor padrão de precipitação anual tanto em relação aos totais anuais quanto entre os postos.

O ano agrícola de 2012-2013 foi o ano cuja variabilidade das chuvas entre os postos foi mais intensa, justificado pelo seu coeficiente de variação que chegou a 0,185, ou seja, maior a distância entre os limites da caixa. O contrário ocorreu em 2004-2005 cujo coeficiente de variação foi de 0,088 e, ao observar a caixa que representa o ano de 2004-2005, nota-se que realmente foi a caixa com a menor distância entre seus limites (Tabela 22).

Tabela 22 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola

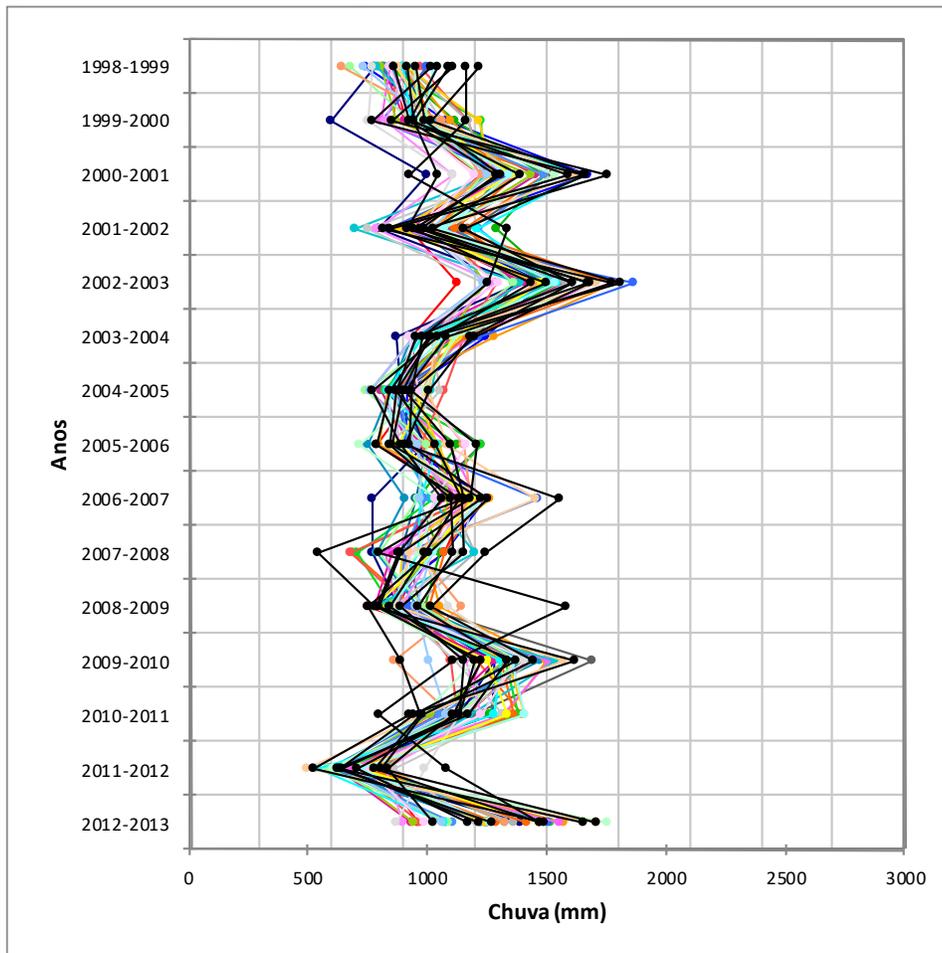
Estatística	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
No. de observações	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Mínimo	643	598	927	701	1124	870	743	714	774	545	748	865	799	494	870
Máximo	1220	1229	1756	1341	1861	1280	1075	1224	1558	1243	1579	1688	1413	1084	1757
1° Quartil	820	913	1235	918	1359	983	839	876	1027	880	808	1209	1043	623	1084
Mediana	872	980	1342	992	1490	1062	872	931	1150	962	872	1328	1138	663	1254
3° Quartil	936	1025	1490	1072	1608	1146	941	1044	1203	1023	959	1407	1271	758	1473
Média	893	973	1359	1000	1493	1065	891	962	1131	949	903	1310	1153	696	1276
Variância (n-1)	14250	16453	36157	19733	34707	10063	6361	16708	22290	22518	20360	30482	22214	13811	57037
Desvio-padrão (n-1)	119	128	190	140	186	100	80	129	149	150	143	175	149	118	239
Coeficiente de variação	0,132	0,130	0,138	0,139	0,123	0,093	0,088	0,133	0,130	0,156	0,156	0,132	0,128	0,167	0,185

Org.: Carmello (2015)

Outra forma de representar os valores anuais de chuva é através de um gráfico semântico. Com este tipo de representação, é possível observar os principais anos em que houve aumento ou diminuição dos valores de chuva segundo cada posto pluviométrico. Este tipo de gráfico também apresenta os padrões anuais e os níveis de homogeneidade. As chuvas que ocorrem no noroeste do Rio Grande do Sul apresentam marcada homogeneidade entre os anos e entre os postos. Alguns anos se destacam por apresentarem dados e valores de chuva elevados, o que condiz ao período de um ano chuvoso, como em 2000-2001, 2002-2003 e 2009-2010 e outros como secos, 2001-2002 e

2011-2012 (Fig. 90). No quadro temporal que seguirá, será possível notar estas diferenças (Quadro 5).

Figura 90 - Variabilidade entre os postos e entre os anos no noroeste do Rio Grande do Sul

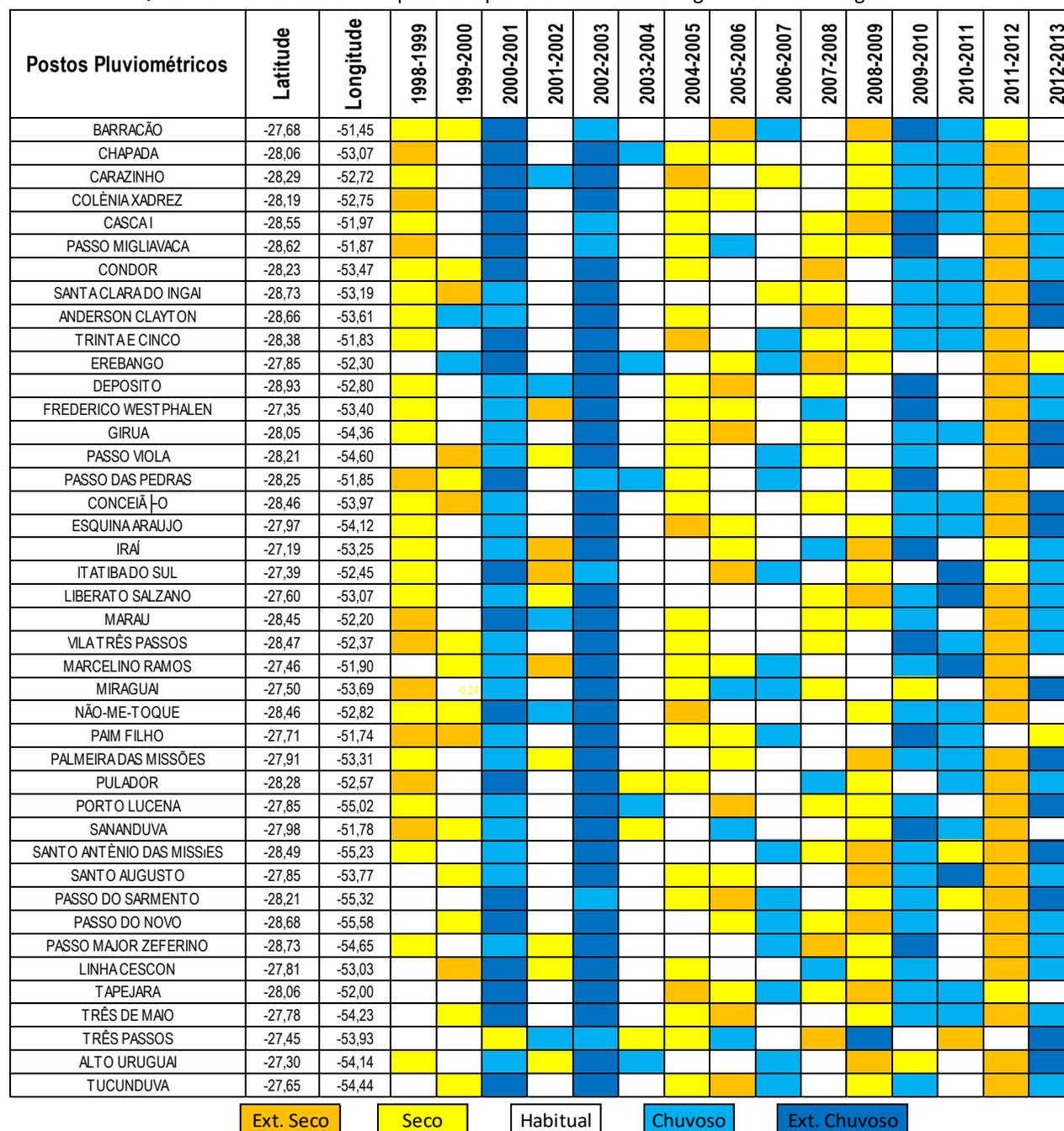


Org. Carmello (2016)

Nestes casos, os anos agrícolas chuvosos de 2000-2001, 2002-2003 e 2009-2010 se sobressaem por apresentarem totais anuais de chuva acima de 1500mm, e os anos de 2001-2002 e 2011 e 2012, considerados secos, por totais anuais próximos a 500mm. Este padrão anual das chuvas relaciona-se com o tipo de clima presente na região, já totalmente inserida na zona climática subtropical.

As chuvas no Rio Grande do Sul, conforme descrito anteriormente, apresentam regularidade na distribuição, uniforme tanto temporal quanto espacialmente ao longo do ano. No ano de 2000-2001, 20 postos pluviométricos apresentaram valores iguais ou superior ao percentil 0.90 e em 2002-2003 foram 35 postos que atingiram esta marca, o que indica ser este o ano mais chuvoso. Em 2009-2010, 12 postos e em 2012-2013, totalizaram 13 postos pluviométricos. Em 2011-2012, 36 postos apresentaram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10, classificando-o como o ano mais seco da série histórica.

Quadro 5 - Variabilidade temporal e espacial das chuvas na região noroeste rio-grandense

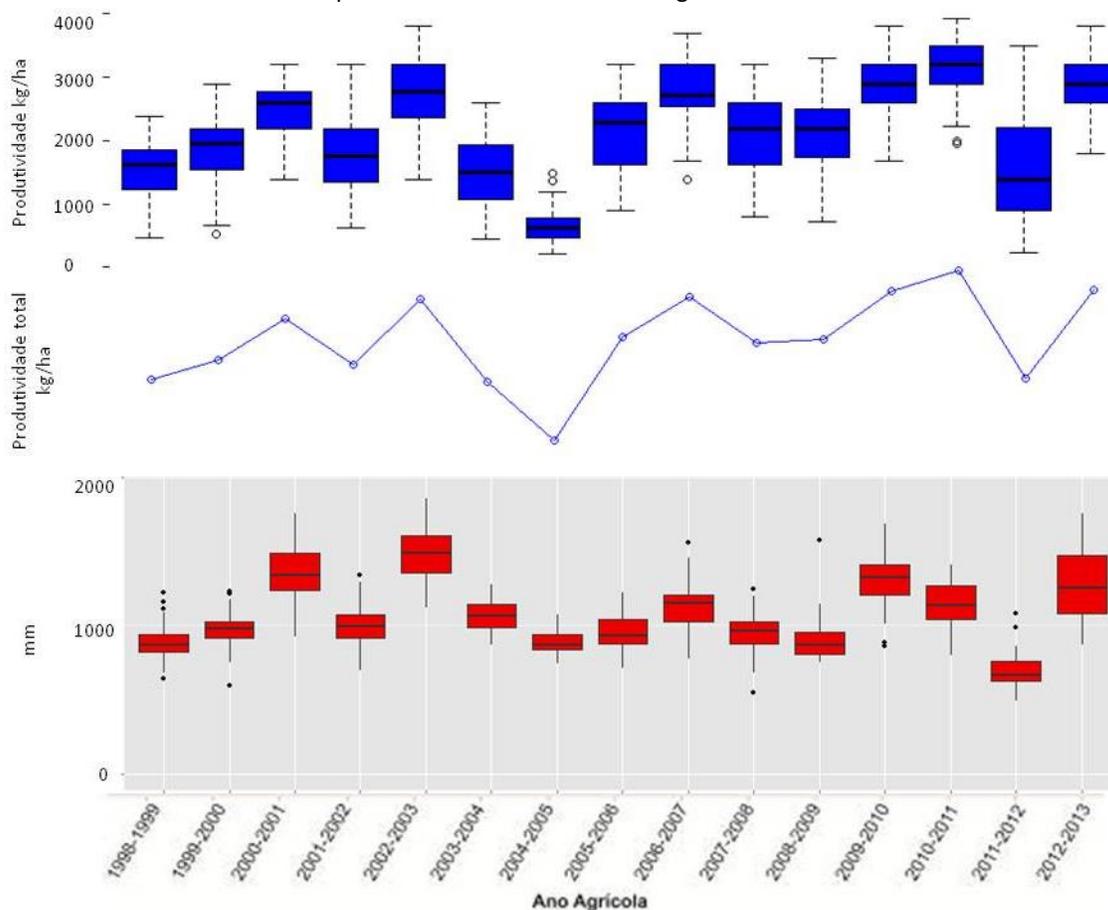


Org.: Carmello (2015)

Em 1998-1999, 10 postos apresentaram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10. Em 2003-2004, 34 postos apresentaram valores entre os percentis 0.35 e 0.65, o que mostra ser um ano habitual. Os anos agrícolas secos e chuvosos estão representados no gráfico da Figura 91. Neste tipo de representação, os valores de chuva estão distribuídos entre os limites das caixas; a maior variação espacial dos dados é evidenciada pela distância dos limites das caixas. Ao comparar o quadro tempo espacial com o gráfico *boxplot* (Fig. 91) percebe-se certa compatibilidade. No caso

do Quadro tempo espacial (Quadro 5), é possível medir a variação espacial observando a localização dos postos através dos valores latitudinais e longitudinais.

Figura 91 - Comparação dos valores de produtividade de soja e da variabilidade das chuvas entre os postos pluviométricos do noroeste rio-grandense.



Org.: Carmello (2015)

No caso da região produtora do Rio Grande do Sul, pode-se aferir que há maior homogeneidade regional das chuvas (proximidade entre as alturas das caixas). Observam-se, por exemplo, os dois primeiros anos agrícolas da série, que mostram baixa variação entre os postos pluviométricos. Já 2000-2001 apresenta maior variação entre os postos e aumento das chuvas, indicando, que 2000-2001 foi um ano chuvoso, respondendo ao quadro tempo espacial. O ano agrícola de 2004-2005 é visivelmente um ano cuja soja respondeu àquilo representado pelos totais anuais de chuva.

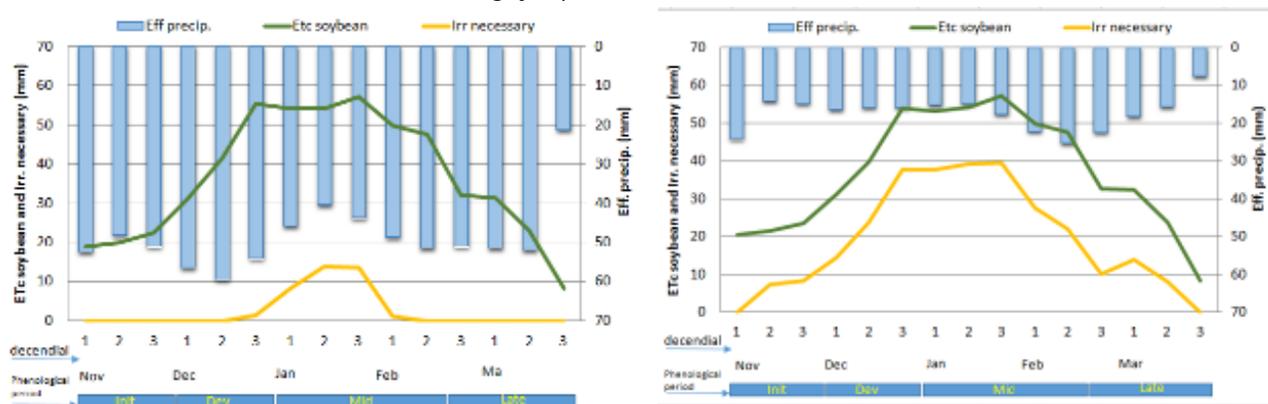
Este não foi o ano mais seco pelo fato de 2011-2012 representar o ano mais seco, mas é notável que houvesse queda tanto do total de soja produzido por hectare entre os municípios quanto pelo total de chuva. O ano agrícola chuvoso de 2002-2003 impactou positivamente nos valores finais de produtividade por hectare nos municípios gaúchos. Neste ano, os municípios registraram os maiores valores de produtividade da série, acima de 3500 kg/ha. Valor observado

apenas em municípios do Mato Grosso, cuja produtividade anual é elevada e também segue um padrão homogêneo entre os anos.

O ano agrícola de 2011-2012 é o mais seco da série temporal, e também foi o ano que apresentou maior variação de produtividade entre os municípios. Já o ano de 2002-2003 foi o mais chuvoso, com respostas no aumento da produtividade. O ano de menor produtividade e maior homogeneidade entre os municípios foi 2004-2005. Neste mesmo ano os registros de chuva ficaram abaixo da média da série. No caso do Rio Grande do Sul os resultados são próximos e relacionáveis no que tange a escala comparativa dos totais anuais.

Nos gráficos a seguir estão representados os valores decendiais de precipitação para o ano chuvoso de 2002-2003 e o ano seco de 2011-2012. É representada também a variação da evapotranspiração, que indica o período no qual a planta de soja necessita de maior quantidade de água – irrigação. Os valores mais altos de evapotranspiração no ano de 2002-2003 ocorrem entre janeiro e fevereiro, o que aumenta também a necessidade de irrigação. No ano seco, a evapotranspiração da soja apresenta valores altos entre dezembro e março (Fig. 92).

Figura 92 - Distribuição mensal da precipitação, da evapotranspiração da soja e o período de maior necessidade de irrigação para o rio Grande do Sul.



ETc - evapotranspiração de soja; EFF. precipitações efetivas; Irr. necessário - quantidades de água necessária para irrigação da cultura; Init - o estágio de germinação e crescimento; Dev. - produção de vagem; Mid. - o desenvolvimento das vagens; Late - o desenvolvimento final da soja

No caso norte mato-grossense, a principal característica dos registros de chuva é, ao contrário do que foi observado no Rio Grande do Sul, não possuir padrão anual e baixa homogeneidade dos dados, bastante diferente do observado com os dados de soja cuja homogeneização da produtividade anual entre os municípios é bem marcada. Os dados de chuva no Mato Grosso são heterogêneos, perfil de uma região de transição climática bastante expressiva. O menor valor de chuva registrado para o período foi de 476mm, marcado pelo posto instalado no município de Nova Maringá em 1998-1999.

O maior valor registrado entre as séries foi de 5300mm, ocorrido no ano de 2011-2012 no município de Santa Carmem. A média da precipitação anual é de 1733mm (média das médias). O ano de 2011-2012 também foi o ano com a maior variabilidade entre os postos, cujo menor valor registrado foi de 1094mm em contraposição ao maior valor de 5300mm; o coeficiente de variação

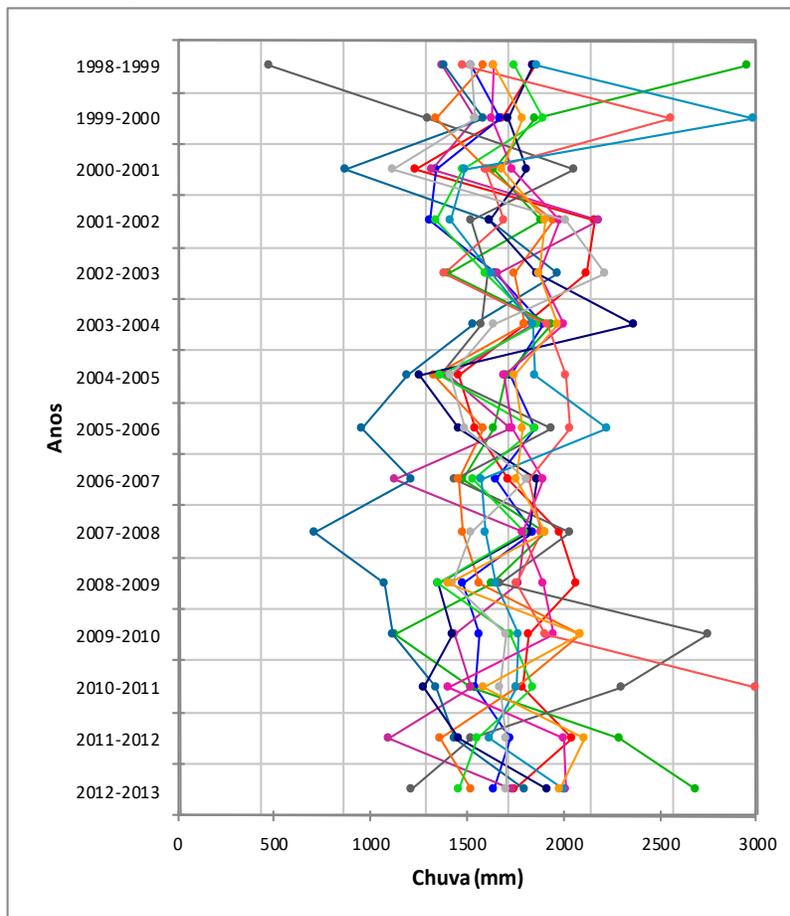
neste ano chegou a 0,506, o que é bastante alto se comparado ao ano de 2003-2004, cujo coeficiente de variação foi de 0,107, ou seja, menor variabilidade entre os postos, o que indica certa homogeneidade espacial dos dados. (Tabela 23).

Tabela 23 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola

Estadística	1998- 1999	1999- 2000	2000- 2001	2001- 2002	2002- 2003	2003- 2004	2004- 2005	2005- 2006	2006- 2007	2007- 2008	2008- 2009	2009- 2010	2010- 2011	2011- 2012	2012 2013
No. de observações	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Mínimo	477	1300	870	1306	1385	1527	1193	959	1131	713	1069	1117	1280	1095	1211
Máximo	2955	2989	2051	2187	2216	2361	2009	2222	1900	2034	2064	2753	3998	5301	4077
1° Quartil	1487	1556	1321	1547	1608	1796	1359	1554	1460	1646	1407	1465	1521	1474	1656
Mediana	1617	1680	1544	1790	1703	1854	1437	1731	1614	1809	1599	1744	1629	1661	1774
3° Quartil	1816	1836	1672	1976	1879	1938	1716	1855	1798	1901	1736	1934	1783	2033	1999
Média	1634	1793	1497	1758	1757	1855	1536	1701	1595	1719	1577	1747	1808	1944	1964
Variância (n-1)	263150	207848	92509	87458	60565	42123	61019	91785	56342	110119	65091	179807	461977	104065	4852
Desvio-padrão (n-1)	513	456	304	296	246	205	247	303	237	332	255	424	680	1020	697
Coeficiente de variação	0,302	0,245	0,196	0,162	0,135	0,107	0,155	0,172	0,143	0,186	0,156	0,234	0,362	0,506	0,342

Org. Carmello (2016)

Figura 93 - Variabilidade entre os postos e entre os anos no norte do Mato Grosso



Org.: Carmello (2016)

Na Figura 93 estão os valores anuais de chuva para a região norte do Mato Grosso. Repare que, como dito anteriormente, o estado do Mato Grosso apresenta forte variação espacial e baixa homogeneidade dos dados de chuva. Esta situação, conforme explicado anteriormente e retomado agora, é explicada pela diversidade dos fatores geográficos – latitude, relevo e vegetação, por exemplo – o que atribui à região uma complexa variabilidade climática.

A grande variabilidade pluviométrica na região Centro-Oeste está diretamente relacionada com as condições atmosféricas decorrentes da interação entre fenômenos pertencentes à várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a escala planetária até a escala local. Este perfil climático dificulta a determinação dos anos agrícolas padrões e consequentemente a aproximação dos valores de chuva com os valores de produtividade de soja, principalmente ao comparar apenas os valores anuais. Pode-se aferir que padrões pluviométricos pouco homogêneos e menos definidos, como é observado na região do norte do Mato Grosso, possuem menor relação com os totais de produtividade.

Apesar disso, nota-se que os anos de 2000-2001 e 2004-2005 são generalizadamente secos. Já 2003-2004 é extremamente chuvoso. Nos anos de 2011-2012 e 2012-2013, apesar de haverem postos com registros extremamente secos, há uma prevalência de dados chuvosos (Quadro 6). No

ano agrícola de 1998-1999, 5 postos pluviométricos apresentaram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10 e 6, e registraram valores de chuva que se classificaram entre os percentis 0.10 e 0.35, ou seja, o ano mais seco da série. Outro ano seco foi 2000-2001, dos 18 postos presentes na área de estudo, 5 apresentam valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10 e 7 postos que mostram valores que ficam entre o percentil 0.10 e 0.35, o que indica ser este um ano seco. Outro ano que pode ser definido como seco é o ano agrícola de 2004-2005.

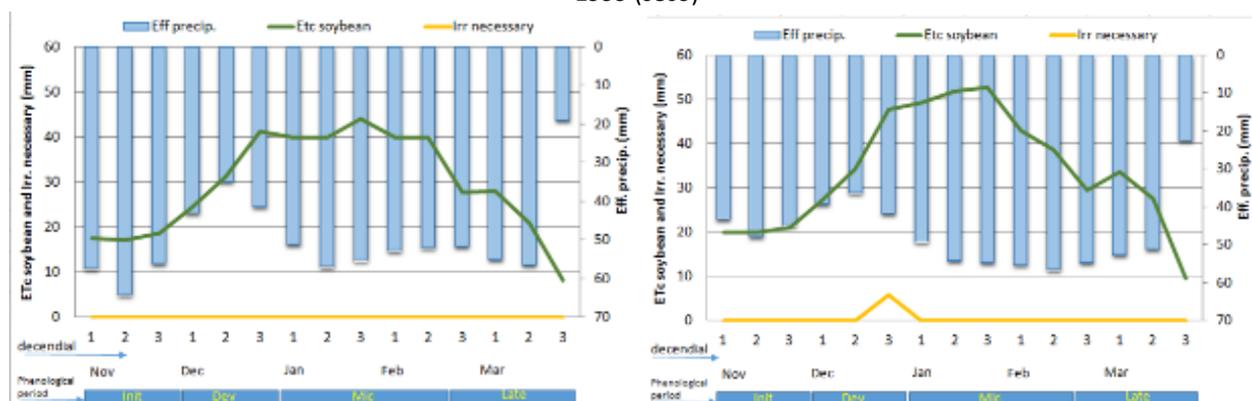
Quadro 6 - Variabilidade temporal das chuvas na região norte mato-grossense

Posto Pluviométrico	latitude	longitude	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
NOBA BRASILANDIA	-14,534	-54,582	Ext. Seco			Habitual		Chuvoso	Ext. Chuvoso								Chuvoso
PARANATINGA	-14,418	-54,049	Ext. Seco	Ext. Chuvoso								Ext. Chuvoso	Chuvoso				
QUEBÓ	-14,391	-56,072	Ext. Seco	Chuvoso													Ext. Chuvoso
NOVAMUTUM	-13,816	-56,122	Ext. Seco					Chuvoso				Ext. Chuvoso					Chuvoso
FAZENDA AGROCHAPADA	-13,447	-54,281		Ext. Seco	Ext. Chuvoso	Habitual			Ext. Chuvoso			Chuvoso					
NOVA MARINGÁ	-13,029	-57,093			Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso			Ext. Chuvoso			Chuvoso					
FAZENDA DIVÃO	-12,980	-56,181	Ext. Chuvoso					Chuvoso						Ext. Chuvoso			Ext. Chuvoso
TELES PIRES	-12,675	-55,793				Habitual					Ext. Chuvoso	Chuvoso					Chuvoso
NÚCLEO COLONIAL RIO FERRO	-12,518	-54,913		Chuvoso	Ext. Chuvoso	Habitual						Ext. Chuvoso	Chuvoso				Chuvoso
SANTA FELICIDADE	-11,929	-54,998	Ext. Seco	Ext. Seco	Chuvoso					Chuvoso					Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso
OLHO D'ÁGUA	-11,765	-57,042		Ext. Seco		Habitual	Chuvoso		Ext. Chuvoso								
CACHOEIRO	-11,653	-55,702	Chuvoso				Chuvoso	Ext. Chuvoso			Chuvoso						Ext. Chuvoso
FAZENDA ITAUBA	-11,471	-56,433						Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso			Chuvoso					
JUARA	-11,253	-57,507		Ext. Seco		Chuvoso											Ext. Chuvoso
FAZENDA TRATEX	-10,956	-55,549	Ext. Seco	Chuvoso			Ext. Chuvoso			Chuvoso							Ext. Chuvoso
COLIDER	-10,799	-55,449	Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso				Ext. Chuvoso							Ext. Chuvoso
AGROPECUÁRIA CAJABI	-10,746	-54,546			Ext. Chuvoso	Habitual	Habitual		Ext. Chuvoso			Chuvoso					Chuvoso
NÚCLEO ARIEL	-9,856	-58,247						Chuvoso				Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso	Ext. Chuvoso	Chuvoso

Org.: Carmello (2015)

Apesar das diferenças dos padrões e características climáticas entre as duas regiões que compõem o universo da pesquisa no Brasil, os anos-padrões definidos pelos dados de precipitação mostram certa similaridade. Exemplo: 1998-1999 (padrão seco) e 2012-2013 (chuvoso). No norte do Brasil (Fig. 94), a necessidade de irrigação é muito baixa (linha amarela), comparado ao sul, por exemplo, onde a necessidade de irrigação é evidente. No caso de um ano chuvoso, como em 2012-2013, esta necessidade é nula, mesmo que as taxas de evapotranspiração sejam altas. O que se entende é que a quantidade de chuva supre as necessidades hídricas da planta, o que está muito mais associado às características climáticas desta região do Brasil. Em um ano seco, como 1998-1999, os valores de evapotranspiração também são altos e há um período em que seria necessária a irrigação entre final de dezembro e início de janeiro. A primeira característica que se observa é que os dados de chuva são menos homogêneos, assim como observado no quadro tempo espacial.

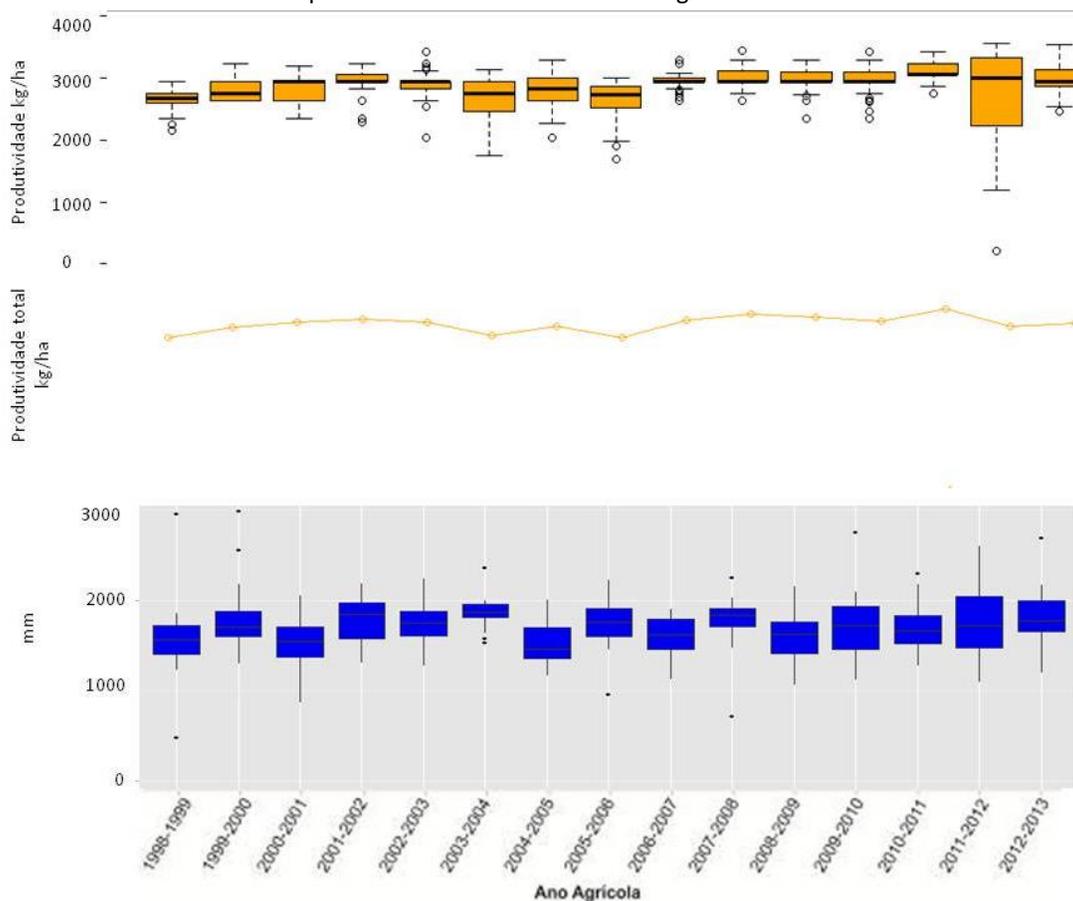
Figura 94 - distribuição mensal das saídas do modelo CropWat simuladas por ano diferente 2012-2013 (úmido). 1998-1999 (seco)



Etc - evapotranspiração de soja; EFF. precipitações efetivas; Irr. necessário - quantidades de água necessária para irrigação da cultura; Init - o estágio de germinação e crescimento; Dev. - produção de vagem; Mid. - o desenvolvimento das vagens; Late - o desenvolvimento final da soja

Assim como realizado para os dados de chuva do Rio Grande do Sul, representou-se a variabilidade anual das chuvas entre os postos pluviométricos do norte mato-grossense em gráficos *boxplots* e os resultados foram comparados de forma linear às variações de produtividade (Fig. 95).

Figura 95 - Comparação dos valores de produtividade de soja e da variabilidade das chuvas entre os postos pluviométricos do noroeste mato-grossense



Org.: Carmello (2015)

Apesar da dificuldade em definir os anos padrões desta série, foram selecionados 2004-2005, como seco, 2003-2004, chuvoso, considerando o perfil pluviométrico que os configuraram. A relação entre os totais de chuva e os totais de produtividade é menos marcada entre os anos se comparado à região rio-grandense. Os valores de chuva no norte de Mato Grosso variam entre 1500mm e 2000mm; em alguns anos como 2011-2012 estes registros ultrapassam os 2000mm. A variabilidade dos totais anuais entre os postos é menor nos anos de 2003-2004 e 2007-2008. A variabilidade entre os postos é marcada em 2009-2010 e 2011-2012. Neste último ano, existe resposta quanto à variação entre os municípios do total anual de produtividade. Em outro ano, o de 2003-2004, existe variação do total de soja produzido entre os municípios, mas o mesmo não é observado nos valores de chuva.

#### 4.9 - A variabilidade anual das chuvas no noroeste de Ohio

A variabilidade das chuvas no estado do meio oeste dos Estados Unidos apresenta certa similaridade com a variabilidade anual observada no Rio Grande do Sul, apesar das diferenças climáticas que predominam em cada região. Esta similaridade entre as duas regiões está sendo considerada devido às características de chuva e dos padrões anuais que ambas apresentam. Ou seja, podem ser semelhantes pelas séries de dados se apresentarem bastante homogêneas com baixa variabilidade entre os postos. O que caracteriza menor variação espacial.

Os coeficientes de variação mostram exatamente o que foi descrito no parágrafo anterior (Tabela 24). O ano de 2012 foi o que apresentou maior variação entre os postos, justificada pelo coeficiente de variação ter chegado a 0,235, diferente do ano de 2007, cuja variação foi menos intensa. O ano agrícola de 2003 registrou 196mm no posto em Sandusky (limite ao norte do estado) e o maior registro anual foi de 1224mm em Celina a oeste da área, já na fronteira com o estado de Indiana.

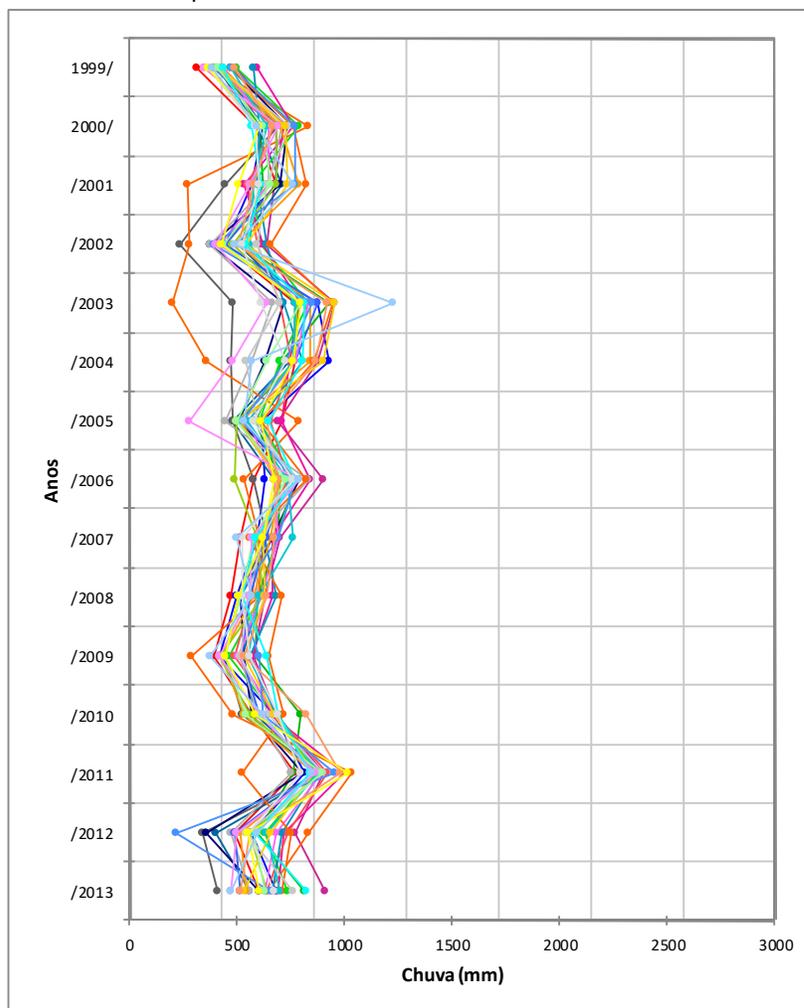
Tabela 24 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola

Estatística	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
No. de observações	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Mínimo	317	567	266	236	196	356	274	484	499	467	290	482	522	217	410
Máximo	590	829	821	653	1224	928	788	898	757	703	645	821	1030	830	911
1° Quartil	393	606	571	425	712	637	508	676	584	520	441	581	840	497	555
Mediana	422	677	633	501	799	751	578	734	617	572	513	644	877	564	635
3° Quartil	467	725	685	559	875	800	610	768	671	610	554	683	896	656	687
Média	430	674	626	488	784	717	568	716	624	576	498	635	865	571	633
Variância (n-1)	3944	5059	12408	11147	31055	18673	9798	8682	3702	3497	6822	5922	9191	18677	12578
Desvio-padrão (n-1)	63	71	111	106	176	137	99	93	61	59	83	77	96	137	112
Coeficiente de variação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Org. Carmello (2016)

O mesmo gráfico confeccionado para o Rio Grande do Sul e o Mato Grosso foi elaborado para o noroeste de Ohio. Buscou-se representar os valores totais de chuva, tornando possível observar a variação dos totais anuais, representados pelo gráfico da Figura 96 e pelo quadro tempo e espacial. Neste último, percebe a variação entre os anos e entre os postos pluviométricos.

Figura 96 - A variabilidade entre os postos e entre os anos no noroeste de Ohio



Org.: Carmello (2016)

Conforme descrição apresentada para o tipo de clima em Ohio, o noroeste deste estado apresenta certo padrão anual quanto a variabilidade e também maior homogeneidade entre os registros de dados de chuva. Outra característica, se comparado aos dados de chuva do Brasil, são os valores mais baixos de precipitação, decorrente das características climáticas regionais desta porção dos Estados Unidos. Este perfil pluviométrico está mediado pelas características climáticas, o que o diferencia bastante das demais regiões (características climáticas na escala regional – valores de chuva que não ultrapassam os 100mm mês neste período do ano). A principal característica das chuvas no estado de Ohio é a homogeneidade dos valores registrados entre os postos, ou seja, os anos mais secos ou os mais chuvosos são definidos de forma homogênea e todos os postos apresentam valores similares. Este perfil pluviométrico se aproxima àquele observado no Rio Grande do Sul. Este resultado indica também que há padrão espacial quanto à distribuição das chuvas.

É importante lembrar que no caso de Ohio, foram analisados dados de chuva provenientes de 29 postos pluviométricos distribuídos por toda sua porção noroeste. Estes dados, ao serem representados no quadro tempo-espacial, mostram que o primeiro ano agrícola da série foi extremamente seco e seco, intercalado posteriormente por 2000 e 2001, considerados dois anos pouco definidos, podendo ser considerados habituais ou tendentes a chuvosos. Em seguida (2002) foi extremamente seco ou tendente a seco. Os anos agrícolas de 2003 e 2004 foram dois anos chuvosos, com destaque para 2003, no qual houve muitos postos com registros que indicam valores extremos. Neste ano, 17 postos registraram valores acima do percentil 0.90 e 10 postos entre o percentil 0.65 e 0.90. Em 2004, 7 postos mediram valores acima do percentil 0.90 e 15 entre os percentis 0.65 e 0.90. O mesmo ocorreu em 2006 e 2011 (anos úmidos). Em 2006, 5 postos registraram valores acima do percentil 0.90 e 20 postos entre os percentis 0.65 e 0.90 (chuvoso). O ano mais chuvoso da série foi o ano de 2011, o qual apresentou 23 postos com valores acima do percentil 0.90.

O ano de 1999 e 2009 foram dois anos secos. No primeiro caso, 23 postos apresentaram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10 e 6 postos com valores entre os percentis 0.10 a 0.35. Outro ano tendente a seco foi 2002, no qual 9 postos registraram valores abaixo do percentil 0.10 e 16 postos entre os percentis 0.10 e 0.35. Em 2009, outro ano considerado seco, 10 postos apresentaram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10 e 16 entre os percentis 0.10 e 0.35. Os dois últimos anos da série variam entre dados que indicam valores extremamente secos e extremamente chuvosos. O quadro 7, que representa a variabilidade das chuvas de Ohio, apresenta marcada sazonalidade, diferenças anuais e variabilidade anual.

Quadro 7 - Variabilidade temporal das chuvas na região noroeste de Ohio

countie	Station	Latitude	Longitude	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Allen	LIMA ALLEN COUNTY AP	40.71	-84.03															
	LIMA WWTP	40.72	-84.13															
Crawford	BUCYRUS	40.81	-83.61															
	GALION WTR WKS	40.72	-82.80															
Defience	DEFIANCE	41.28	-84.38															
	DEFIANCE AP	41.34	-84.43															
Erie	SANDUSKY	41.45	-82.72															
Fulton	WAUSEON WTP	41.52	-84.15															
Huron	NORWALK WWTP	41.27	-82.62															
Lorain	ELYRIA 3 E	41.38	-82.06															
	ELYRIA LORAIN CO AP	41.35	-82.18															
	OBERLIN	41.27	-82.22															
Lucas	TOLEDO EXPRESS AP	41.59	-83.80															
Paulding	GROVER HILL	41.02	-84.48															
	PAULDING	41.12	-84.59															
Putnam	OTTAWA	41.03	-84.05															
	PANDORA	40.95	-83.96															
Richland	MANSFIELD 5 W	40.77	-82.62															
	MANSFIELD LAHM MUNI AP	40.82	-82.52															
Sandusky	FREMONT	41.33	-83.12															
Van Wert	VAN WERT 1 S	40.85	-84.58															
Willians	MONTPELIER	41.57	-84.61															
Wood	BOWLING GREEN WWTP	41.38	-83.61															
	TOLEDO METCALF FLD	41.56	-83.48															
Wyandot	UPPER SANDUSKY	40.83	-83.28															
Marion	MARION 2 N	40.62	-83.13															
	MARION MUNI AP	40.62	-83.06															
Hardin	KENTON	40.65	-83.61															
Mercer	CELINA 3 NE	40.57	-84.54															

Ext. Seco

Seco

Habitual

Chuvoso

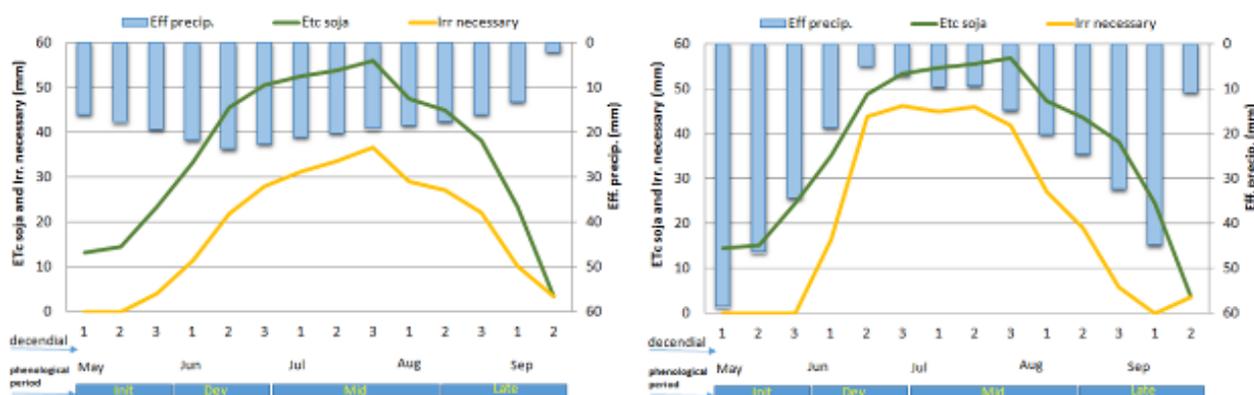
Ext. Chuvoso

Org. Carmello (2015)

No noroeste de Ohio, a necessidade de irrigação é observada para praticamente todo o período relacionado a safra de soja, ou seja, entre junho e agosto, tanto no ano chuvoso quanto no ano seco (Figura 97). No ano agrícola chuvoso (2011), a concentração das chuvas ocorreu especialmente no mês de maio e entre agosto e setembro, e com uma redução da frequência em junho e julho, o que ocasionou o aumento da evapotranspiração e consequentemente a maior necessidade de irrigação.

As chuvas durante o ano seco, apesar da menor quantidade, foram bem distribuídas, isto é, choveu de forma regular durante todo o período de safra (Maio - Setembro), o que contribuiu para diminuir a necessidade de inserção hídrica por meio da irrigação. O ano agrícola de 1999, considerado seco, não foi um ano com produtividade baixa de soja, apesar de apresentar certa variação espacial. O fato das chuvas, apesar do baixo volume, terem se distribuído ao longo do ano de forma regular, pode ter contribuído para o rendimento final não apresentar valores baixos. Neste caso, a produtividade final está associada à distribuição e não ao acúmulo.

Figura 97 - Distribuição mensal das saídas do modelo CropWat simuladas por diferentes anos em Defiance, Ohio. 1999 (seco) e 2011 (úmido).



Etc - evapotranspiração de soja; EFF. precipitações efetivas; Irr. necessário - quantidades de água necessária para irrigação da cultura; Init - o estágio de germinação e crescimento; Dev. - produção de vagem; Mid. - o desenvolvimento das vagens; Late - o desenvolvimento final da soja

Assim como foi aplicado para as duas regiões no Brasil, a variabilidade dos totais anuais das chuvas também foi representada através do gráfico do tipo *boxplot*, onde é possível verificar as variabilidades temporais e espaciais. Além desta representação, e em nível de comparação, foi inserida a linha e o gráfico de produtividade para comparar os resultados entre os totais anuais de ambas as variáveis (Fig. 98). Assim como no Brasil, estes gráficos foram distribuídos de uma forma que representassem a variação da produtividade de soja entre os municípios, o valor total produzido pelo noroeste de Ohio e a variação dos registros de precipitação entre os postos pluviométricos.

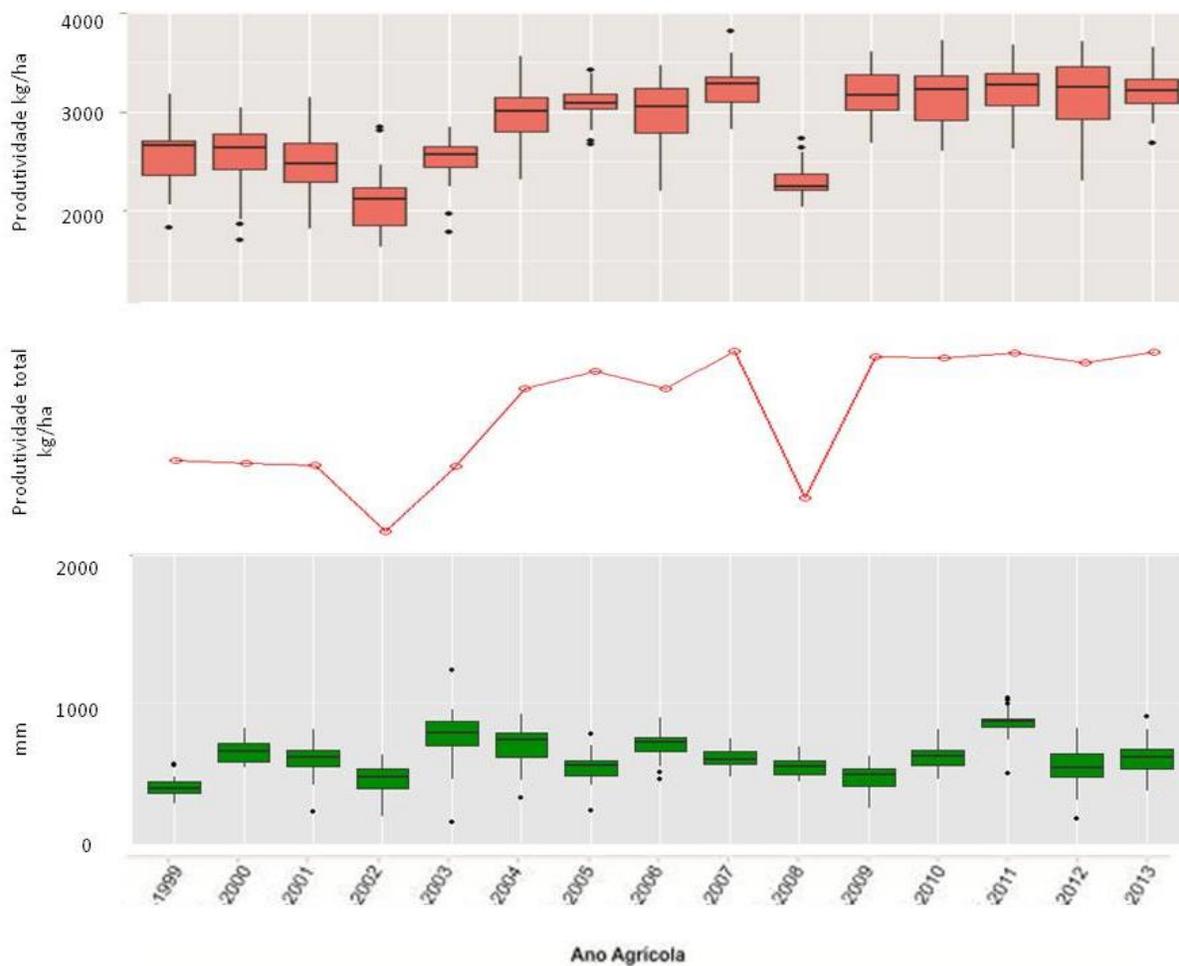
A primeira ocorrência de queda acentuada da produtividade de soja foi em 2002, fato registrado por todos os municípios localizados naquela região; se comparados os valores totais de precipitação, pode-se dizer que existe certa relação, pois neste ano agrícola também houve diminuição dos valores totais de chuva. No ano agrícola de 2003, a produtividade da soja apresenta aumento em todos os municípios e também menor variação entre eles. Se analisado o perfil pluviométrico deste mesmo ano, percebe-se que houve aumento dos valores totais anuais, sobretudo se comparado ao ano de 2002, definido como seco pela técnica do percentil.

De 2004 até 2007 a produtividade de soja tendeu a aumentar com valores acima de 3000 kg/ha em praticamente todos os anos, exceto pela menor homogeneidade dos dados do ano de 2006, ano agrícola que apresentou variação entre os municípios, apesar dos valores de chuva terem se mantido acima daqueles registrados por anos subsequentes (2006 – ano chuvoso).

Em 2008 há uma queda considerável da produtividade em todos os municípios do noroeste de Ohio. Neste ano, 14 postos pluviométricos apresentaram valores entre os percentis 0.10 e 0.35, o que indica ter sido um ano seco ou tendente a seco. Neste caso, acredita-se que possa ter ocorrido diminuição das chuvas em períodos específicos, o que pode ter sido determinante para este resultado. Nos demais anos após 2008, ano onde houve o último registro de queda acentuada de produtividade em Ohio, a produtividade da soja manteve anualmente registros acima de 3000

kg/ha, apesar das variações espaciais em 2010 (habitual) e 2012 que juntamente com 2013, configuram dois anos pouco definidos quanto aos padrões de chuva.

Figura 98 - Produtividade entre os municípios, variação do total anual e variabilidade das chuvas entre os postos do noroeste de Ohio.



Org.: Carmello (2015)

#### 4.10 - A variabilidade anual das chuvas no oeste de Madhya Pradesh – Índia

Apesar de a série temporal ser curta, sobretudo no caso Indiano, que não há dados para os anos de 2012 e 2013, considera-se importante o resultado ora apresentado por demonstrar os padrões anuais da chuva em período de safra de soja. A variabilidade anual das chuvas no oeste de Madhya Pradesh é marcada por anos habituais, secos e chuvosos, assim como o Rio Grande do Sul e Ohio. Chama-se a atenção para esta característica justamente porque se pode afirmar que estas três regiões são definidas por padrões pluviométricos anuais bem marcados.

Foram aplicados para a região indiana os mesmos testes aplicados às demais regiões. No caso da análise da estatística descritiva, nota-se que o ano agrícola que mostrou maior variação entre os postos foi 2001, e o ano cujo coeficiente de variação foi menor foi 2006 (Tabela 25). O menor valor de chuva registrado no período foi de 113mm em 2012 e o maior valor foi de 2461mm em 2000.

Tabela 25 - Estatística descritiva e análise dos totais anuais de chuva (mm) por ano agrícola

Estatística	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
No. de observações	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Mínimo	362	301	252	260	345	453	424	51	153	293	131	385	247	114
Máximo	1587	2461	1590	1256	1373	1403	1354	1383	2005	1376	1553	1951	1146	1725
1° Quartil	746	613	390	563	528	803	763	423	1004	692	599	691	618	837
Mediana	917	913	491	663	630	913	879	576	1250	851	684	782	711	1077
3° Quartil	1013	1049	588	824	715	1088	1047	650	1481	976	824	873	848	1163
Média	909	910	562	690	647	932	898	555	1218	831	733	831	726	980
Variância (n-1)	56665	157746	71645	35150	36840	49131	39252	48834	155059	48679	45236	62114	31272	119441
Desvio-padrão (n-1)	238	397	268	187	192	222	198	221	394	221	213	249	177	346
Coefficiente de variação	0,260	0,433	0,472	0,270	0,294	0,236	0,219	0,395	0,321	0,263	0,288	0,297	0,242	0,350

Org. Carmello (2015)

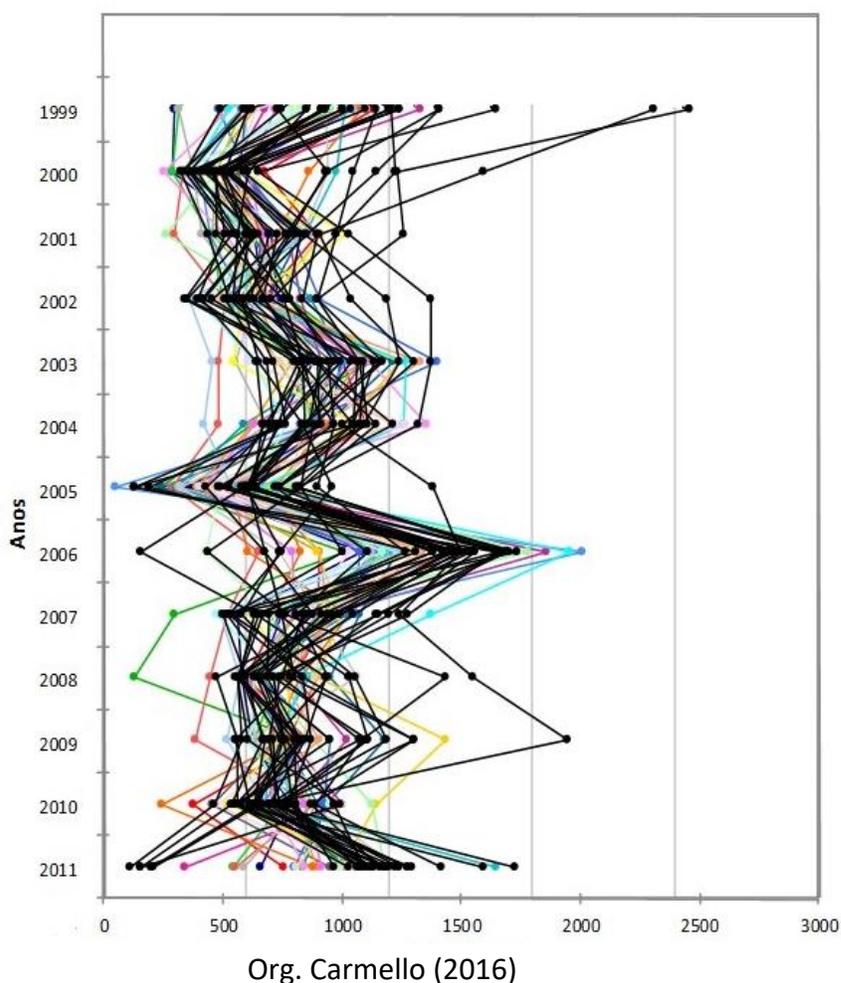
Existem alguns anos que mostram padrões entre os postos pluviométricos bem definidos. Estes resultados podem ser observados na Figura 99 e mais especificamente nos anos de 2005 e 2006. O quadro temporal foi confeccionado para avaliar a variabilidade e indicar os anos agrícolas padrões, secos ou chuvosos para os municípios produtores de soja do oeste de Madhya Pradesh, procedimento já realizado para as três regiões analisadas anteriormente.

No quadro referente à região indiana é possível notar que no primeiro ano da série (1999), por exemplo, os padrões chuvosos variam segundo a localização do posto, ou seja, os valores registrados variam conforme a posição latitudinal cujo posto se encontra. Os postos localizados nas latitudes 23 e 24 mostram valores mais chuvosos que os postos localizados na latitude 22. O ano de 2000, 2001 e 2002 foram três anos secos. No ano agrícola de 2000, 32 postos pluviométricos mensuram valores classificados iguais ou inferiores ao percentil 0.10 (extremamente seco) e 15 postos entre os percentis 0.10 e 0.35 (seco).

No ano de 2001, 7 postos mostram valores iguais ou inferiores ao percentil 0.10 e 20 postos pluviométricos entre os percentis 0.10 e 0.35. Em 2002, dos 58 postos pluviométricos analisados na Índia, 15 apresentam valores igual ou abaixo do percentil 0.10 e 26 entre os percentis 0.10 e 0.35. Se comparar aos valores de produtividade, percebe-se que houve queda em 2001 e 2002, sobretudo se comparados aos dois anos anteriores (1999 e 2000). Em 2000, ano seco segundo a

classificação dos percentis, a variação de produtividade de soja entre os municípios foi bastante marcada. Neste ano houve municípios que produziram acima de 1500 kg/ha e outros que produziram 500 kg/ha.

Figura 99 - Variabilidade anual das chuvas no oeste de Madhya Pradesh - Índia



Outro ano seco da série foi 2005, onde 23 postos indicam valores extremamente secos e 22 postos classificados entre os percentis 0.35 e 0.10. Ao analisar os gráficos do tipo caixa (Figura 101 e Quadro 8) pode-se aferir que houveram impactos nos valores finais de produtividade deste ano. Os anos agrícolas de 2003 e 2004, apesar de apresentarem valores habituais nas latitudes mais baixas, mostraram quantidade considerável de valores classificados acima do percentil 0.65, ou seja, ano úmido, pois apresentam valores de chuva acima dos habituais. Outro ano considerado chuvoso em Madhya Pradesh foi 2006. Neste ano, 39 postos apresentam valores classificados acima do percentil 0.90. Em 2011, dos 58 postos analisados, 26 apresentaram valores acima do percentil 0.90 e 15 postos entre os percentis 0.65 e 0.90, ou seja, valores que indicam que 2011 foi um ano chuvoso.

Quadro 8 - Variabilidade espaço temporal da precipitação no oeste de Madhya Pradesh

Posto Pluviométrico	Latitude	Longitude	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005	2007	2008	2009	2010	2011
BERASIA	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BAGLI	22	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
DEWAS AR.	22	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
KHATEGAON	22	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
TONKHURD	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BADNAWAR	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
DAHAI	x	x	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
DHAR	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
DHARAMPURI	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GANDHWANI	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
KUKSHI	22	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
MANAWAR	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
NALCHHA	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SARDARPUR	22	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
TIRLA	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
ANONE	x	x	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
CHACHORA	24	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GUNA	24	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
TIMARNI(DHEKNA)	22	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GAUTAMPURA	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SANWER	22	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
JHABUA	22	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
PETALWAD	22	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
RAMA	22	73	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
RANAPUR	22	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GAROTH	24	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
MALHARGARH	24	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
MANDSAUR	24	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SITAMAU	24	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SUVASARA	24	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
JAWAD	24	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BAJNA	23	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
JAORA	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
PIPLODA	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SAILANA	23	74	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BUDHNI	22	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
ICHHAWAR	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SEHORE QASBA	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
AGAR	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
KALAPIPAL(MANDI)	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
MOMANBARODIA	x	x	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
NALKHEDA	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SHAJAPUR	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SHUJALPUR	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SUSNER	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BADNAGAR	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GAHTTIA	x	x	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
KHACHROD	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
MAHIDPUR	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
TARANA	23	76	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
UJJAIN	23	75	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
BASODA	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
GYARASPUR	23	78	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
KURWAI	24	78	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
LATERI	24	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
NATEREN	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
SIRONJ	24	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
VIDISHA	23	77	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55

Ext. Seco

Seco

Habitual

Chuvoso

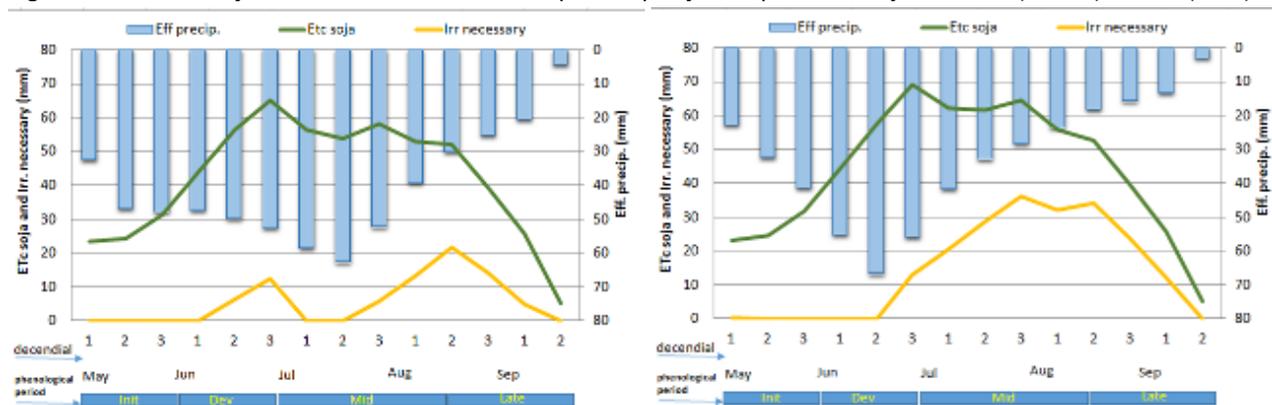
Ext. Chuvoso

Org. Carmello (2015)

Depois da análise do quadro tempo espacial das chuvas para o Oeste de Madhya Pradesh, fica evidente que os anos de 2000, 2001 e 2005 foram os mais secos e o de 2006, um dos mais chuvosos. Neste caso, foram analisados os dados de evapotranspiração para o ano chuvoso de 2004 e o ano seco de 2005 e constatou-se que em Madhya Pradesh a necessidade hídrica aumenta no final de junho e início de julho, mesmo em um ano chuvoso. Isso ocorre também no período posterior a agosto (Figura 100).

Apesar da boa distribuição pluviométrica, a soja apresenta valores consideráveis de evapotranspiração, o que ocasiona a maior necessidade de irrigação. Já em um ano seco, é necessário aumentar a irrigação desde julho até o final de agosto e início de setembro. Nos dois anos, foram estes os períodos de maior perda de água por parte da planta, havendo a necessidade de reposição. Fica evidente, assim como nas demais regiões, exceto pelo Mato Grosso, a maior necessidade de irrigação durante anos nos quais ocorreu redução ou distribuição ineficaz das chuvas.

Figura 100 - Distribuição mensal dos valores de evapotranspiração da planta de soja em 2004 (úmido) e 2005 (seco).



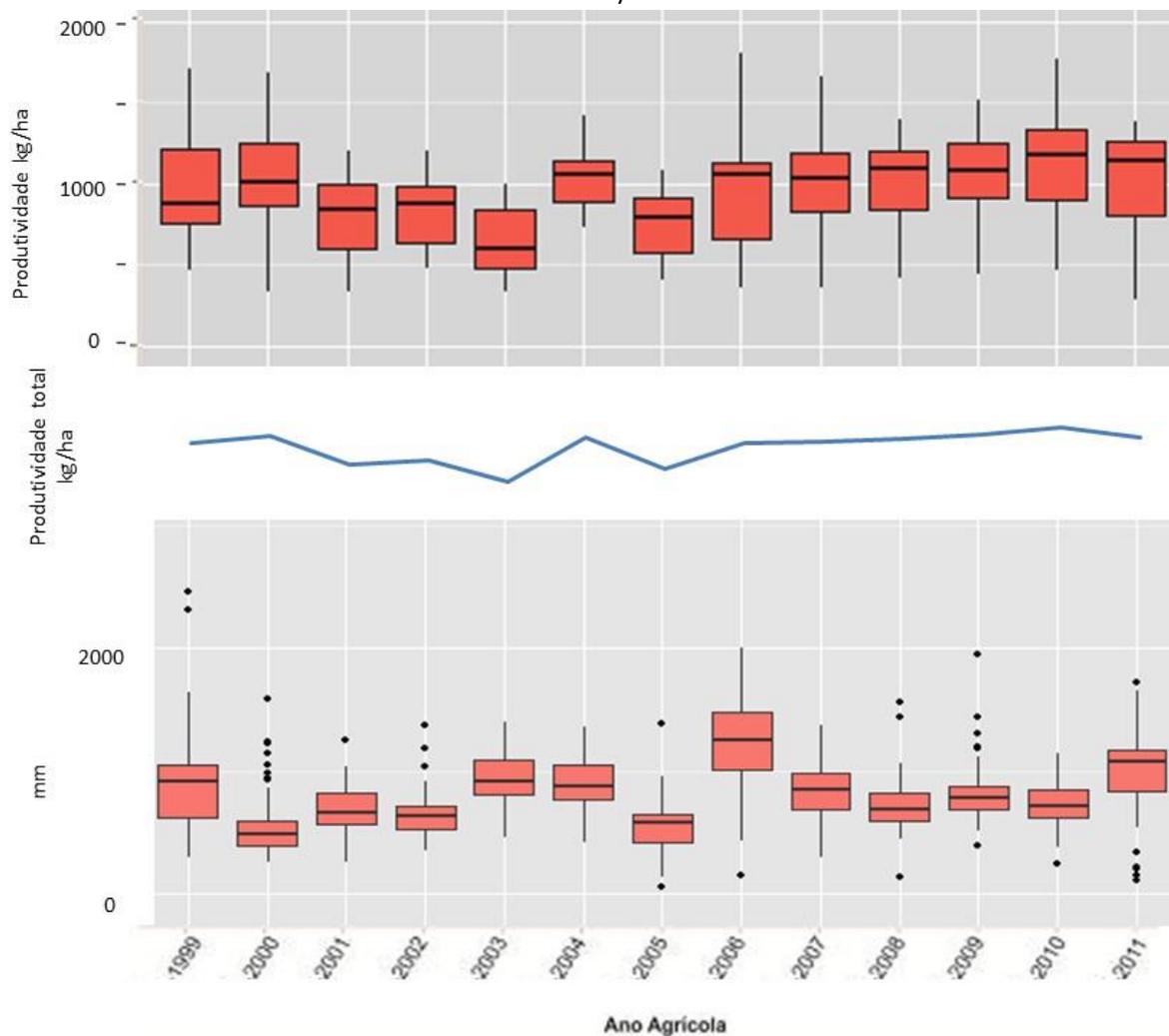
Etc - evapotranspiração de soja; EFF. precipitações efetivas; Irr. necessário - quantidades de água necessária para irrigação da cultura; Init - o estágio de germinação e crescimento; Dev. - produção de vagem; Mid. - o desenvolvimento das vagens; Late - o desenvolvimento final da soja

Na análise dos dados de chuva, afere-se também que existem variações espaciais dos dados de precipitação, dependendo da longitude em que se encontra cada posto (Quadro 8). Na Figura seguinte é possível observar os valores anuais de precipitação acumulada por posto pluviométrico, representados pelos gráficos tipo caixa. Os anos com maior variabilidade pluviométrica entre os postos (1999, 2006 e 2011) também foram os anos que apresentam maior variação da produtividade entre os municípios, principalmente em 2006. Neste ano, houve também os maiores registros de precipitação, onde os valores de chuva chegaram a 2000mm; ocorreu também a partir de 2006 o aumento dos valores de produtividade anual.

O ano de 2004 é o mais homogêneo da série de produtividade de soja, e praticamente todos os postos registraram valores habituais de chuva. O ano de 2000, considerado um ano seco, apresentou variação da produtividade, entretanto, apesar desta característica, houve municípios que registram produtividade acima de 1500kg/ha. O mesmo não ocorreu no ano seco de 2005, pois

neste ano a produtividade da soja no oeste de Madhya Pradesh ficou abaixo de 1000 kg/ha em todos os municípios.

Figura 101 - Produtividade entre os municípios, variação do total anual e variabilidade das chuvas entre os postos do oeste de Madhya Pradesh.



Org.: Carmello (2015)

## **5 - VARIABILIDADE MENSAL DAS CHUVAS E O BALANÇO HÍDRICO DOS ANOS DE MAIOR VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE**

### **5.1 – Introdução**

No capítulo anterior, tratou-se da chuva como a principal fonte de água para a maior parte da produção de soja mundial e notou-se que a imprevisibilidade do clima é caracterizada como sendo o principal fator de risco e de insucesso na exploração da agricultura (FARIAS, et al., 2016). Foi visto que a precipitação é um elemento do tempo importante, que influencia diversas atividades, e uma em especial é a agricultura (MOHANTY et al., 2001).

Estas flutuações contínuas, associadas em sua maioria à mecanismos distintos de produção da precipitação, interferem diretamente no papel das chuvas, no processo de obtenção de água pelas plantas. Tais variações nos padrões de precipitação desencadeiam períodos ora de baixa, ora de alta pluviosidade. Ocasionam períodos curtos, médios e longos de estiagens. Suas interferências aparecem desde o manejo do solo até o transporte e a comercialização do alimento cultivado, podendo, conforme sua magnitude, desencadear um (des) arranjo em diversas escalas da sociedade.

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos quanto à variabilidade anual das chuvas nas quatro regiões. Foram observadas as características climáticas como fatores responsáveis pela distribuição dos valores anuais de precipitação em cada ponto estudado. Além disso, realizaram-se as primeiras correlações lineares ainda considerando a escala de análise anual. Observaram-se também os períodos cuja planta de soja requer maior *input* de água, tanto em anos secos quanto em anos chuvosos. Já nesta etapa da pesquisa, pretende-se reduzir a escala para períodos mensais, onde será possível comparar a distribuição das chuvas com os principais períodos fenológicos da cultura da soja.

### **5.2 - Chuva e soja – uma questão de escala**

Os dados na escala anual são interessantes, pois favorecem uma série de análises integradas e visualmente bastante significativas. São importantes pois possibilitam a visualização e o entendimento daquilo que condiz com a realidade climática de cada região estudada, e mostraram as diferenças e os padrões que ocorrerem em cada tipo de região climática. No caso da chuva, os valores anuais indicam padrões regionais e, se comparados aos valores de produtividade agrícola, muitas vezes podem ser observadas relações bastante expressivas, caso verificado no Rio Grande do Sul e em anos específicos de Ohio e de Madhya Pradesh.

**Mas porque ocorrem reduções anuais de produtividade da soja mesmo em anos em que os valores acumulados de precipitação ficam acima do habitual?**

Possivelmente porque existem períodos específicos cuja planta de soja se torna mais vulnerável à deficiência hídrica, por exemplo, ou por outros fatores muito mais ligados à sociedade que à natureza; exemplos podem ser relacionados à fatores econômicos e políticos. Os episódios ora de seca, ora de chuva extrema, conduzem os resultados das safras agrícolas das diferentes culturas sazonais e não apenas da soja. Com isso, a redução da escala temporal para períodos mensais e diários é justificado pelos seguintes apontamentos:

✓ **Melhor compreensão sobre o período fenológico da planta é sua importância para a soja, em termos de variabilidade climática.**

✓ **Melhor compreensão sobre o papel dos eventos climáticos extremos e seu impacto na soja.**

Sobre as pesquisas em climatologia relacionada à soja, alguns trabalhos, além de considerarem os testes de correlação estatística, também incorporam a variável técnica. O resultado é a possibilidade de minimizar as repercussões da variação do tempo atmosférico nas regiões agrícolas do planeta. O primeiro trabalho a considerar esta relação foi desenvolvido e concluído por Smith (1914). O autor usou correlações simples para determinar a influência da chuva e a produção de milho. Com o tempo, outros autores refizeram as análises e melhoraram as técnicas estatísticas.

Durante as últimas três décadas, a seca e as ondas de calor causaram aproximadamente US\$ 145 bilhões em danos na região dos Corn Belts (LOTT E ROSS, 2006). A relação entre o tempo atmosférico, a técnica e a produção de soja foi estudada nos Estados Unidos por Tannura, Irwin e Good (2008). Estes autores consideraram a produção de soja nos estados de Illinois, Indiana e Iowa, e identificaram que *“soybean yields were most affected by technology and the magnitude of precipitation during June through August (and especially during August)”*<sup>14</sup>. Cabas et al., (2009) defendem que as variáveis do clima têm um grande impacto na produtividade média de grãos. Goldblum (2009) constatou que o rendimento de soja é negativamente correlacionado com a temperatura média mensal em Illinois (central e Sul) durante o verão, e positivamente correlacionados com precipitação nas mesmas regiões em julho e agosto.

Penalba et. al., (2007) analisou os impactos da variabilidade climática em regiões produtoras na Argentina e concluiu que as correlações entre essas variáveis confirmam em termos quantitativos, no caso da temperatura e precipitação, que são os principais fatores climáticos que

---

<sup>14</sup> A produtividade da soja foi a mais afetada pela tecnologia e pela magnitude da precipitação durante junho a agosto (e especialmente no mês de agosto).

determinam a variabilidade da produção agrícola. Galvani e Escobeto (2001) conduziram uma pesquisa onde indicam que a avaliação da quantidade de água exigida por determinada cultura torna-se ainda mais importante, sobretudo em regiões áridas ou com secas regulares, onde o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade são limitadas pelo fator hídrico.

LALA et al., (1999) mostram que os rendimentos na Índia substancialmente respondem à variação temporal das chuvas, sobretudo quando está associada com variações observadas na continuidade de monção. Períodos de seca prolongadas em fases críticas da safra de soja afetam negativamente o crescimento e desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, os rendimentos. Entende-se que a maneira exata na qual o déficit hídrico afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja tem sido foco de debates.

Estes são apenas alguns exemplos de pesquisas que evidenciam e comprovam que a agricultura ainda se mostra vulnerável aos diferentes níveis de variabilidade climática e que, apesar do desenvolvimento tecnológico, ainda existem elementos importantes que evidenciam esta relação no campo.

### **5.3 - A variabilidade mensal e a relação com a soja em comparação a seus períodos fenológicos e exigências hídricas**

Os períodos de déficit hídrico são características recorrentes do clima e são observados em todas as zonas climáticas. Muitas pesquisas consideram a relação entre os valores mensurados de chuva e os valores finais de rendimento, isso porque a água no desenvolvimento da planta de soja detém importante papel, sobretudo em períodos específicos, semeadura, germinação, florescimento, enchimento de grãos, que serão tratados mais à frente. Além de considerar as chuvas, as pesquisas buscam entender a distribuição da variação destes valores durante o ano agrícola, sem deixar de acrescentar à esta discussão formas de irrigação.

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos. (EMBRAPA, 2016). A chuva é o principal fator que leva à geração e manutenção de condições de seca (PAI, et al., 2011). Existem períodos específicos em que a planta de soja se torna mais vulnerável, logo, é importante destacar na escala mensal os meses secos e chuvosos que possam ter contribuído para aumentar o risco à redução da produtividade.

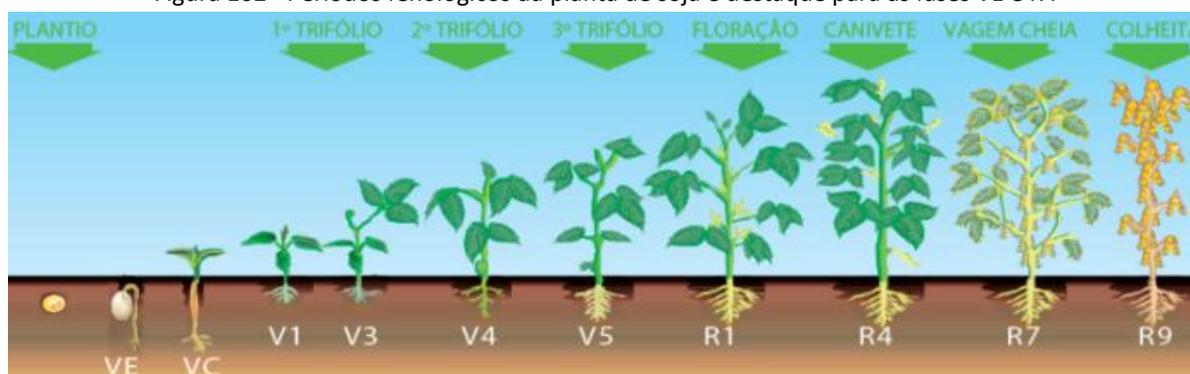
A redução da escala é importante pois, apesar de haverem correlações nos valores totais, podem haver episódios de chuva intensa ou de veranicos que explicam as variações da produtividade de soja entre os municípios por exemplo. A cultura da soja, para apresentar um bom desempenho, necessita, além de um volume de água adequado, uma boa distribuição das chuvas ao longo do ciclo, suprimindo sua demanda principalmente durante as fases mais críticas (FARIAS et al., 2007).

A soja pode ser cultivada sob condições ambientais muito variáveis e, predominantemente, sem irrigação. Assim, está sujeita ao déficit hídrico e, dependendo da maior ou menor intensidade, o desenvolvimento da planta pode ser afetado (CONFALONE e DUJIMOVICH, 1999). A necessidade de água aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. A necessidade total de água para obtenção do máximo rendimento varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. Plantas sob déficit hídrico são afetadas por uma dificuldade na absorção da água, na germinação de sementes, no fechamento estomático, na transpiração, na fotossíntese, na atividade enzimática, no metabolismo do nitrogênio, dentre outros processos. (BERLATO; FONTANA, 1999; MATZENAUER et al., 2003, AWAD; CASTRO, 1989). A disponibilidade de água é importante em três períodos de desenvolvimento da soja:

Germinação **VE**, emergência **VC** e floração-enchimento dos grãos. **R4 R7** (Figura 102).

Durante o primeiro período, ambos: excesso ou falta de água, são prejudiciais para o estabelecimento e a obtenção de uma boa uniformidade da população de planta. Sementes de soja precisam absorver pelo menos 50% do seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nesta fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder 85% do total máximo disponível, ou não deve ser inferior a 50% (AVILA et al., 2013. p. 369). No caso da falta significativa de água durante a floração, ocorrem alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento de folhas e, conseqüentemente, a queda prematura de flores e folhas, resultando no abortamento de vagens; o que, por fim, leva à redução do rendimento dos grãos (KOSLOWSKI, 1968; NEPOMUCENO et al., 1993, EMBRAPA, 2006).

Figura 102 - Períodos fenológicos da planta de soja e destaque para as fases VE e R4



Fonte: Globalagro - <http://www.globalagro.online/produtos/soja/>

A disponibilidade insuficiente de água no solo é considerada uma das causas mais comuns da baixa germinação de sementes de soja em áreas suscetíveis aos déficits hídricos no início dos períodos de plantio. As sementes de soja estão constantemente num processo de troca de umidade com o ar circundante, procurando o equilíbrio higroscópico (PESKE; DELOUCHE, 1985; AHRENS;

PESKE, 1994). A maneira exata na qual o déficit hídrico afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja tem sido foco de debates. Há evidências de que o estresse hídrico interfere no crescimento das plantas através de mecanismos diretos e indiretos que alteram as relações hormonais, nutricionais e de formação de carboidratos (KOSLOWSKI, 1968; NEPOMUCENO et al., 1993).

Períodos de deficiência hídrica ou menor disponibilidade de água no solo podem ser observados utilizando o balanço hídrico Sequencial - BH, considerado normal. Esta técnica é bastante respeitada e capaz de gerar resultados significativos. Além das técnicas de correlação para analisar a relação das chuvas ou a falta delas com a referida produção, optou-se por utilizar a técnica do Balanço Hídrico (BH). Esta técnica é baseada na proposta de Thornthwaite e Mather (1955) e é considerada:

[...] uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como escalas maiores como a mensal, utilizando-se valores médios de vários anos (normal climatológica). Através da entrada desses dados, fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água do solo (ARM). Este balanço hídrico climatológico torna-se assim um indicador da disponibilidade hídrica em uma região, para um grupo de culturas (CARVALHO e STIPP, 2004, p. 59).

Nesta pesquisa optou-se pelo uso do Balanço Hídrico Climatológico Sequencial e, conforme diferenciado por Sentelhas e Angelocci (2009), este tipo de teste fornece a caracterização e variação sazonal das condições do BH ao longo de um período específico, e pode ser considerado de grande importância para as tomadas de decisão.

## **5.4 - Estatística descritiva e correlação mensal entre os valores de chuva e o total de produtividade**

### **5.4.1 - Quanto aos resultados no Brasil**

A produtividade da soja no Rio Grande do Sul é definida pelas chuvas que ocorrem no mês de fevereiro (Tabela 26). Este resultado associado ao período fenológico da planta condiz com a fase de floração que ocorre entre janeiro e fevereiro, isto é, período considerado crítico ao desenvolvimento da cultura, tornando-a mais vulnerável às perdas por estresse hídrico. No resultado ora apresentado, é verificado que o mês de fevereiro é o período do ano com o maior número de correlações estaticamente significativas na região noroeste do Rio Grande do Sul. Este perfil denota àquilo já afirmado por Battisti et al., (2017), quando demonstram que a produtividade da soja no sul do Brasil é, apesar da inserção da técnica, ainda afetada e conduzida pela distribuição das chuvas e influência do clima. Almeida (2005) também demonstra que o período mais crítico

para que ocorra deficiência hídrica em locais de produção de soja no Brasil é entre os meses de janeiro e fevereiro.

Tabela 26 - Municípios e Postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos

Municípios	Estação	Teste	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Marco	Abril
Barracão	Barracão	Person	0.176	0.575	0.319	0.253	<b>0.001**</b>	0.425	0.462
		Kendall	0.164	0.728	0.254	0.180	<b>0.002**</b>	0.519	0.346
		Spearman	0.224	0.629	0.298	0.193	<b>0.001**</b>	0.474	0.575
Carazinho	Carazinho	Person	0.943	0.100	<b>0.042*</b>	0.063	<b>0.003**</b>	0.205	0.070
		Kendall	0.920	<b>0.046*</b>	0.317	0.036	<b>0.005**</b>	<b>0.036*</b>	0.549
		Spearman	0.764	<b>0.042*</b>	0.276	<b>0.026*</b>	<b>0.001**</b>	0.035	0.833
Carazinho	Colégio Xadrez	Person	0.191	0.789	<b>0.034*</b>	0.469	<b>0.034*</b>	0.066	0.889
		Kendall	0.620	0.921	<b>0.023*</b>	0.198	<b>0.007*</b>	<b>0.047*</b>	0.692
		Spearman	0.661	0.945	<b>0.012*</b>	0.198	<b>0.004*</b>	<b>0.045*</b>	0.699
Casca	Casca	Person	0.166	0.411	0.219	0.312	<b>0.001*</b>	0.187	0.324
		Kendall	0.216	0.151	0.216	0.151	<b>0*</b>	0.216	0.729
		Spearman	0.362	0.132	0.211	0.118	<b>0*</b>	0.201	0.676
Casca	Passo Migliavaca	Person	0.047	0.941	0.284	0.273	<b>0.003**</b>	0.207	0.435
		Kendall	0.055	0.728	<b>0.024*</b>	0.102	<b>0.009**</b>	0.150	0.655
		Spearman	0.089	0.904	<b>0.041*</b>	0.172	<b>0.002**</b>	0.170	0.727
Cruz Alta	Santa Clara do Ingai	Person	0.966	0.215	0.574	<b>0.032*</b>	<b>0.015*</b>	0.096	0.151
		Kendall	0.960	<b>0.01*</b>	0.339	<b>0.024*</b>	<b>0.039*</b>	0.145	0.513
		Spearman	0.995	0.014*	0.362	<b>0.02*</b>	<b>0.034*</b>	0.132	0.540
David Canabarro	Trinca e Cinco	Person	0.943	0.100	<b>0.042*</b>	0.063	<b>0.003**</b>	0.205	0.070
		Kendall	0.920	<b>0.046*</b>	0.317	<b>0.036*</b>	<b>0.005**</b>	<b>0.036*</b>	0.549
		Spearman	0.764	<b>0.042*</b>	0.276	<b>0.026*</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.035*</b>	0.833
Espumoso	Deposito	Person	0.176	0.575	0.319	0.253	<b>0.001**</b>	0.425	0.462
		Kendall	0.164	0.728	0.254	0.180	<b>0.002**</b>	0.519	0.346
		Spearman	0.224	0.629	0.298	0.193	<b>0.001**</b>	0.474	0.575
Frederico Westphalen	Frederico	Person	0.497	0.714	0.260	0.718	<b>0.008**</b>	<b>0.042*</b>	0.930
		Kendall	0.655	0.728	0.124	0.519	<b>0.001**</b>	0.066	0.728
		Spearman	0.985	0.737	0.195	0.580	<b>0**</b>	0.083	0.685
Giruá	Giruá	Person	0.337	0.447	0.088	0.541	<b>0.011*</b>	0.080	0.186
		Kendall	0.077	-0.038	<b>.383**</b>	0.172	<b>0.345</b>	0.287	0.287
		Spearman	0.795	0.869	<b>0.044*</b>	0.447	<b>0.062</b>	0.062	0.134
Guarani das Missões	Passo Viola	Person	0.174	0.441	0.343	<b>0.008**</b>	<b>0**</b>	0.198	0.877
		Kendall	0.321	0.921	0.197	<b>0.007**</b>	<b>0**</b>	0.112	0.233
		Spearman	0.593	0.914	0.183	<b>0.005**</b>	<b>0**</b>	0.082	0.415
Ibiaca	Passo das Pedras	Person	0.943	0.354	0.350	0.066	<b>0.01*</b>	0.654	0.249
		Kendall	0.881	0.728	0.455	0.149	<b>0.041*</b>	0.344	0.654
		Spearman	0.859	0.693	0.437	0.101	<b>0.017*</b>	0.377	0.751
Ijuí	Conceição	Person	0.246	0.255	0.116	0.143	<b>0.001**</b>	0.294	0.603
		Kendall	0.552	0.692	<b>0.029*</b>	0.113	<b>0.002**</b>	0.234	0.372
		Spearman	0.699	0.657	<b>0.021*</b>	0.098	<b>0.002**</b>	0.245	0.376
Independência	Esquina Araújo	Person	0.323	0.459	<b>0.038*</b>	0.207	<b>0.035*</b>	<b>0.043*</b>	0.890
		Kendall	0.487	0.766	0.091	0.197	0.136	<b>0.022*</b>	1.000
		Spearman	0.770	0.717	0.099	0.188	0.082	<b>0.017*</b>	0.899
Irai	Irai5	Person	0.534	0.289	<b>0.047*</b>	0.499	<b>0.025*</b>	<b>0.02*</b>	0.668
		Kendall	0.882	0.552	<b>0.023*</b>	0.488	<b>0.01**</b>	0.083	0.428
		Spearman	0.657	0.524	<b>0.034*</b>	0.576	<b>0.005**</b>	0.090	0.318
Itatiba do Sul	Itatiba	Person	0.401	0.393	<b>0.008**</b>	0.376	<b>0.005**</b>	<b>0.022*</b>	0.788
		Kendall	0.425	0.653	<b>0.016*</b>	0.195	<b>0.005**</b>	<b>0.036*</b>	0.550
		Spearman	0.296	0.671	<b>0.013*</b>	0.243	<b>0.003**</b>	<b>0.027*</b>	0.552
Liberato Salzano	Liberato Salzano	Person	0.938	0.272	0.251	0.214	<b>0.007**</b>	0.256	0.634
		Kendall	0.654	0.441	0.137	0.253	<b>0.032*</b>	0.123	0.804
		Spearman	0.924	0.468	0.162	0.252	<b>0.029*</b>	0.156	0.765
Marau	Marau7	Person	0.819	0.107	0.313	<b>0.046*</b>	<b>0.039*</b>	0.336	0.021

		Kendall	0.765	<b>0.036*</b>	0.550	<b>0.036*</b>	<b>0.022*</b>	0.550	0.370
		Spearman	0.949	0.073	0.539	<b>0.013*</b>	<b>0.007**</b>	0.509	0.399
		Person	0.621	0.118	0.206	<b>0.028*</b>	<b>0.008**</b>	0.538	0.179
	Vila Tres Passos	Kendall	0.485	<b>0.017*</b>	0.454	<b>0.008**</b>	<b>0.022*</b>	0.690	1.000
		Spearman	0.561	0.047	<b>0.478*</b>	<b>0.008**</b>	<b>0.008**</b>	0.683	0.829
		Person	0.310	0.211	0.115	0.285	<b>0.016*</b>	<b>0.001**</b>	0.555
Marcelino Ramos	Marcelino Ramos	Kendall	0.275	0.321	0.226	0.164	<b>0.037*</b>	<b>0.002**</b>	0.654
		Spearman	0.210	0.486	0.298	0.215	0.051	<b>0.002**</b>	0.597
		Person	0.843	0.692	<b>0.007**</b>	0.620	0.234	0.276	0.234
Miraguai	Miraguai	Spearman	0.589	0.766	<b>0.014*</b>	0.528	0.253	0.237	0.268
		Person	0.506	0.464	0.479	0.750	<b>0.002*</b>	0.135	0.691
Não me Toque	Não me Toque	Kendall	0.427	0.197	0.487	0.619	<b>0.003**</b>	0.074	1.000
		Spearman	0.462	0.297	0.389	0.514	<b>0.001**</b>	<b>0.043*</b>	0.884
		Person	0.984	0.111	0.087	0.128	<b>0.001**</b>	<b>0.017*</b>	0.147
Paim Filho	Paim Filho	Kendall	0.842	0.110	0.318	<b>0.007**</b>	<b>0.007**</b>	<b>0.022*</b>	0.272
		Spearman	0.985	0.133	0.324	<b>0.003**</b>	<b>0.005**</b>	<b>0.017*</b>	0.301
		Person	0.301	0.663	0.158	0.681	<b>0.001**</b>	0.446	0.091
Palmeira das Missoes	Palmeira das Missoes	Kendall	0.486	0.921	0.163	0.766	<b>0.001**</b>	0.426	0.766
		Spearman	0.647	0.970	0.158	0.722	<b>0.001**</b>	0.575	0.980
		Person	0.693	0.244	0.140	0.545	<b>0.003**</b>	0.299	0.183
Passo Fundo	Pulador	Kendall	0.765	0.135	<b>0.028*</b>	0.273	<b>0.022*</b>	0.319	0.618
		Spearman	0.819	0.196	<b>0.038*</b>	0.377	<b>0.008**</b>	0.429	0.669
		Person	0.928	0.877	0.190	0.118	<b>0.015*</b>	0.082	0.479
Porto Lucena	Porto Lucena	Kendall	0.728	0.881	0.123	0.066	<b>0.011*</b>	<b>0.032*</b>	0.179
		Spearman	0.717	0.712	0.147	<b>0.02*</b>	<b>0.008**</b>	<b>0.035*</b>	0.263
		Person	0.750	0.142	0.109	<b>0.03*</b>	<b>0**</b>	0.359	0.092
Sanaduva	Sananduva	Kendall	0.689	0.110	0.072	<b>0.036*</b>	<b>0**</b>	0.230	0.424
		Spearman	0.459	0.085	0.116	<b>0.018*</b>	<b>0**</b>	0.215	0.483
		Person	0.267	0.185	<b>0.046*</b>	<b>0**</b>	<b>0.001**</b>	0.437	0.439
Sto Antonio das Missoes	Sto Antonio das Missoes	Kendall	0.137	0.552	<b>0.037*</b>	<b>0.003**</b>	<b>0.001**</b>	0.428	0.766
		Spearman	0.201	0.616	<b>0.039*</b>	<b>0.002**</b>	<b>0**</b>	0.495	0.815
		Person	0.306	0.455	<b>0.008*</b>	0.079	<b>0.034**</b>	0.053	0.856
Santo Augusto	Sto Augusto	Kendall	0.319	0.690	<b>0.007**</b>	0.163	0.058	0.058	0.690
		Spearman	0.539	0.665	<b>0.008**</b>	0.119	0.122	<b>0.04*</b>	0.707
		Person	0.331	0.203	<b>0.022*</b>	<b>0.028*</b>	<b>0.003**</b>	0.968	0.775
Sao Miguel das Missoes	Passo Major Zeferino	Kendall	0.295	0.474	<b>0.003**</b>	<b>0.019*</b>	<b>0.003**</b>	0.397	0.728
		Spearman	0.319	0.491	<b>0.003**</b>	<b>0.007**</b>	<b>0.001**</b>	0.377	0.794
		Person	0.388	0.290	0.075	0.389	<b>0.019*</b>	<b>0.021*</b>	0.330
Sarandi	Linha Cescon	Kendall	0.585	0.457	<b>0.026*</b>	0.136	<b>0.02*</b>	<b>0.024*</b>	0.585
		Spearman	0.732	0.442	<b>0.048*</b>	0.129	<b>0.013*</b>	<b>0.018*</b>	0.775
		Person	0.677	0.110	0.279	0.172	<b>0.007**</b>	0.506	0.296
Tapejara	Tapejara	Kendall	0.396	0.212	0.294	0.122	<b>0.019*</b>	0.396	0.727
		Spearman	0.655	0.197	0.344	0.133	<b>0.01*</b>	0.324	0.646
		Person	0.660	0.628	<b>0.037*</b>	0.061	0.081	0.161	0.823
Três de Maio	Três de Maio	Kendall	1.000	0.842	<b>0.046*</b>	0.028*	0.232	0.135	0.425
		Spearman	0.924	0.990	<b>0.049*</b>	0.015*	0.206	0.126	0.655
		Person	0.143	0.769	0.099	0.668	<b>0.002**</b>	0.091	0.440
Tres Passos	Tres Passos	Kendall	0.112	0.371	<b>0.047*</b>	0.619	<b>0.002**</b>	0.112	0.843
		Spearman	0.058	0.304	0.062	0.588	<b>0.002**</b>	0.078	0.934
		Person	0.761	0.677	0.146	<b>0.009**</b>	0.259	0.125	0.468
Tucunduva	Tucunduva	Kendall	0.519	0.728	0.399	<b>0.011**</b>	0.124	0.346	0.960
		Spearman	0.320	0.751	0.364	<b>0.007**</b>	0.141	0.153	0.800

\* correlação significativa a nível de 0.05 (2-tailed). \*\* Correlação significativa a nível de 0.01 (2-tailed).

Permite-se dizer então que a distribuição das chuvas deve ser regular durante a safra de soja, de forma que favoreça o desenvolvimento da cultura; se ocorrer redução ou distribuição irregular destes valores, o resultado poderá ser expresso nos valores de produtividade. As demais regiões

comparadas nesta pesquisa não apresentaram valores estatísticos positivos tão bem marcados quanto o apresentado pelo noroeste do Rio Grande do Sul (Tabela 27). No noroeste do Rio Grande do Sul, 36 pontos apresentaram resultados positivos de correlação. Lembrando que para esta região do Brasil foram aplicados 42 testes, ou seja, 90% dos pontos mostraram respostas. Destes, 59 mostraram correlação no teste de Pearson, 67 no de Kendall e 69 de Spearman, pois alguns postos indicaram correlação positiva em mais de um mês.

Tabela 27 - Síntese dos resultados estatísticos de correlação

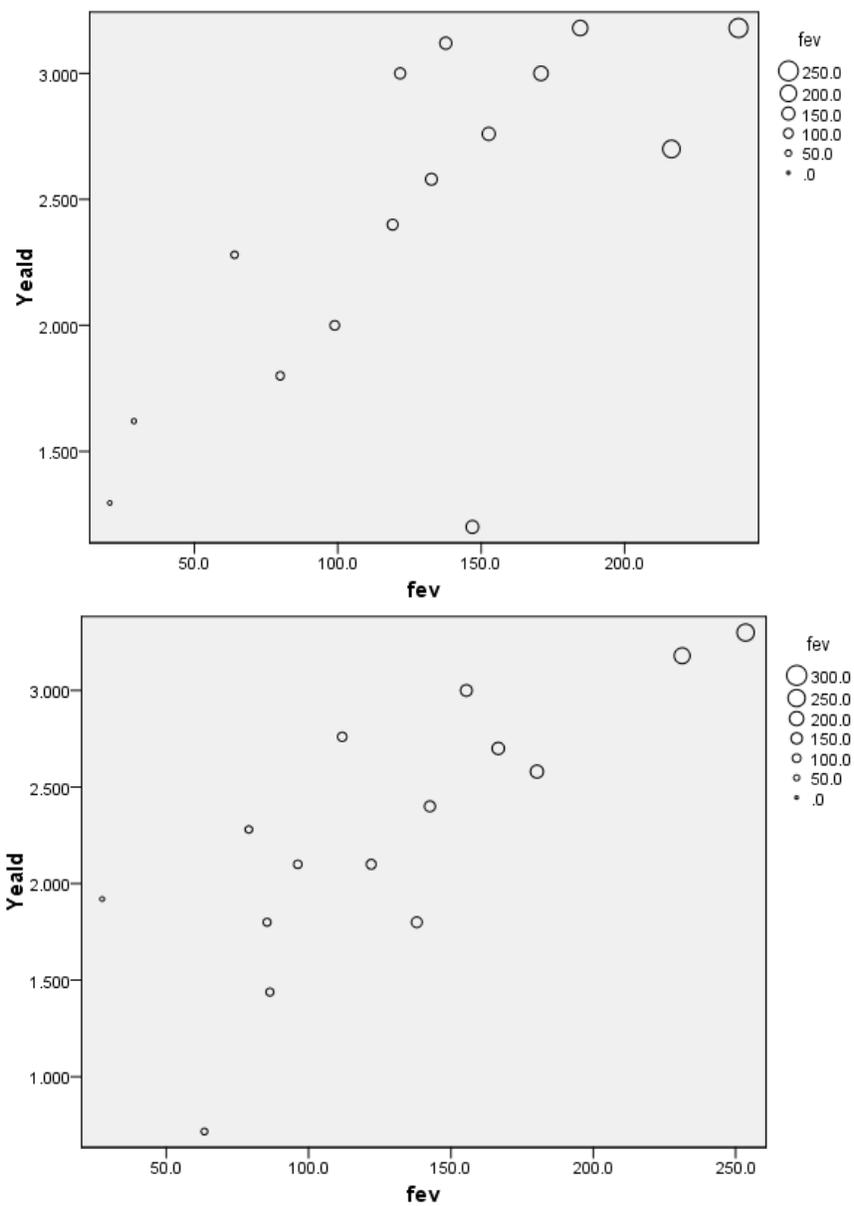
Teste	Out.	Nov.	Dez.	Jan	Fev.	Mar	Abr.
Pearson			<b>10</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	8	
Kendall		5	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	8	
Spearman		4	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>28</b>	10	

Org. Carmello (2016)

Os gráficos do tipo *bubble plot*, que seguem como forma de representar tais correlações, indicam exatamente que existem correlações significativas quando se analisa o total produzido em determinados anos e os valores de chuva registrados em determinados meses. O mês de fevereiro no Rio Grande do Sul é o mês que conduz as atividades agrícolas e pode-se afirmar que são as chuvas desse mês, em associação às chuvas de dezembro e janeiro, que conduzem os valores finais de produtividade de soja na região.

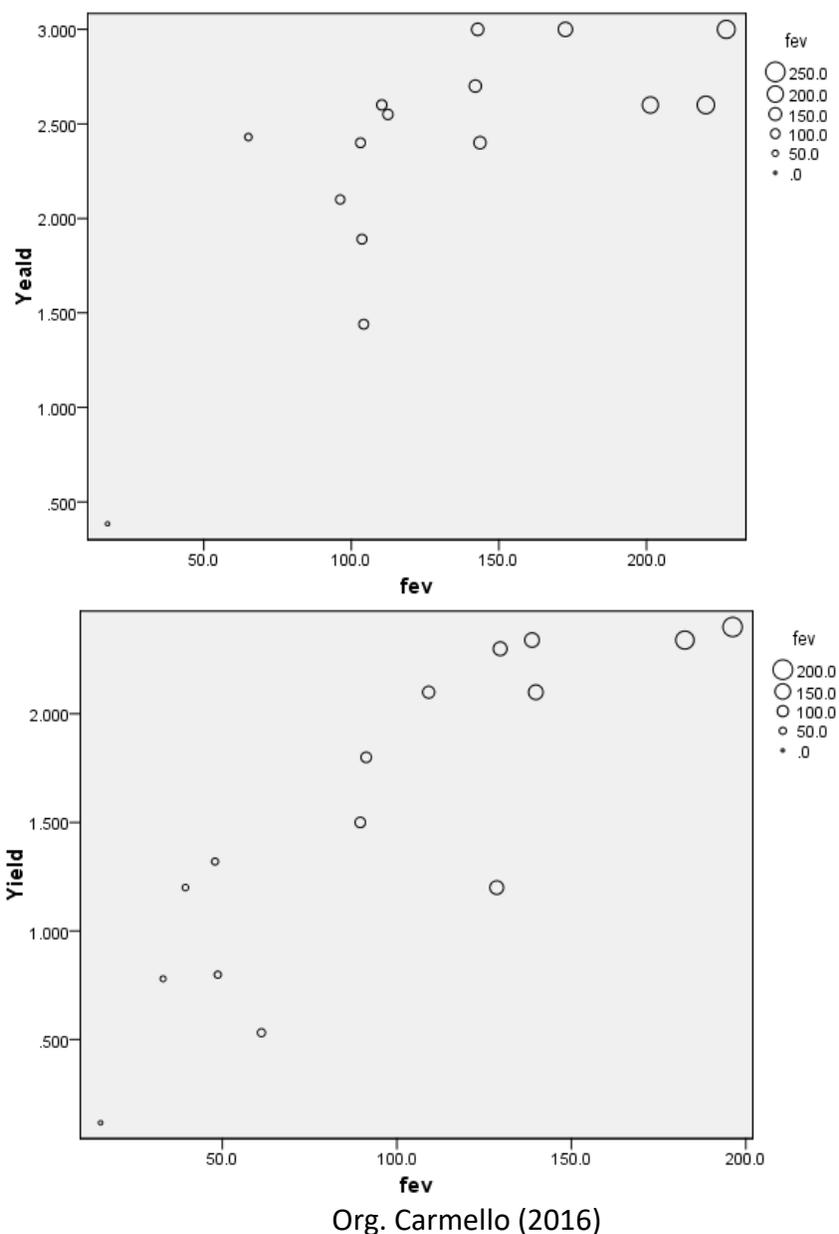
Nos gráficos e tabelas seguintes, é possível verificar que os meses de fevereiro que apresentam os valores de chuvas mais altos ocorreram nos anos cuja produtividade também apresentou valores altos. Ou seja, os anos que apresentaram os meses de fevereiro mais chuvosos são os mesmos anos que apresentaram os valores mais altos de produtividade, concordando assim com Battisti et al., (2017) e Almeida (2005). No caso dos municípios de Barracão e Espumoso (Figura 103 e 104 e Tabela 28), os meses de fevereiro que foram mais chuvosos apresentaram totais mensais acima de 200mm. Estes meses configuram os anos cujos valores de produtividade de soja ultrapassaram 2.700 kg/ha.

Figura 103 - Valores de chuva no mês de fevereiro e correlação com a produtividade de soja em 1 - Barracão e 2 - Espumoso.



Org. Carmello (2016)

Figura 104 - Valores de chuva no mês de fevereiro no município de David Canabarro e Guarani das Missões, Brasil.



Org. Carmello (2016)

Tabela 28 - Valores totais de chuva no mês de fev. em Barracão e Espumoso, RS

Barracão			Espumoso		
Ano	fev. - mm	Prod.	Ano	fev. - mm	Prod.
2010-2011	239,70	3,180	2012-2013	253,50	3,300
2000-2001	216,30	2,700	2010-2011	231,20	3,180
2009-2010	184,50	3,180	2000-2001	180,20	2,580
2006-2007	170,80	3,000	2009-2010	166,60	2,700
2011-2012	152,60	2,760	2002-2003	155,40	3,000
1998-1999	146,90	1,200	2006-2007	142,60	2,400
2002-2003	137,60	3,120	2003-2004	138,00	1,800
2007-2008	132,60	2,580	2011-2012	122,00	2,100
2012-2013	121,70	3,000	2008-2009	111,80	2,760
2008-2009	119,10	2,400	2001-2002	96,20	2,100
1999-2000	98,90	2,000	1999-2000	86,40	1,438

<b>2001-2002</b>	79,90	1,800	<b>1998-1999</b>	85,40	1,800
<b>2005-2006</b>	64,00	2,280	<b>2005-2006</b>	79,00	2,280
<b>2003-2004</b>	28,90	1,620	<b>2004-2005</b>	63,40	0,716
<b>2004-2005</b>	20,50	1,295	<b>2007-2008</b>	27,50	1,920

Org.: Carmello (2016)

Outros resultados derivados destes testes e que mostram respostas estatisticamente positivas ocorreram nos municípios de Carazinho, David Canabarro e Guarani das Missões (Tabelas 29, 30 e 31). Nestes três casos, os valores de correlação foram positivos nos meses de janeiro e fevereiro. Outra vez, pode-se dizer que dependendo da quantidade de chuva ocorrida nestes meses, os valores de produtividade poderão ser abaixo ou acima do esperado, considerando o valor médio de produtividade.

Tabela 29 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em Carazinho

Carazinho					
Ano	jan.	Prod.	Ano	fev.	Prod.
<b>2000-2001</b>	235,60	2,700	<b>2002-2003</b>	237,30	3,000
<b>2009-2010</b>	189,60	2,520	<b>2009-2010</b>	199,50	2,520
<b>1999-2000</b>	184,40	2,100	<b>2012-2013</b>	197,70	3,000
<b>2002-2003</b>	177,10	3,000	<b>2010-2011</b>	194,30	3,000
<b>2010-2011</b>	172,50	3,000	<b>2008-2009</b>	178,90	2,015
<b>2001-2002</b>	129,80	2,100	<b>1999-2000</b>	134,30	2,100
<b>2012-2013</b>	119,80	3,000	<b>2000-2001</b>	129,40	2,700
<b>2005-2006</b>	115,70	2,520	<b>2011-2012</b>	121,20	1,620
<b>1998-1999</b>	113,50	1,680	<b>2007-2008</b>	120,00	2,142
<b>2004-2005</b>	103,90	0,720	<b>2005-2006</b>	117,00	2,520
<b>2006-2007</b>	99,60	2,520	<b>1998-1999</b>	108,60	1,680
<b>2007-2008</b>	89,60	2,142	<b>2006-2007</b>	72,30	2,520
<b>2003-2004</b>	88,00	1,800	<b>2003-2004</b>	71,40	1,800
<b>2011-2012</b>	87,90	1,620	<b>2001-2002</b>	54,20	2,100
<b>2008-2009</b>	55,40	2,015	<b>2004-2005</b>	7,90	0,720

Org.: Carmello (2016)

Tabela 30 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em Guarani das Missões

Guarani das Missões					
Ano	jan.	Prod.	Ano	fev.	Prod.
<b>2000-2001</b>	275,20	1,800	<b>2010-2011</b>	196,20	2,400
<b>2002-2003</b>	237,80	2,340	<b>2002-2003</b>	182,50	2,340
<b>2009-2010</b>	193,30	2,340	<b>2006-2007</b>	139,80	2,100
<b>2006-2007</b>	173,10	2,100	<b>2009-2010</b>	138,70	2,340
<b>2008-2009</b>	169,30	2,100	<b>2012-2013</b>	129,60	2,300
<b>1998-1999</b>	163,90	1,200	<b>1998-1999</b>	128,60	1,200
<b>2010-2011</b>	130,70	2,400	<b>2008-2009</b>	109,10	2,100
<b>2001-2002</b>	130,20	1,320	<b>2000-2001</b>	91,20	1,800
<b>2012-2013</b>	124,70	2,300	<b>2007-2008</b>	89,50	1,500
<b>2005-2006</b>	115,30	1,200	<b>2011-2012</b>	61,20	0,531
<b>2003-2004</b>	101,30	0,780	<b>1999-2000</b>	48,70	0,799
<b>1999-2000</b>	87,40	0,799	<b>2001-2002</b>	47,90	1,320
<b>2011-2012</b>	56,40	0,531	<b>2005-2006</b>	39,40	1,200
<b>2004-2005</b>	48,90	0,117	<b>2003-2004</b>	33,00	0,780
<b>2007-2008</b>	39,30	1,500	<b>2004-2005</b>	15,10	0,117

Org.: Carmello (2016)

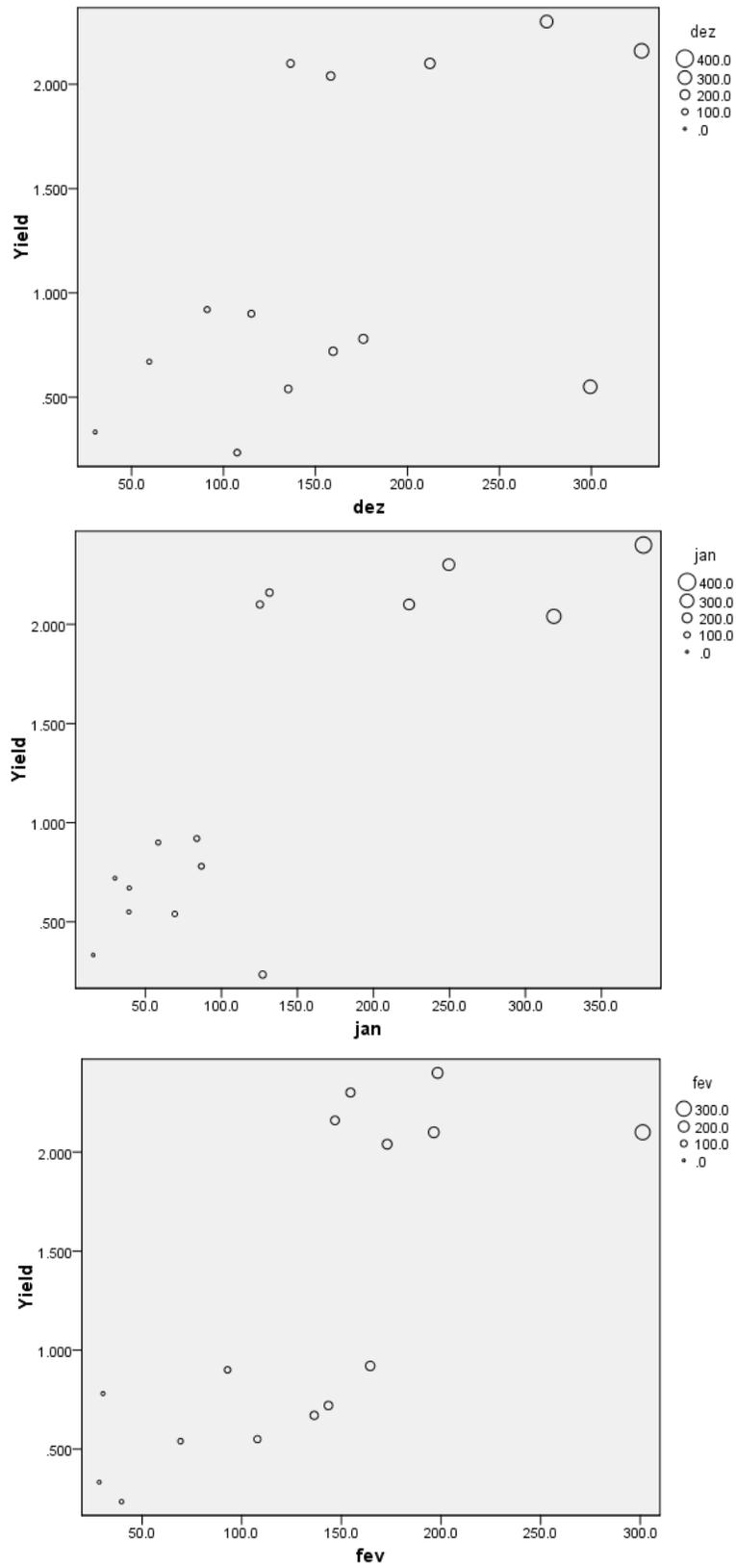
Tabela 31 - Valores totais de chuva no mês de Jan e fev. em David Canabarro

David Canabarro					
Ano	jan.	Prod.	Ano	fev.	Prod.
<b>2009-2010</b>	283,20	3,000	<b>2010-2011</b>	227,00	3,000
<b>2000-2001</b>	250,50	2,600	<b>2000-2001</b>	220,10	2,600
<b>2006-2007</b>	177,00	3,000	<b>2002-2003</b>	201,30	2,600
<b>2002-2003</b>	152,70	2,600	<b>2006-2007</b>	172,50	3,000
<b>2005-2006</b>	148,50	2,700	<b>1999-2000</b>	143,60	2,400
<b>2011-2012</b>	129,60	2,100	<b>2009-2010</b>	142,80	3,000
<b>1998-1999</b>	124,40	1,440	<b>2005-2006</b>	142,00	2,700
<b>1999-2000</b>	119,70	2,400	<b>2012-2013</b>	112,40	2,550
<b>2001-2002</b>	111,00	2,600	<b>2001-2002</b>	110,30	2,600
<b>2010-2011</b>	97,40	3,000	<b>1998-1999</b>	104,20	1,440
<b>2008-2009</b>	94,80	1,890	<b>2008-2009</b>	103,60	1,890
<b>2012-2013</b>	92,80	2,550	<b>2003-2004</b>	103,10	2,400
<b>2003-2004</b>	86,80	2,400	<b>2011-2012</b>	96,20	2,100
<b>2007-2008</b>	86,20	2,430	<b>2007-2008</b>	65,10	2,430
<b>2004-2005</b>	60,40	0,384	<b>2004-2005</b>	17,40	0,384

Org.: Carmello (2016)

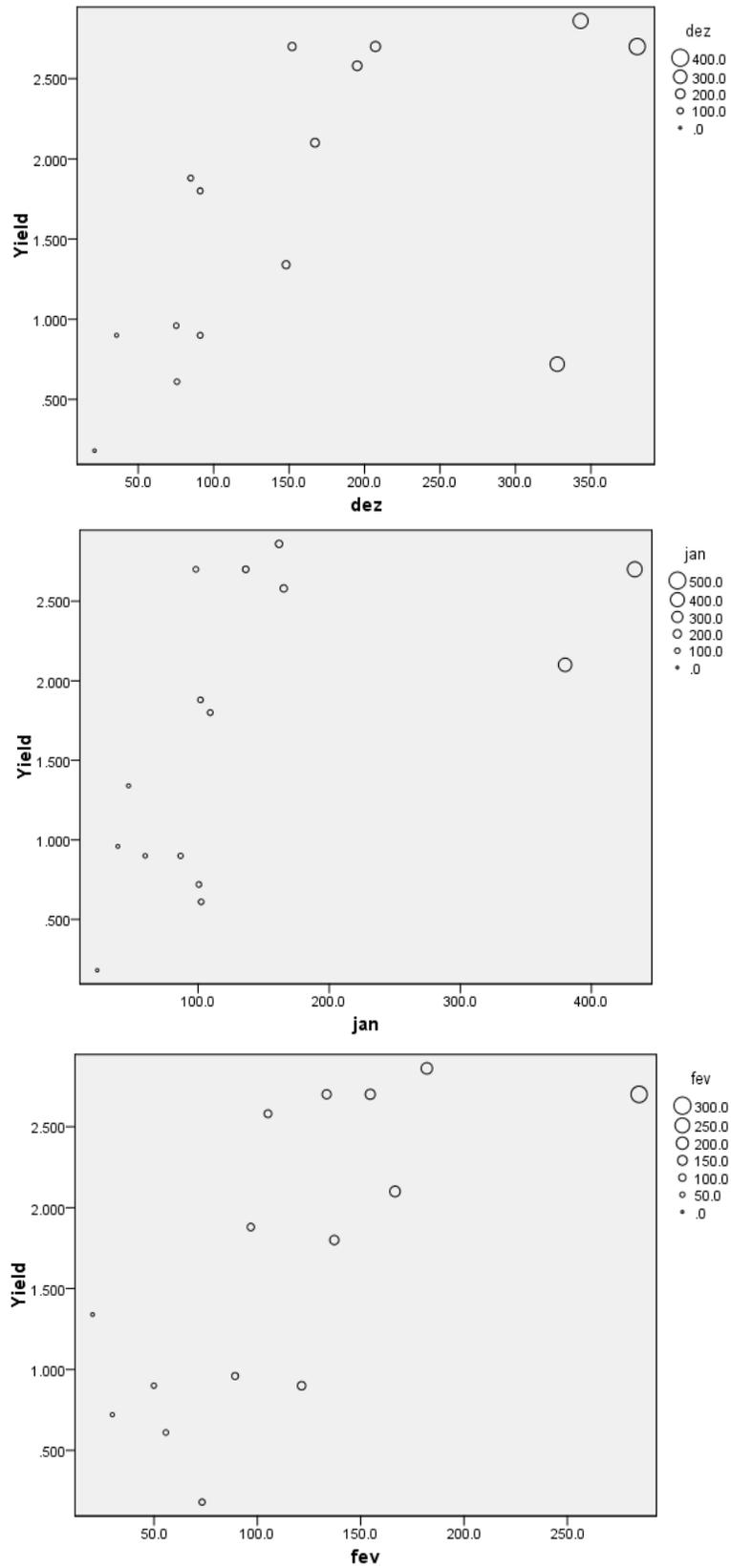
No sul do Brasil, houve municípios que apresentaram resultados estatisticamente significativos nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Fig. 105 e 106): Santo Antônio das Missões e São Miguel das Missões constituem o grupo P3 de baixa produtividade. Nestes municípios a correlação foi positiva nos três principais meses de desenvolvimento da cultura da soja. Este resultado é uma característica atribuída às regiões localizadas em grande parte do sul. Como síntese conclusiva dos testes aplicados no Rio Grande do Sul, notou-se que os principais resultados estatísticos foram entre os meses de dezembro até fevereiro com destaque para este último. Alguns pontos mostraram correlação estatística nos meses de novembro e março, porém em menor quantidade.

Figura 105 - Valores de chuva nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em Santo Antônio das Missões, Brasil.



Org.: Carmello (2016)

Figura 106 - Valores de chuva nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em São Miguel das Missões



Org.: Carmello (2016)

Os resultados encontrados para o sul do Brasil corroboram com Farias et al., (2016), quando os autores defendem que apesar do vasto conhecimento para o cultivo da soja, resultando em elevado grau de tecnificação da maioria das lavouras brasileiras, a disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento constitui-se, ainda, na principal limitação à expressão do potencial de rendimento da cultura e na maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro.

Os testes estatísticos realizados para a mesorregião norte mato-grossense se mostram opostos às configurações apresentadas pelo noroeste do Rio Grande do Sul. Este perfil diferenciado vem sendo observado desde as primeiras análises referentes à produtividade anual da soja, em seguida pela variabilidade das chuvas e, agora, quando das análises mensais, também apresenta um padrão diferenciado (Tabela 32). Foram aplicados 16 testes, dos quais 6 indicaram valores estatisticamente significativos e a maioria foram estatisticamente negativos (Tabela 33).

Apesar da tentativa de se definir um período cuja planta de soja seria menos ou mais dependente das manifestações do tempo no norte do Mato Grosso, não houve resultados significativamente positivos suficiente para afirmar ou determinar um período específico. Nesta tabela os valores em vermelho indicam correlações negativas e os negritados, as correlações positivas.

Há respostas estatisticamente negativas em dezembro em Paranatinga e Colíder. Os meses com valores representativos são dezembro, onde houveram o maior número de correlações negativas, ou seja, as chuvas neste mês não foram favoráveis ou causaram prejuízos nos valores anuais de soja, assim como nos meses de outubro em Colíder e em abril em Marcelândia. Os meses que apresentaram correlações positivas foram: outubro em Nova Maringá e março em Lucas do Rio Verde.

Tabela 32 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho.

Município	Estacao	Teste	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	fevereiro	Marco	Abril
Paranatinga	Paranatinga	Pearson	0.125	0.246	<b>0.009**</b>	0.819	0.711	0.065	0.394
		Kendall	0.074	0.488	<b>0.004**</b>	0.843	0.276	0.113	0.428
		Spearman	0.134	0.379	<b>0.005**</b>	0.864	0.344	0.119	0.439
Nova Maringa	Nova Maringa	Kendall	<b>0.02*</b>	0.124	0.102	0.96	0.96	0.619	0.882
		Spearman	<b>0.013*</b>	0.124	0.079	0.849	0.859	0.647	0.834
Marcelandia	Agropecuaria	Kendall	0.941	0.713	0.338	0.269	0.09	0.09	<b>0.047*</b>
	Cajabi	Spearman	0.954	0.712	0.346	0.264	0.107	0.11	<b>0.047*</b>
Lucas do Rio Verde	Fazenda Diviao	Kendall	0.458	0.299	0.255	0.882	0.805	<b>0.006*</b>	0.52
		Spearman	0.491	0.232	0.254	0.82	0.657	<b>0.007*</b>	0.648
	Colider	Pearson	<b>0.021*</b>	0.896	0.632	0.122	0.509	0.192	0.874
Colider	Fazenda Tratex	Pearson	<b>0.029*</b>	0.656	0.105	0.274	0.644	0.629	0.885
		Kendall	0.237	0.581	<b>0.009*</b>	0.478	0.694	0.813	0.694
		Spearman	0.254	0.515	<b>0.008*</b>	0.489	0.768	1	0.717

\* correlação significativa a nível de 0.05 (2-tailed). \*\* Correlação significativa a nível de 0.01 (2-tailed).

O Mato Grosso, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima Aw, o que significa que possui características predominantemente tropicais e precipitação anual acima de 2000mm. O perfil climático, a dimensão dos municípios e, conseqüentemente, a dimensão da área estudada, são variáveis que se distinguem se comparado ao noroeste do Rio Grande do Sul, por exemplo. Deve-se considerar estas características para entender a baixa frequência de respostas aos testes estatísticos aplicados no Mato Grosso.

Tabela 33 - Síntese dos resultados de correlação por tipo de teste

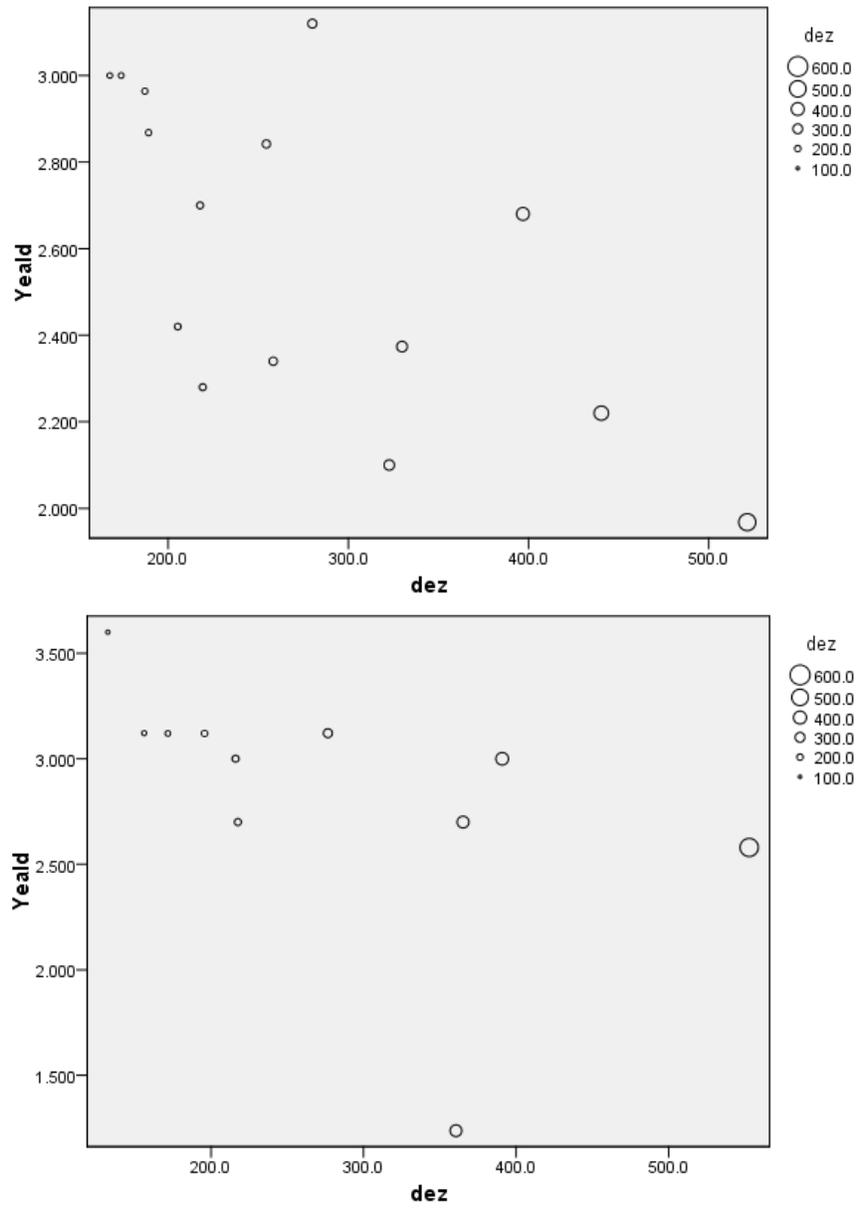
Positivos	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
Pearson							
Kendall	1					1	
Spearman	1					1	
Negativos	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
Pearson	2		1				
Kendall			2				1
Spearman			2				1

Org.: Carmello (2016)

Conforme supracitado, os resultados são pouco significativos no estado do Mato Grosso, afirmação baseada na presença de poucos postos que mostraram resultados estatisticamente positivos, o que indica menor relação com as manifestações do tempo atmosférico naquela região do Brasil. Não existe um padrão entre os meses ou um período específico que vá determinar ou influenciar os valores finais de produtividade naquela região do Brasil, sobretudo com o que foi observado nos resultados do Rio Grande do Sul, por exemplo, e o mesmo será observado em Ohio.

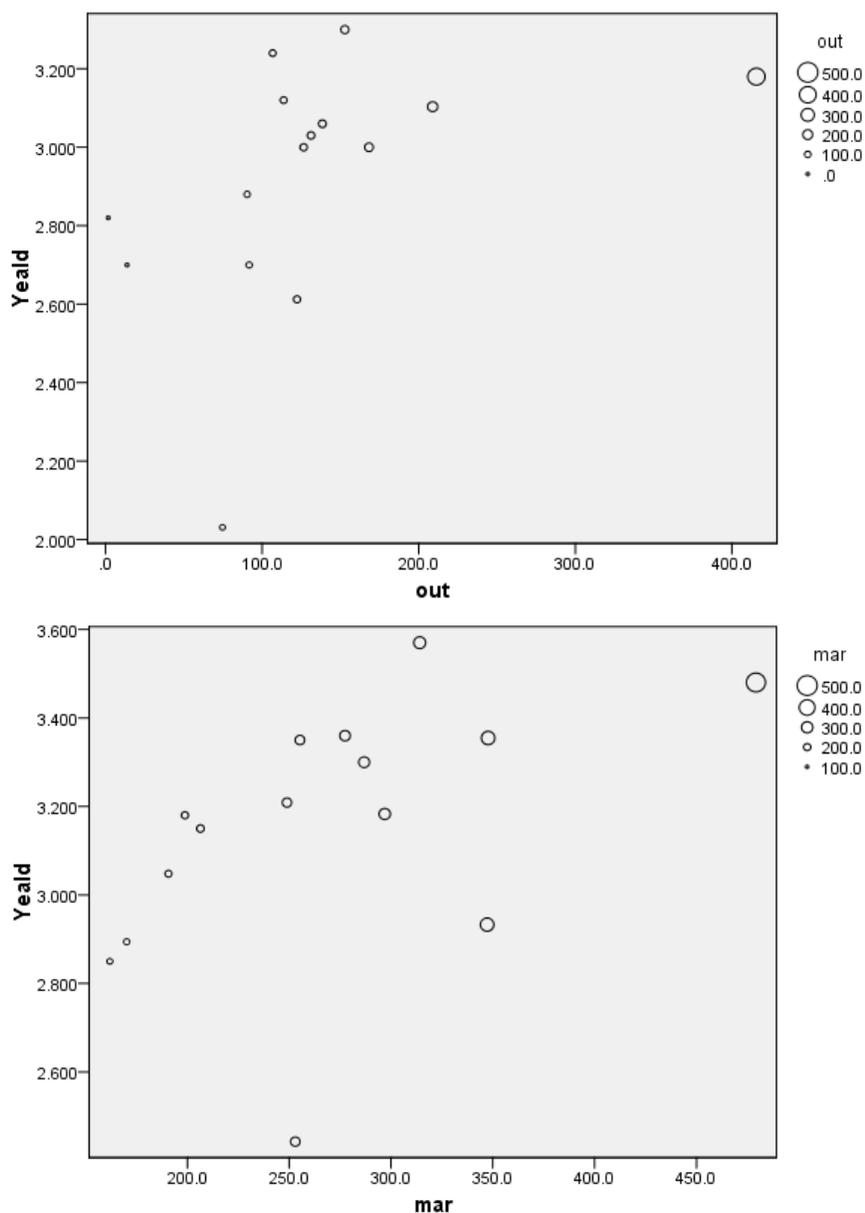
Apesar da baixa significância estatística, optou-se por representar alguns dos meses que apresentaram respostas aos testes de correlação (Fig. 107). Em Paranatinga e Colider houve correlações negativas no mês de dezembro, ou seja, não necessariamente os meses de dezembro mais chuvosos ocorreram em anos que houveram maior produtividade da soja. Outros resultados mostram correlação positiva nos meses de outubro em Nova Maringá e março em Lucas do Rio Verde (Figura 108). Nos dois casos, os meses mais chuvosos correspondem aos valores mais altos de produtividade.

Figura 107 - Correlação negativa nos meses de dezembro em Paranatinga e Colíder, Brasil.



Org.: Carmello (2016)

Figura 108 - Correlação positiva em outubro em Nova Maringá e em março em Lucas do Rio Verde



Org.: Carmello (2016)

Três fatores podem explicar os resultados apresentados pelo Mato Grosso. O primeiro foi mencionado anteriormente e se relaciona às características climáticas regionais do Mato Grosso, isto é, apresenta valores altos de precipitação distribuídos por todo o ano que podem contribuir para o desenvolvimento da soja, mesmo em anos que ocorrem reduções ou distribuição irregular das chuvas, ou seja, mesmo em um ano que ocorre redução, o valor precipitado já é suficiente para o desenvolvimento fenológico da cultura. O segundo tem relação com a técnica e a infraestrutura, muito mais ligadas às questões sociais que estão inseridas no sistema produtivo da soja e que pode minimizar as relações de dependência quanto a variabilidade da chuva. Foi visto por exemplo que as propriedades agrícolas do Mato Grosso, em grande parte, possuem tratores e maquinário

necessário para facilitar o trabalho no campo. Este dado é um indicador quanto ao acesso à técnica. E o terceiro relaciona-se com a extensa área física do norte do Mato Grosso, o que resulta numa menor homogeneidade dos dados, que pode comprometer as análises de correlação.

#### 5.4.2 - Quanto aos resultados em Ohio – Estados Unidos

Para Naftziger (2016)<sup>15</sup> a principal característica da soja nos Estados Unidos é de apresentar maior dependência das chuvas no mês de agosto, concordando com os testes estatísticos aplicados nesta pesquisa. Para Naftziger, o mês de agosto é sem dúvida o período de maior dependência da soja nessa porção do EUA.

Os resultados referentes ao noroeste de Ohio aproximam-se daqueles observados no sul do Brasil, pelo fato de grande parte dos postos apresentam respostas aos testes aplicados. No caso de Ohio, houveram resultados estatisticamente positivos ou negativos, dependendo do mês. Na tabela 34 encontram-se os resultados para cada teste aplicado na região representativa dos Estados Unidos. Lembrando que nesta região dos Estados Unidos existem 29 postos pluviométricos (Tabela 34 e Tabela 35). Destes, 09 pontos analisados apresentaram correlação positiva no mês de julho e 14 indicaram resultados positivos em agosto, concordando com Naftziger (2016) e Tannura, Irwin e Good (2008).

O teste de correlação apresentou resultados negativos no mês de maio pelo fato deste período do ano ser classificado como de transição entre as estações. Em discussões realizadas para entender os motivos pelos quais houve resultados negativos neste mês, concluiu-se que possivelmente há correlação com a concentração de neve que ocorre ainda no mês de maio nesta região dos Estados Unidos. Precipitação em forma de neve em episódios cuja semeadura já tenha ocorrido é desfavorável para o desenvolvimento da planta. Com estes resultados, pode-se afirmar que a produtividade de soja no noroeste de Ohio apresenta marcada relação com a distribuição e acúmulo total de chuvas que ocorrem nos meses de julho e agosto, especialmente em Allen, Crawfor, Defience, Erie, Wood e Marion.

Tabela 34 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho.

Mun.	Postos	Teste	mai.	jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Allen	Lima - wwwtp	Spearman	0.398	0.499	0.594	<b>0.037*</b>	0.168	0.126	0.369
		Pearson	0.342	0.33	<b>0.027*</b>	0.717	0.261	0.238	0.595
Crawfor	Bucyrus	Kendall	0.216	0.729	<b>0.012*</b>	0.961	0.102	0.299	0.4
		Spearman	0.182	0.63	<b>0.009*</b>	0.86	0.066	0.308	0.443
Defience	Defience	Pearson	0.831	0.382	<b>0.045*</b>	0.246	0.323	0.982	0.191
		Spearman	0.95	0.341	<b>0.046*</b>	0.277	0.173	0.93	0.147
	Defience ap	Pearson	0.855	<b>0.031*</b>	<b>0.085</b>	0.524	0.402	0.73	0.412
Erie	Sandusky	Pearson	0.716	0.679	<b>0.038*</b>	0.136	0.305	<b>0.032*</b>	0.455
		Kendall	0.729	0.729	<b>0.026*</b>	0.52	0.198	<b>0.026*</b>	0.766
		Spearman	0.585	0.603	<b>0.025*</b>	0.221	0.24	<b>0.034*</b>	0.607

<sup>15</sup> Entrevista realizada via Skype em 2016.

Lorain	Elyria 3E	Pearson	<b>0.022*</b>	0.202	0.385	0.131	0.86	0.187	0.551
		Kendall	<b>0.026*</b>	0.151	0.656	0.102	0.586	0.347	0.729
		Spearman	<b>0.02*</b>	0.121	0.612	0.087	0.685	0.321	0.81
Lucas	Oberlim	Pearson	<b>0.047*</b>	0.803	0.624	0.099	0.7	0.058	0.408
		Spearman	<b>0.017*</b>	0.369	0.929	0.187	0.666	0.103	0.475
Pauldng	Toledo Express	Pearson	0.115	0.582	0.567	<b>0.008**</b>	0.512	0.275	0.989
		Pearson	0.115	0.582	0.567	<b>0.008**</b>	0.512	0.275	0.989
Putnan	Paulding	Spearman	0.95	0.791	<b>0.044*</b>	0.056	0.221	0.302	0.558
		Kendall	0.729	0.586	0.52	0.012*	0.428	0.299	0.586
Richland	Pandora	Spearman	0.791	0.621	0.567	0.007*	0.423	0.254	0.524
		Spearman	<b>0.049*</b>	0.752	0.147	0.93	0.704	0.889	0.666
Willians	Mansfield	Pearson	0.7	0.49	0.119	0.387	0.609	0.411	<b>0.004*</b>
		Spearman	0.603	0.676	0.143	0.42	0.268	0.26	<b>0.002*</b>
Wood	Bowling Green wwtp	Pearson	0.432	0.434	0.442	<b>0.047*</b>	0.895	0.905	0.532
		Pearson	0.862	0.923	0.913	<b>0.037*</b>	0.996	0.712	0.7
Marion	Toledo Metcalf	Spearman	0.8	0.919	0.603	<b>0.047*</b>	0.467	0.483	0.85
		Pearson	0.472	0.65	0.162	<b>0.043*</b>	0.942	0.071	0.443
	Marion 2	Kendall	0.586	0.882	0.092	<b>0.026*</b>	0.52	0.151	0.299
		Spearman	0.585	0.899	0.071	<b>0.025*</b>	0.55	0.168	0.451
	Marion Mun Ap	Pearson	0.536	0.558	0.147	<b>0.027*</b>	0.932	0.055	0.653
Kendall		0.882	0.805	0.181	<b>0.033*</b>	0.961	0.181	0.52	
		Spearman	0.752	0.8	0.125	<b>0.028*</b>	0.94	0.191	0.55

\* correlação significativa a nível de 0.05 (2-tailed). \*\* Correlação significativa a nível de 0.01 (2-tailed).

Tabela 35 - Síntese dos resultados para o noroeste de Ohio

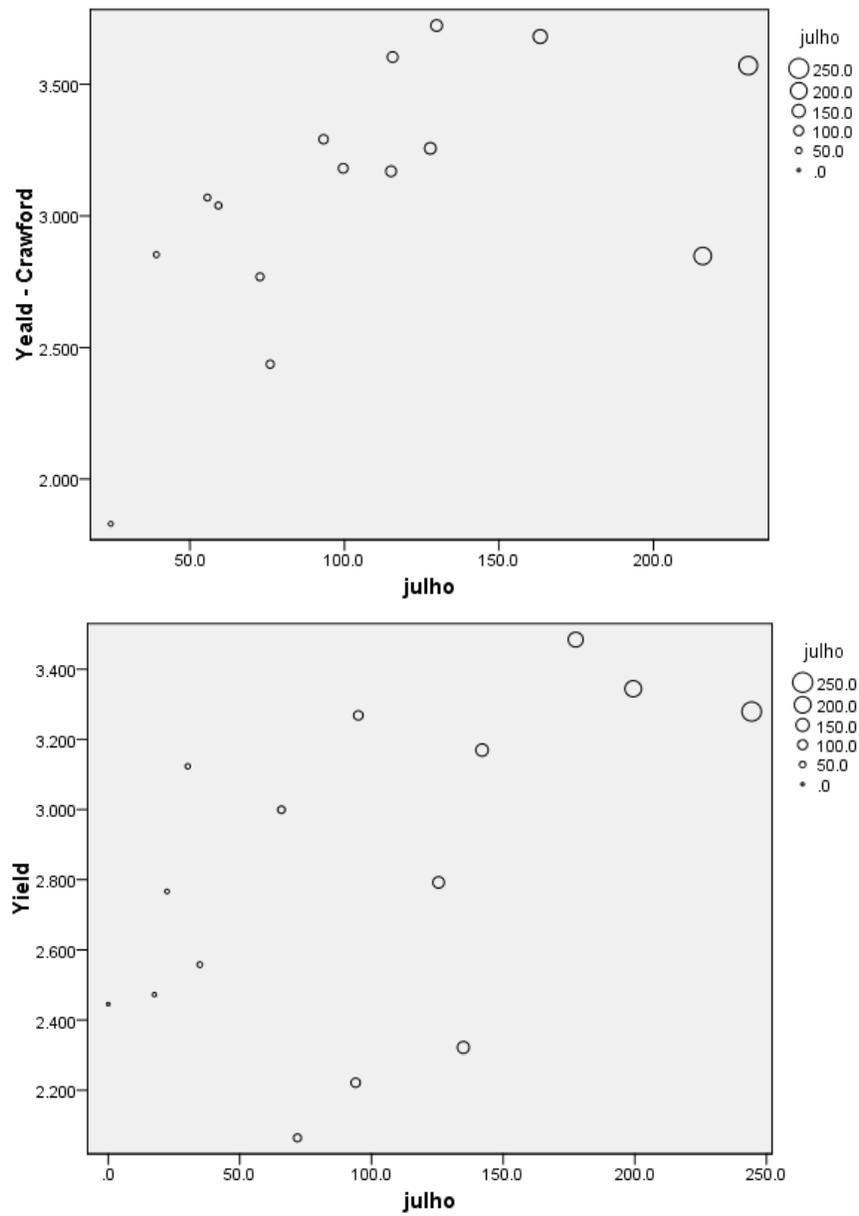
Tipo de teste - Positivo	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Pearson			3	6		1	1
Kendall			2	3		1	
Spearman			4	5		1	1
Tipo de teste - Negativo	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Pearson	2	1					
Kendall	1						
Spearman	3						

Org.: Carmello (2016)

Foram representados alguns exemplos dos testes de correlação que apresentaram valores estatisticamente positivos. Conforme apresentado na Tabela 34 e descrito nos parágrafos subsequentes, o período do ano que houve melhores respostas aos testes aplicados, considerando as variáveis envolvidas, foram os meses de julho e agosto.

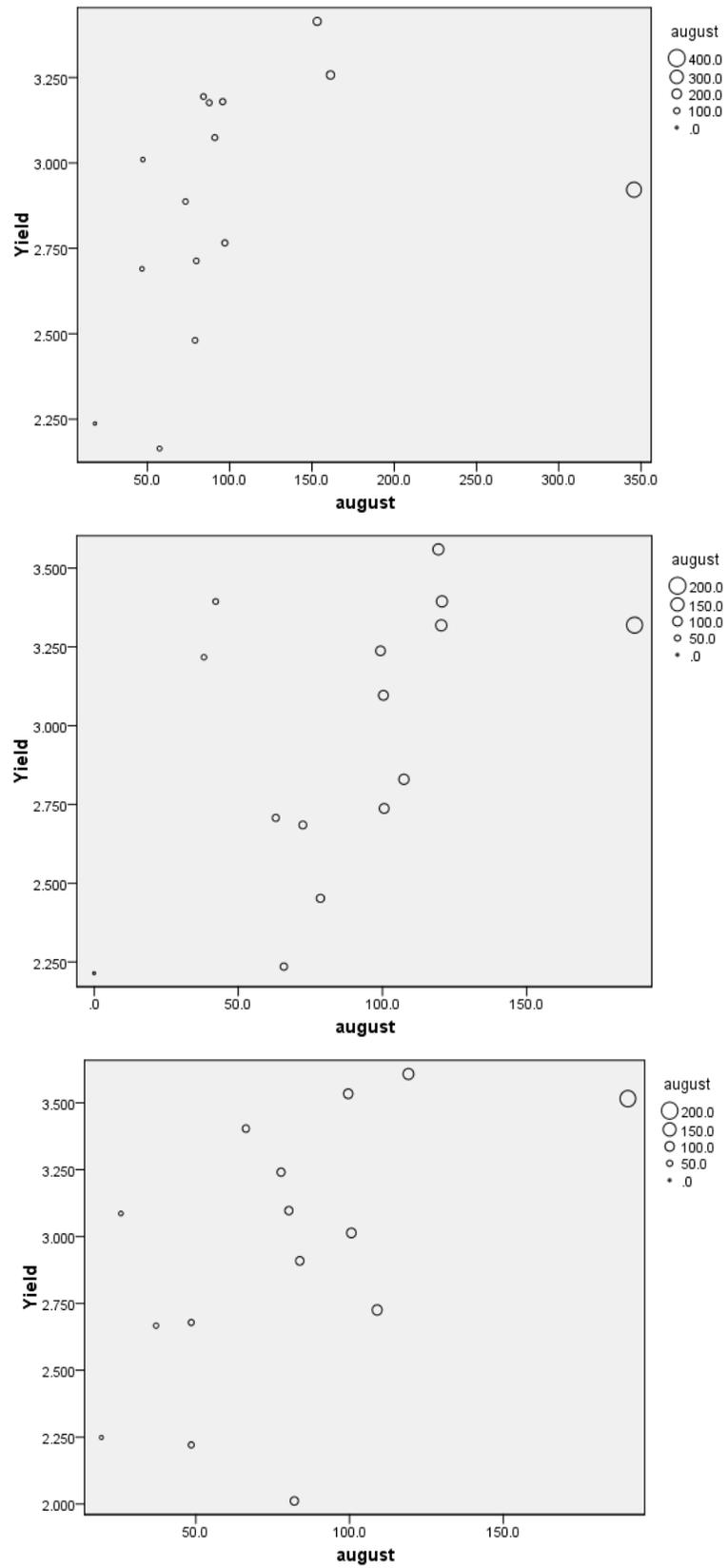
Na representação gráfica destes resultados é possível verificar que, por exemplo, no caso dos condados de Bucyrus e Sandusky (Fig. 109), os anos em que a produtividade apresentou bons rendimentos agrícolas, isto é, valores que se sobressaíram quanto aos demais anos da série, são os mesmos anos cujos meses de julho foram mais chuvosos. O mesmo foi observado no mês de agosto em Pandora, Marion e Toledo (Fig. 110). Neste caso, os anos cuja produtividade de soja apresentou os maiores valores de rendimento também são os anos que os meses de agosto foram os mais chuvosos (Tabela 36 e Tabela 37).

Figura 109 - Valores de chuva no mês de julho em Bucyrus e Sandusky, Estados Unidos.



Org.: Carmello (2016)

Figura 110 - Valores de chuva no mês de agosto em Pandora, Marion e Toledo, Estado Unidos.



Org.: Carmello (2016)

Tabela 36 - Valores totais de chuva no mês de julho em Bucyrus e Sandusky

Bucyrus			Sandusky		
Ano	Julho - mm	Prod.	Ano	Julho - mm	Prod.
<b>2013</b>	230,6	3,571	<b>2011</b>	244,3	3,279
<b>2003</b>	215,9	2,848	<b>2013</b>	199,4	3,344
<b>2011</b>	163,3	3,682	<b>2012</b>	177,5	3,484
<b>2010</b>	129,8	3,723	<b>2005</b>	142,0	3,169
<b>2005</b>	127,8	3,257	<b>2000</b>	134,9	2,322
<b>2009</b>	115,6	3,604	<b>2006</b>	125,5	2,792
<b>2006</b>	115,1	3,170	<b>2007</b>	95,0	3,268
<b>1999</b>	99,6	3,181	<b>2008</b>	94,0	2,221
<b>2007</b>	93,2	3,292	<b>1999</b>	71,9	2,064
<b>2008</b>	75,9	2,437	<b>2010</b>	65,8	3,000
<b>2001</b>	72,6	2,769	<b>2001</b>	34,8	2,558
<b>2000</b>	59,2	3,039	<b>2009</b>	30,2	3,123
<b>2004</b>	55,6	3,070	<b>2004</b>	22,4	2,766
<b>2012</b>	39,1	2,853	<b>2002</b>	17,5	2,472
<b>2002</b>	24,4	1,830	<b>2003</b>	0,0	2,445

Org.: Carmello (2016)

Tabela 37 - Valores totais de chuva no mês de agosto em Pandora e Marion

Pandora			Marion		
Ano	Agosto - mm	Prod.	Ano	Agosto - mm	Prod.
<b>2007</b>	345,7	2,922	<b>2007</b>	187,5	3,319
<b>2012</b>	161,3	3,257	<b>2011</b>	120,7	3,394
<b>2011</b>	153,2	3,414	<b>2005</b>	120,4	3,318
<b>2003</b>	97,0	2,766	<b>2009</b>	119,4	3,560
<b>2004</b>	95,8	3,179	<b>2004</b>	107,4	2,830
<b>2005</b>	90,9	3,074	<b>2003</b>	100,6	2,737
<b>2006</b>	87,6	3,176	<b>2012</b>	100,3	3,096
<b>2013</b>	84,1	3,194	<b>2006</b>	99,3	3,237
<b>2000</b>	79,8	2,713	<b>2000</b>	78,5	2,452
<b>2001</b>	79,0	2,481	<b>2001</b>	72,4	2,685
<b>2010</b>	73,2	2,887	<b>2002</b>	65,8	2,235
<b>2002</b>	57,4	2,164	<b>1999</b>	63,0	2,707
<b>2009</b>	47,2	3,010	<b>2010</b>	42,2	3,394
<b>1999</b>	46,7	2,690	<b>2013</b>	38,1	3,217
<b>2008</b>	18,0	2,237	<b>2008</b>	0,0	2,214

Org.: Carmello (2016)

#### 5.4.3 - Quanto aos resultados em Madhya Pradesh – Índia

Como já mencionado, a Índia possui um histórico considerável de perdas agrícolas ocasionadas pela variabilidade das chuvas. Lala et al., (1999) por exemplo, defendem que na Índia, os rendimentos de soja costumam substancialmente responder à variação temporal das chuvas, sobretudo na região central do país. Entretanto, com relação aos testes de correlação, o estado indiano de Madhya Pradesh foi o local dentre as quatro regiões onde foi aplicado o maior número de testes de correlação, totalizando 53 tentativas de determinar os períodos mais suscetíveis aos fatores do clima (Tabela 38). Todavia, as repostas aos testes foram observadas em poucos locais,

discordando em parte de Lala et al., (1999), quando o autor defende que é habitual determinar correlações entre estas duas variáveis.

Estas respostas pouco representativas aproximam a região indiada ao que foi observado no Mato Grosso, pois dos 53 testes, apenas 13 pontos indicaram correlação, e destes, houve 16 correlações positivas e 05 correlações negativas (Tabela 39). O mês com maior correlação positiva é julho, sobretudo nos distritos de Dhar, Harda, Madsaur e Ujjain. Houve também resultados positivos no mês de agosto em Dewas e Guna e no mês de outubro, também no município de Dewas. Verificaram-se resultados negativos no mês de julho nos distritos de Dhar e Jhabua e no mês de agosto em Visisha. Madhya Pradesh é o principal estado produtor de soja na Índia e a região oeste a principal no contexto estadual. Grande parte da agricultura indiana é conduzida pelas chuvas de monções, mas apesar desta característica, os resultados estatísticos não foram abrangentes, já que apenas ¼ dos postos apresentaram respostas aos testes. Foram representados os resultados mais representativos no mês de julho para os distritos de Dhar e Ujjain (Fig. 111), e Shajapur e Mandsaur (Fig. 112), os quais representam os anos com o melhor rendimento agrícola da soja. Houveram resultados negativos no distrito de Dhar, porém no mês de junho.

Tabela 38 - Municípios e postos pluviométricos com resultados estatisticamente positivos em negrito e estatisticamente negativos em vermelho

Município	Posto	Teste	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	novembro	dezembro
Dewas	Dewas1	Pearson	0.158	0.298	<b>0.026*</b>	0.852	0.594	0.836	.
	Kategaoo	Kendall	0.76	0.807	<b>0.005**</b>	0.903	0.05	0.768	.
		Spearman	0.83	0.873	<b>0.001**</b>	0.957	<b>0.045*</b>	0.843	.
	Tonkahurd	Kendall	0.542	0.625	0.18	0.807	<b>0.035*</b>	0.768	0.789
Spearman		0.616	0.578	0.117	0.845	<b>0.031*</b>	0.843	0.802	
Dhar	Dahai	Kendall	<b>0.032*</b>	0.625	0.393	0.113	0.949	0.181	.
		Spearman	<b>0.02*</b>	0.59	0.128	0.128	0.881	0.193	.
	Pearson	0.465	<b>0.003*</b>	0.106	0.722	0.927	0.248	.	
	Dahampuri	Kendall	0.669	0.01*	0.329	0.903	0.888	0.181	.
Spearman		0.7	<b>0.009*</b>	0.297	0.957	0.879	0.193	.	
Guna	Chachora	Kendall	0.038*	0.542	0.051	1	0.652	0.789	0.623
		Spearman	0.052	0.517	<b>0.044*</b>	0.845	0.615	0.802	0.588
Harda	Timarni	Pearson	0.603	<b>0.046*</b>	0.475	0.641	0.694	0.794	0.445
Jhabua	Jhabua 8	Pearson	<b>0.048*</b>	0.554	0.189	0.705	0.725	0.426	0.426
Madsaur	Madsaur	Kendall	0.499	<b>0.015*</b>	0.625	0.329	0.245	0.768	0.547
		Spearman	0.48	<b>0.011*</b>	0.642	0.255	0.245	0.733	0.615
Ratlam	Sailana	Pearson	<b>0.038*</b>	0.711	0.6	0.285	0.095	.	0.865
Shajapur	Susner	Pearson	0.79	<b>0.034*</b>	0.55	0.696	0.187	0.686	.
Ujjain	Ujjain2	Pearson	0.224	<b>0.045*</b>	0.644	0.465	0.146	0.32	0.275
Vidisha	Vidisha 13	Pearson	0.591	0.551	<b>0.042*</b>	0.847	0.732	0.448	0.223

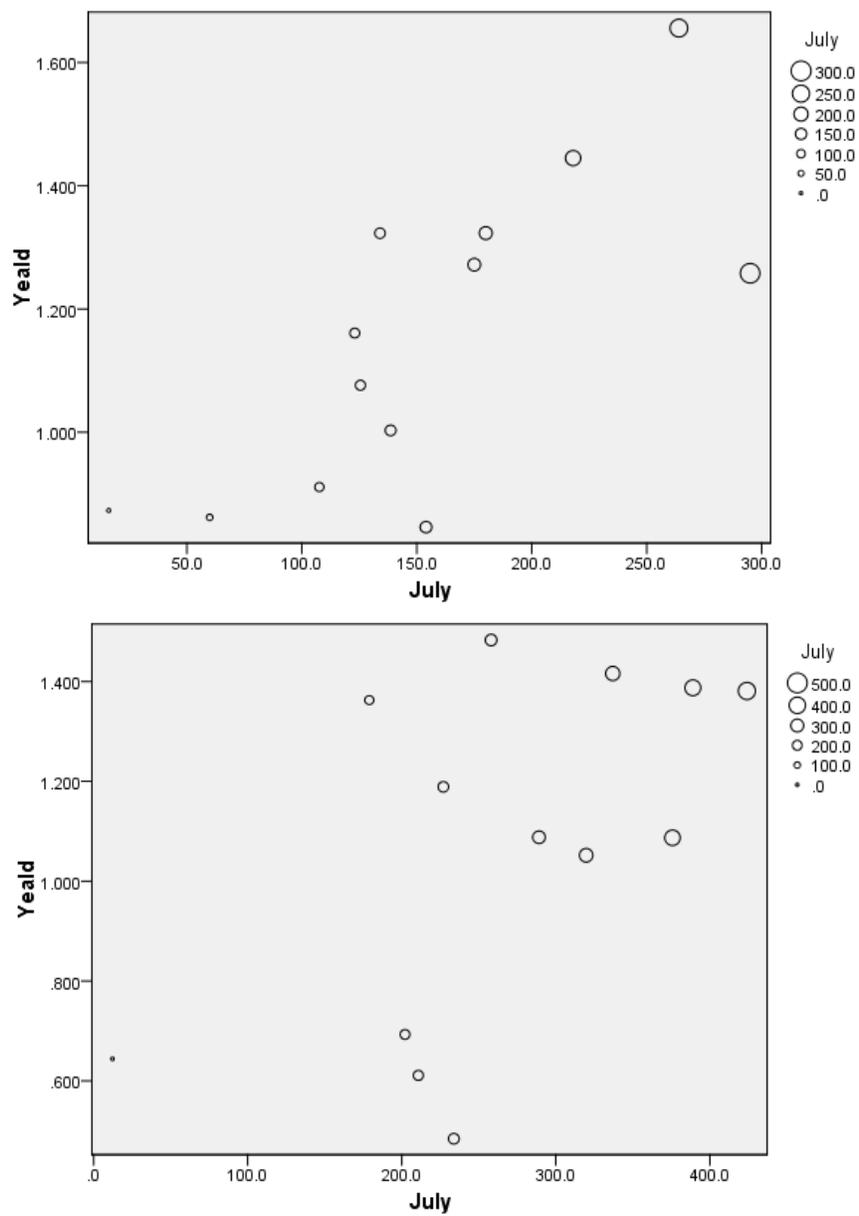
\* correlação significativa a nível de 0.05 (2-tailed). \*\*. Correlação significativa a nível de 0.01 (2-tailed).

Tabela 39 - Síntese dos resultados de correlação por tipo de teste

	jun.		jul.		ago.		set.		out.		Nov.		Dez.	
	positive	negative												
Pearson		2		4		1		1						
Kendall	1	1		2		1				1				
Spearman		1		2		2				2				

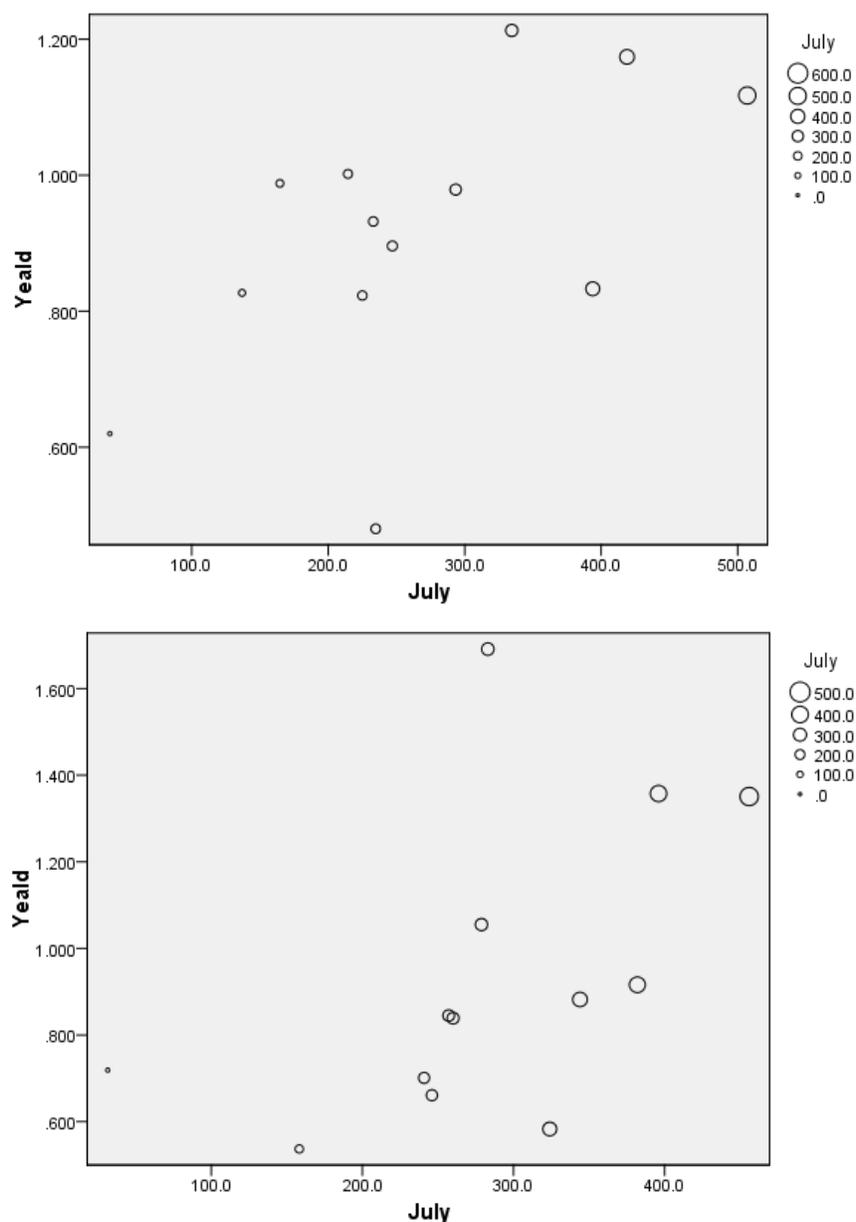
Org.: Carmello (2016)

Figura 111 - Valores positivos de correlação no mês de julho em Dhar e Ujjain, Índia.



Org.: Carmello (2016)

Figura 112 - Valores positivos de correlação no mês de julho em Shajapur e Mandsaur, Índia.



Org.: Carmello (2016)

### 5.5 - Correlação entre a produtividade final e o acúmulo de chuvas nos períodos determinantes para o desenvolvimento da planta

Após definir os períodos de maior vulnerabilidade da planta de soja no subcapítulo anterior, isto é, os meses em que a planta de soja necessita de maior entrada de água, aplicou-se outra técnica para medir os níveis de correlação e de dependência agrícola. Matiu et al., (2017), compararam a relação entre produtividade de diferentes culturas e a variabilidade climática entre os principais países produtores. Para entender esta representação basta avaliar os intervalos;

quanto mais estreito estiver, mais influência da chuva existe. O contrário é constatado quando os intervalos estiverem amplos, concluindo que há tanta variabilidade entre os municípios e postos pluviométricos que a curva é basicamente uma média, sem muita garantia de padrões regionais, que podem estar distantes desta dependência.

No caso do Noroeste do Rio Grande do Sul, aplicou-se utilizando os dados de chuva dos meses de janeiro e fevereiro, considerado o período de maior suscetibilidade da soja, e o resultado indica que o noroeste do Rio Grande do Sul foi a região com a melhor resposta. Este resultado mostra que conforme há o aumento da precipitação, há aumento da produção (Fig. 113). Em períodos fenológicos cujos valores de precipitação giram em torno de 500mm, a produtividade da soja não ultrapassa 1000 kg/ha; em períodos com chuva atingindo valores entre 1500 e 2000mm, a produtividade alcança 3000 kg/ha.

O norte do Mato Grosso é o único com a curva na forma decrescente, ou seja, o fato de os valores de precipitação serem altos não contribui com o aumento da produtividade, ou, o fato de os valores de precipitação serem altos por conta das características climáticas, faz com que a produtividade seja alta por natureza, apesar de invariante (Fig. 114). O noroeste de Ohio (Fig. 115) e o oeste de Madhya Pradesh (Fig. 116) tem um formato de parábola, ou seja, a partir de certa quantidade de chuva, a produção pode começar a cair, o que significa que a partir deste ponto, a quantidade de chuva já não faz diferença no valor final de produtividade.

Figura 113 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul

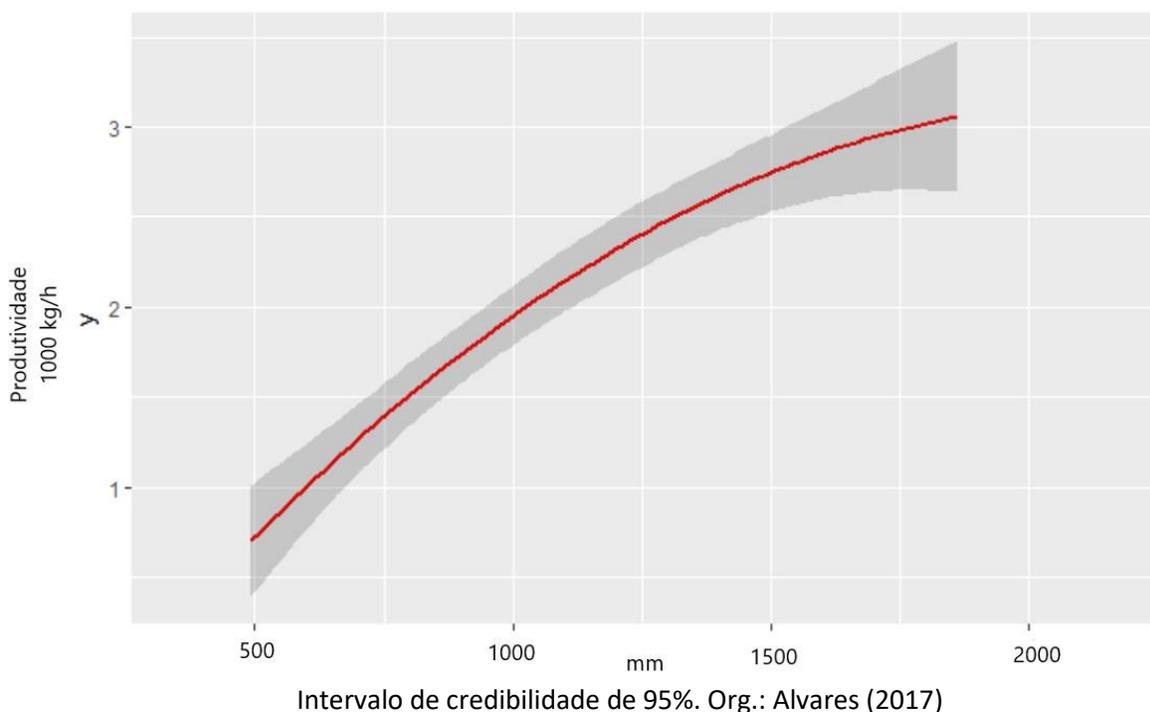
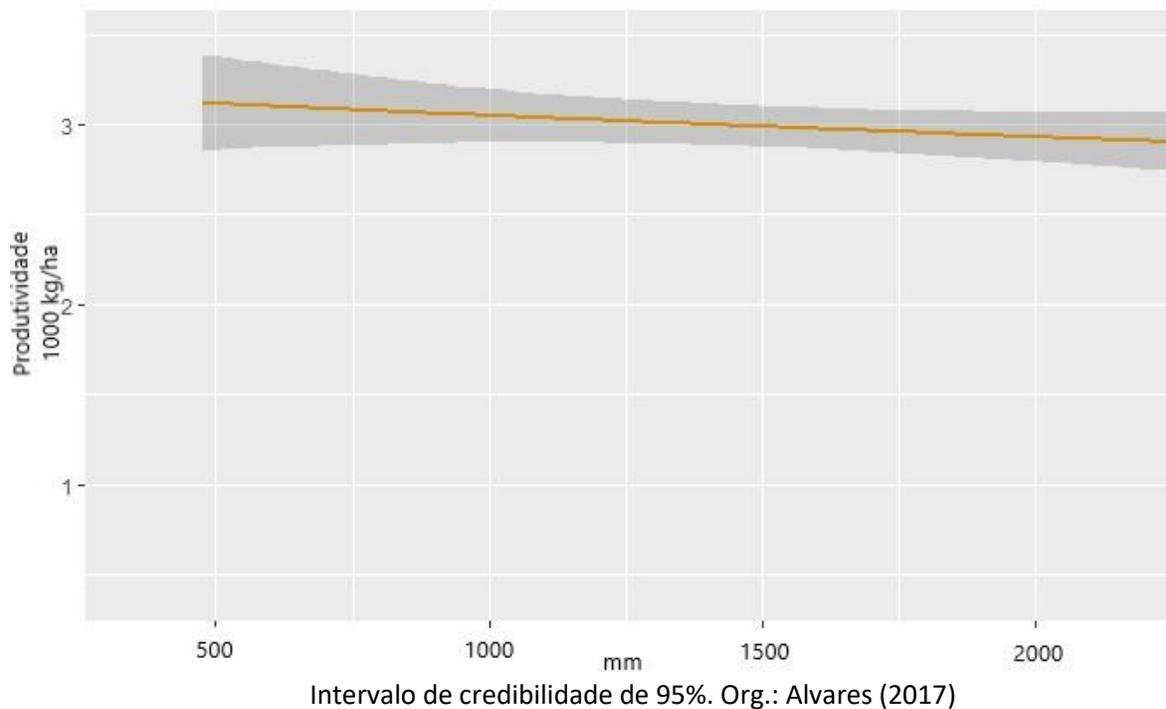
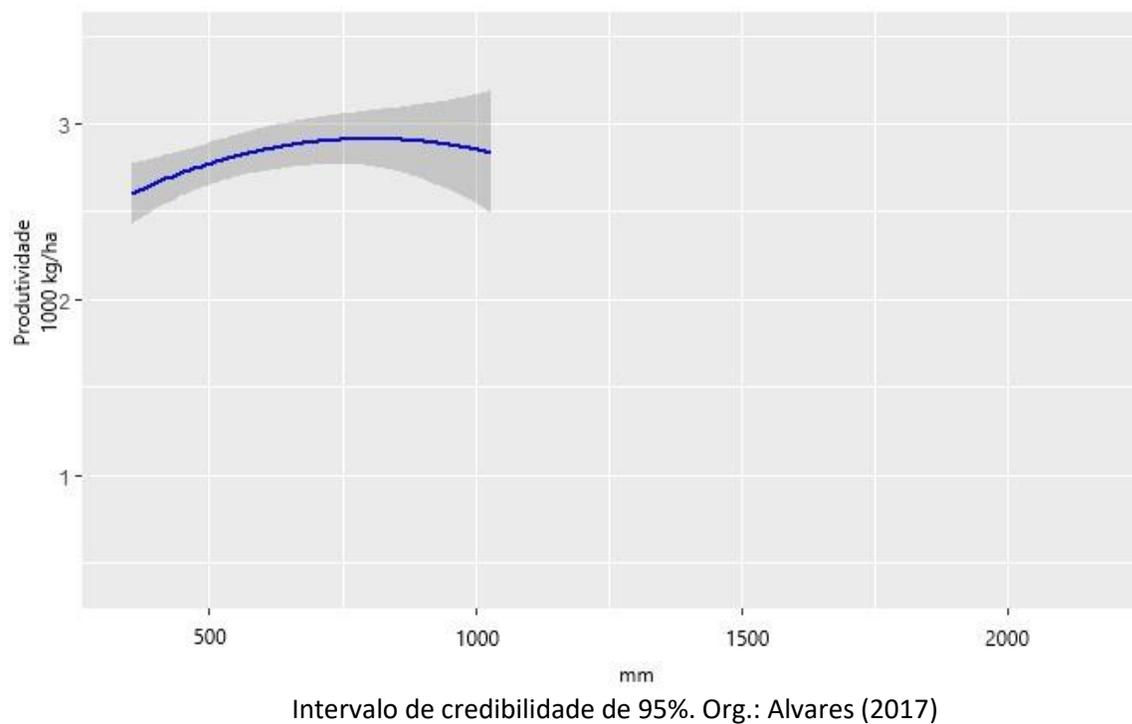


Figura 114 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no norte do Mato Grosso



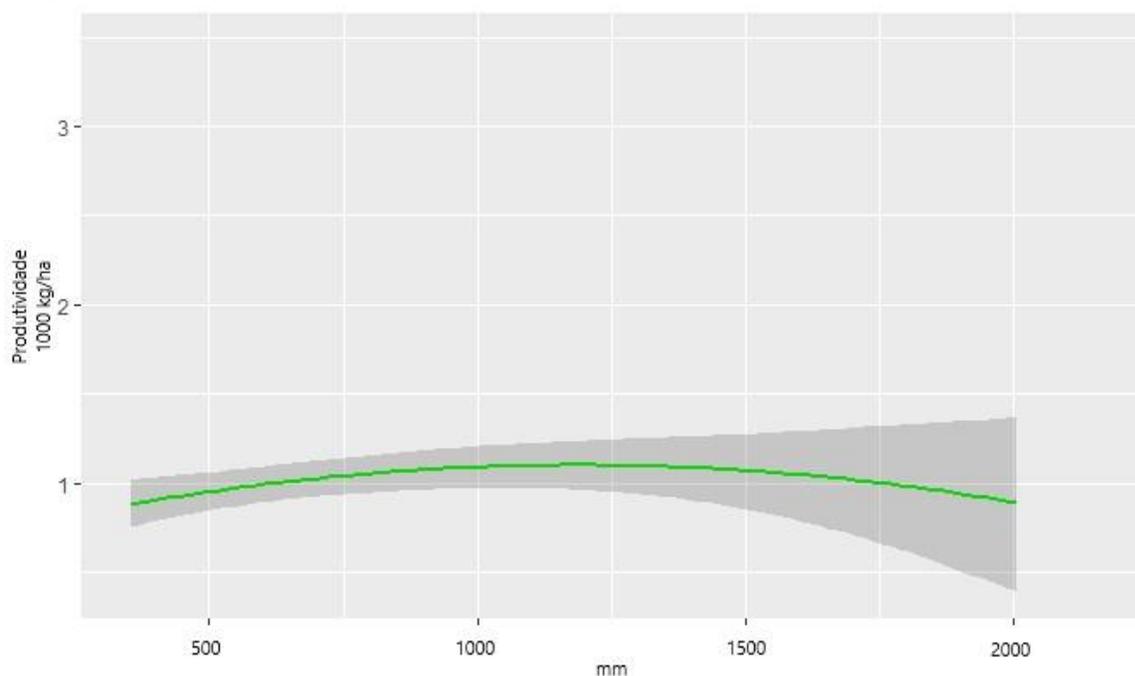
Estes resultados corroboram com as análises de correlação apresentadas no subcapítulo anterior e mais uma vez demonstram a maior dependência e correlação dos dados do noroeste do Rio Grande do Sul em contrapartida aos resultados do norte do Mato Grosso.

Figura 115 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no noroeste de Ohio



É possível que as características climáticas do Mato Grosso, por apresentar níveis de precipitação elevados, façam com que este estado apresente sempre alta produtividade e, mesmo em alguns anos ou períodos de menor precipitação, a chuva já é suficiente para o desenvolvimento fenológico da cultura. Na Índia, apesar dos valores de precipitação entre 1500 e 2000mm, o rendimento da soja mostra valores abaixo ou em torno de 1000 kg/ha. No caso indiano, os fatores explicativos da menor produtividade, conforme mencionado no capítulo de análise da soja, possuem maior relação com questões sociais e econômicas, e pela inserção recente da soja na forma de *commodity*, com tendência de aumentar sua produtividade nos próximos anos.

Figura 116 - Efeitos da variabilidade das chuvas na produtividade de soja no oeste de Madhya Pradesh

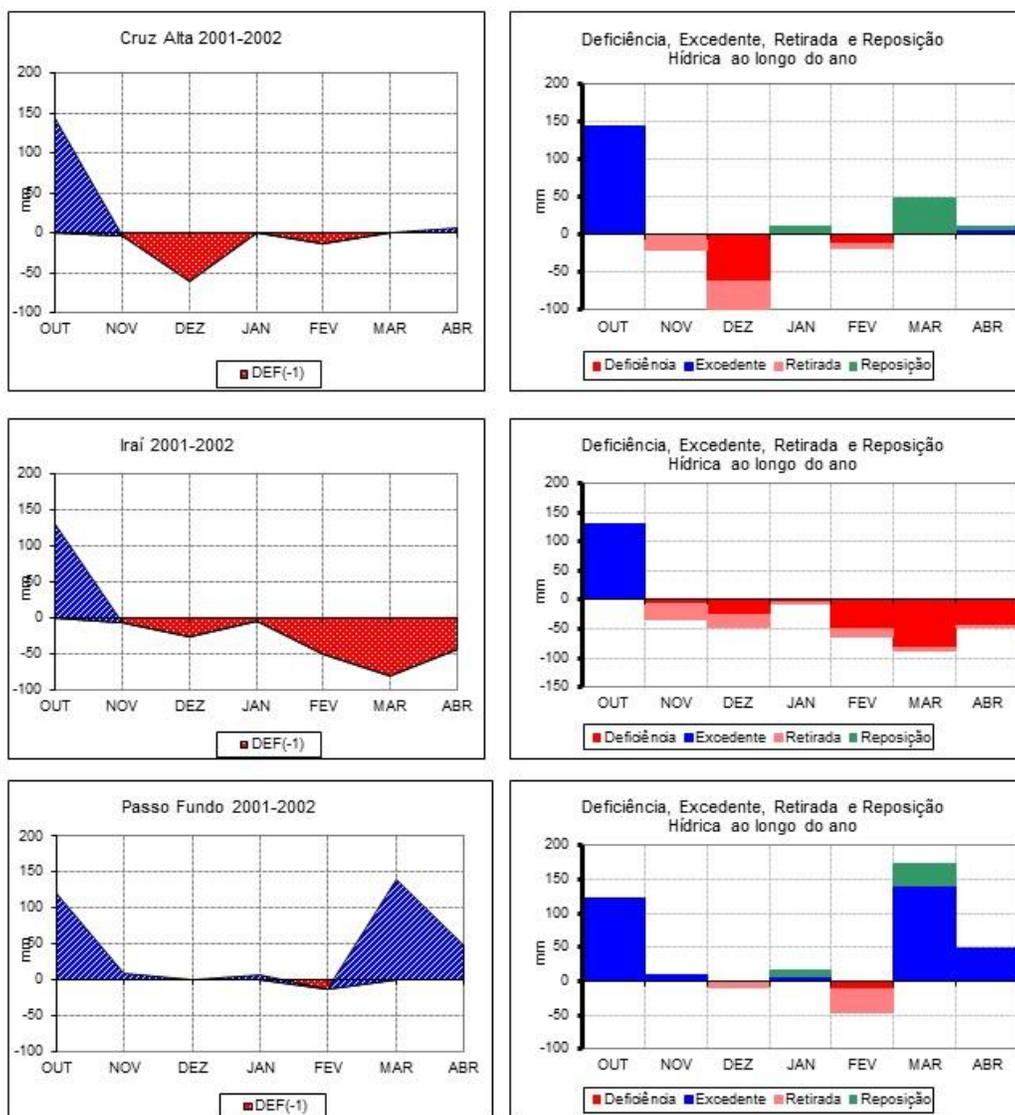


Intervalo de credibilidade de 95%. Org.: Alvares (2017)

### 5.6 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico - Brasil

Os cálculos de balanço hídrico para os anos cuja produtividade da soja apresentou queda ou variação entre os municípios foram analisados. Para a escolha dos anos, seguiram-se os resultados apresentados no capítulo 3, onde foi possível observar os principais anos cujos dados de soja mostraram variações significativas ou quedas expressivas do rendimento. No caso do noroeste do Rio Grande do Sul, os anos escolhidos para aplicar os cálculos de BH foram: 2001-2002, 2003-2004, 2004-2005 e 2011-2012. No primeiro ano (2001-2002) a produtividade da soja entre os municípios apresentou marcada variação entre aqueles que produziram acima de 3.000 kg/ha e aqueles que produziram abaixo de 1.000 kg/ha, chegando até 500 kg/ha (Fig. 117).

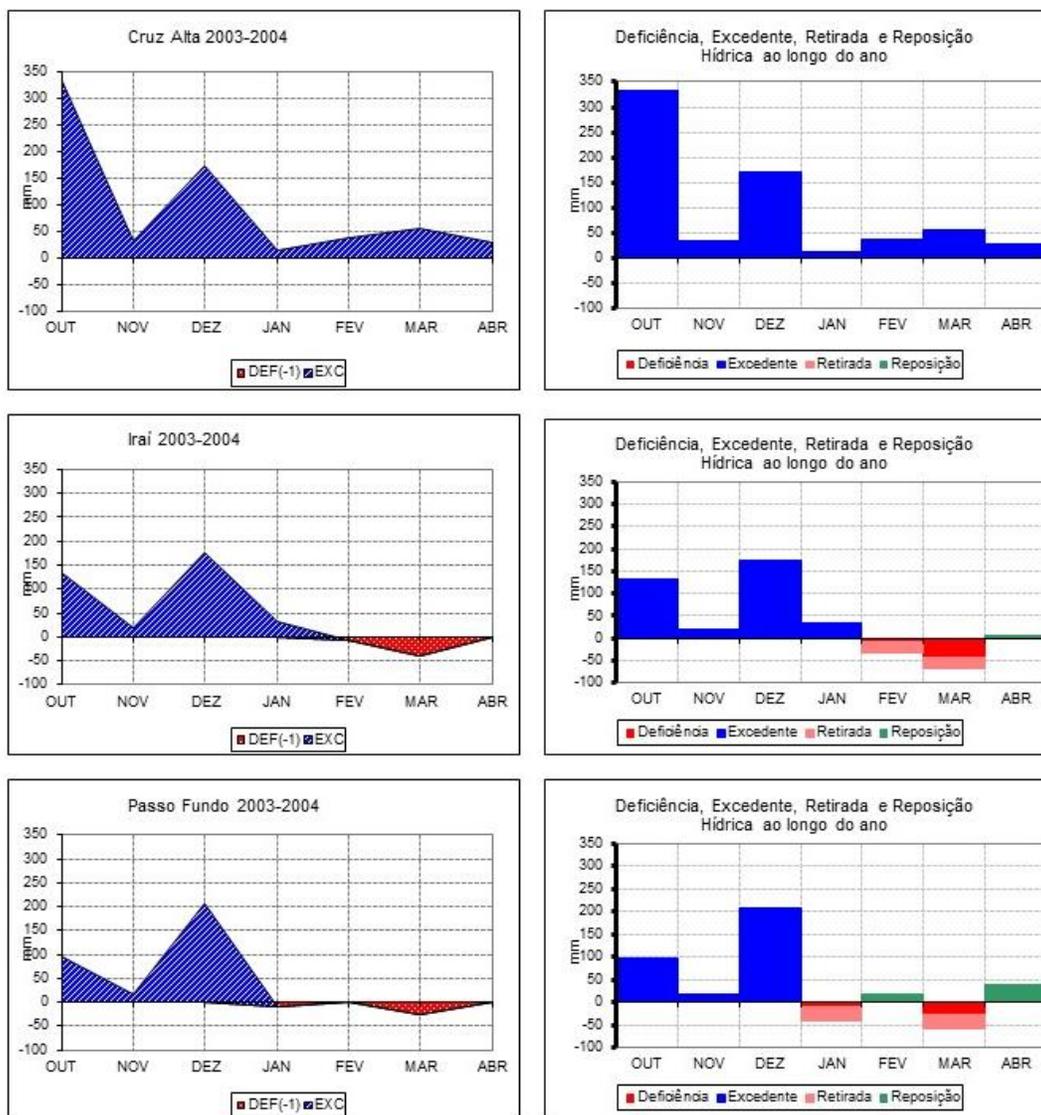
Figura 117 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2001-2002 no noroeste do Rio Grande do Sul



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

Neste ano agrícola, a variabilidade mensal dos valores de chuva e temperatura representados pelo cálculo de BH mostra que houve deficiência hídrica nos meses de novembro a março na porção em direção ao oeste, representado pelo município de Cruz Alta, assim como também registrado em Iraí – entre novembro e abril – e com menor intensidade em Passo Fundo, o qual registrou deficiência hídrica no mês de fevereiro. No ano agrícola de 2003-2004 o cultivo da soja apresentou marcada variação da produtividade com queda acentuada dos seus registros em praticamente todos os municípios analisados. Neste ano não houve valores acima de 2.500 kg/ha. Houve um período de redução das chuvas, o que resultou em um registro de deficiência hídrica nos meses de fevereiro a abril em Iraí e de janeiro a abril em Passo Fundo (Fig. 118). Resultados aos quais possivelmente estão associados a queda da produtividade de soja registrada neste ano e neste contexto regional.

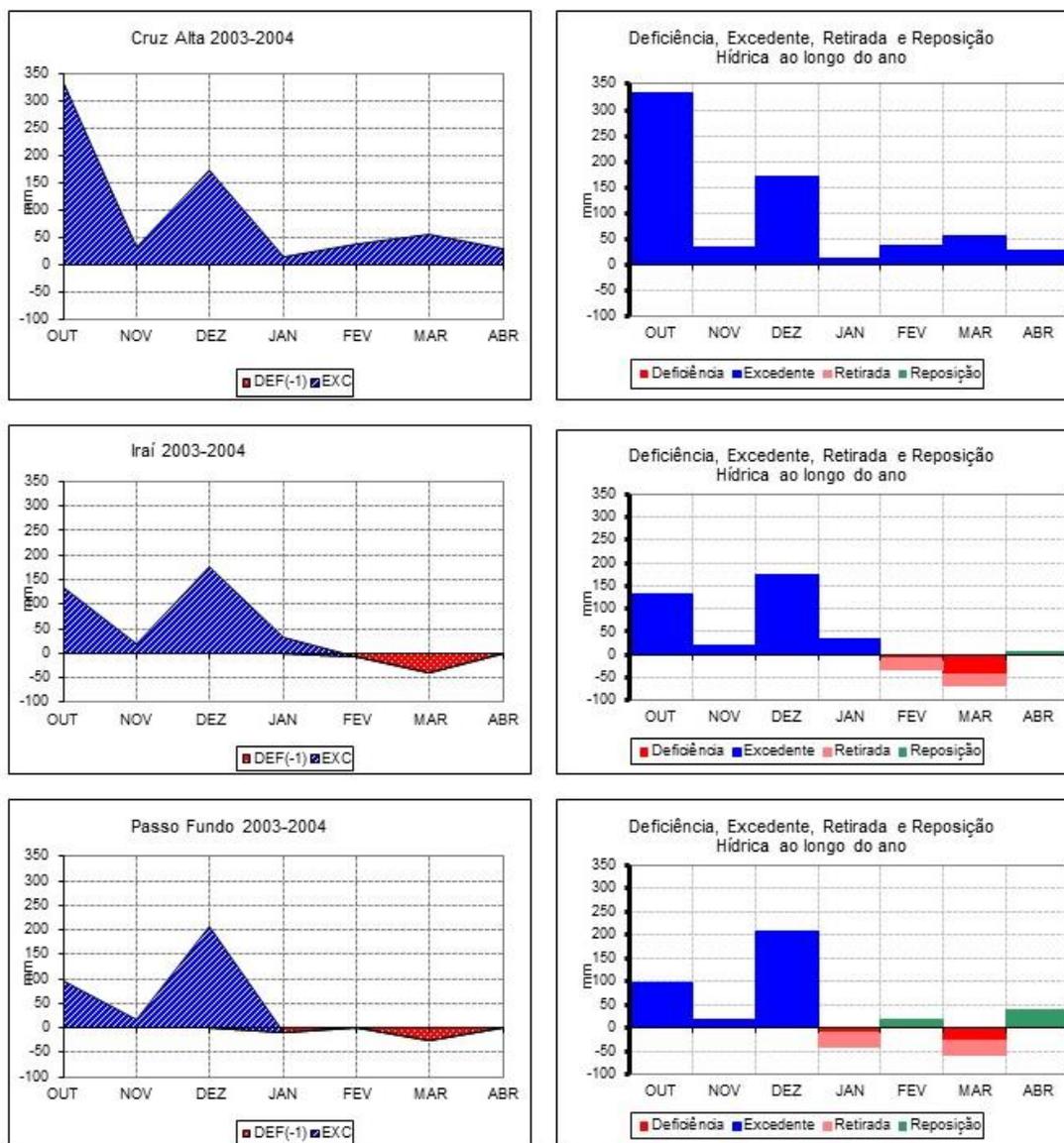
Figura 118 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2003-2004 no noroeste do Rio Grande do Sul



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

Outro ano cujo rendimento de soja apresenta queda entre os registros municipais foi 2004-2005 (Fig. 119); este mostrou acentuada redução dos totais produzidos pelos 200 municípios. Com exceção de alguns valores considerados *outliers*, os demais não ultrapassaram 1.000 kg/ha, ou seja, se comparado aos demais anos da série, este é o ano agrícola de menor produtividade. É também o ano de maior homogeneidade entre os municípios, ou seja, houve queda do rendimento de forma generalizada (menor distância entre os limites da caixa).

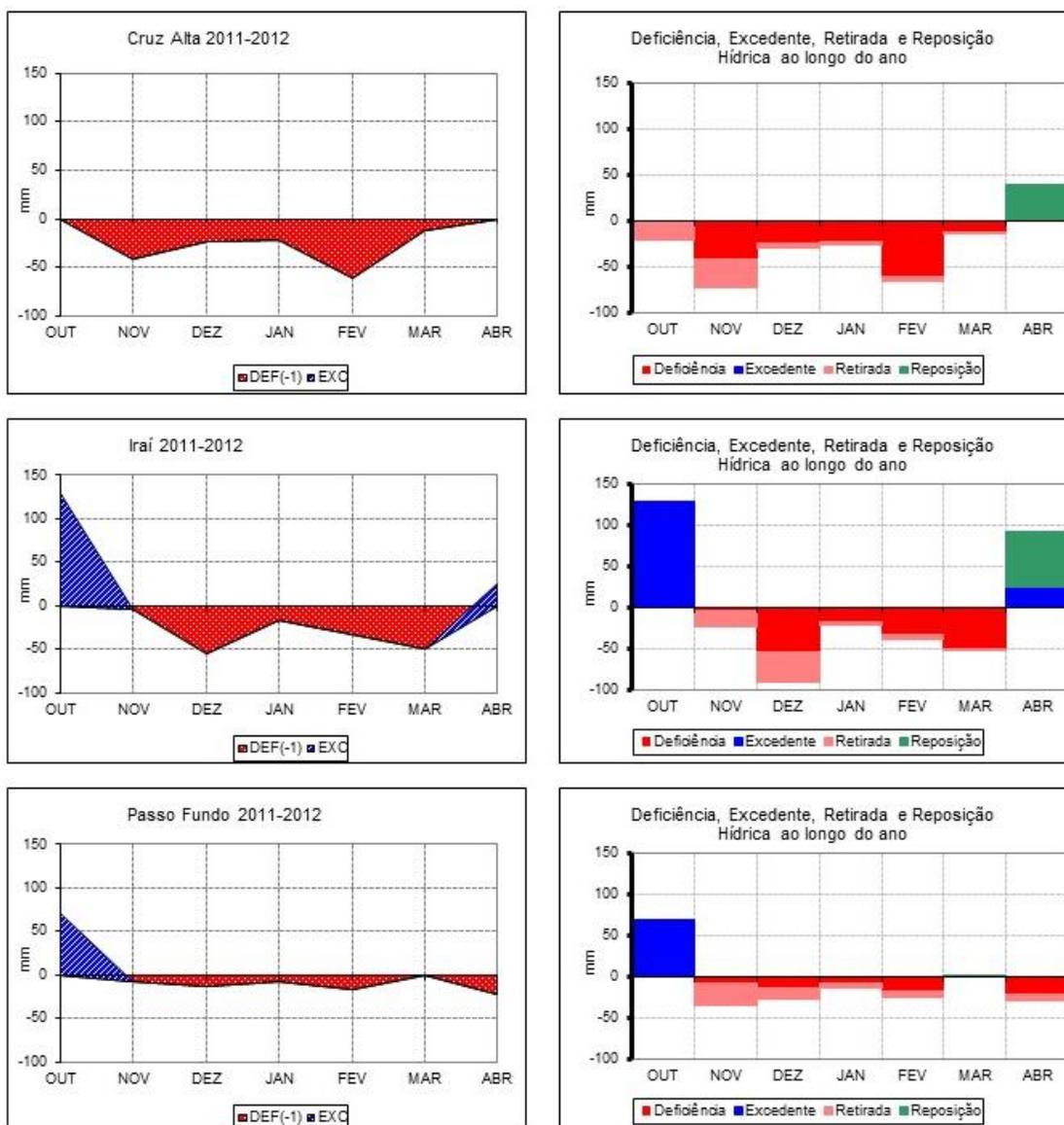
Figura 119 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2004-2005 no noroeste do Rio Grande do Sul



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

Neste mesmo ano houve deficiência hídrica registrada nos meses de dezembro a março em Cruz Alta e Irai e de novembro a março em Passo Fundo. Reduções dos totais de água absorvidos pela planta nos meses de janeiro e fevereiro são os principais eventos que podem causar reduções de safras agrícolas no sul do Brasil. A deficiência hídrica nos meses que correspondem o enchimento e desenvolvimento do grão de soja afeta os valores finais que uma planta de soja pode produzir – informações que podem ser consultadas na bibliografia acerca da fenologia da soja. O ano de 2011-2012 (Fig. 120) é um dos mais interessantes da série histórica, pois foi o ano em que os valores de produtividade de soja apresentaram as maiores variações espaciais, ou seja, este ano foi o ano cuja distância dos limites dos gráficos mostrou maior distanciamento, logo, houve municípios que produziram acima da média, e outros bem abaixo do que se esperava.

Figura 120 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2011-2012 no noroeste do Rio Grande do Sul



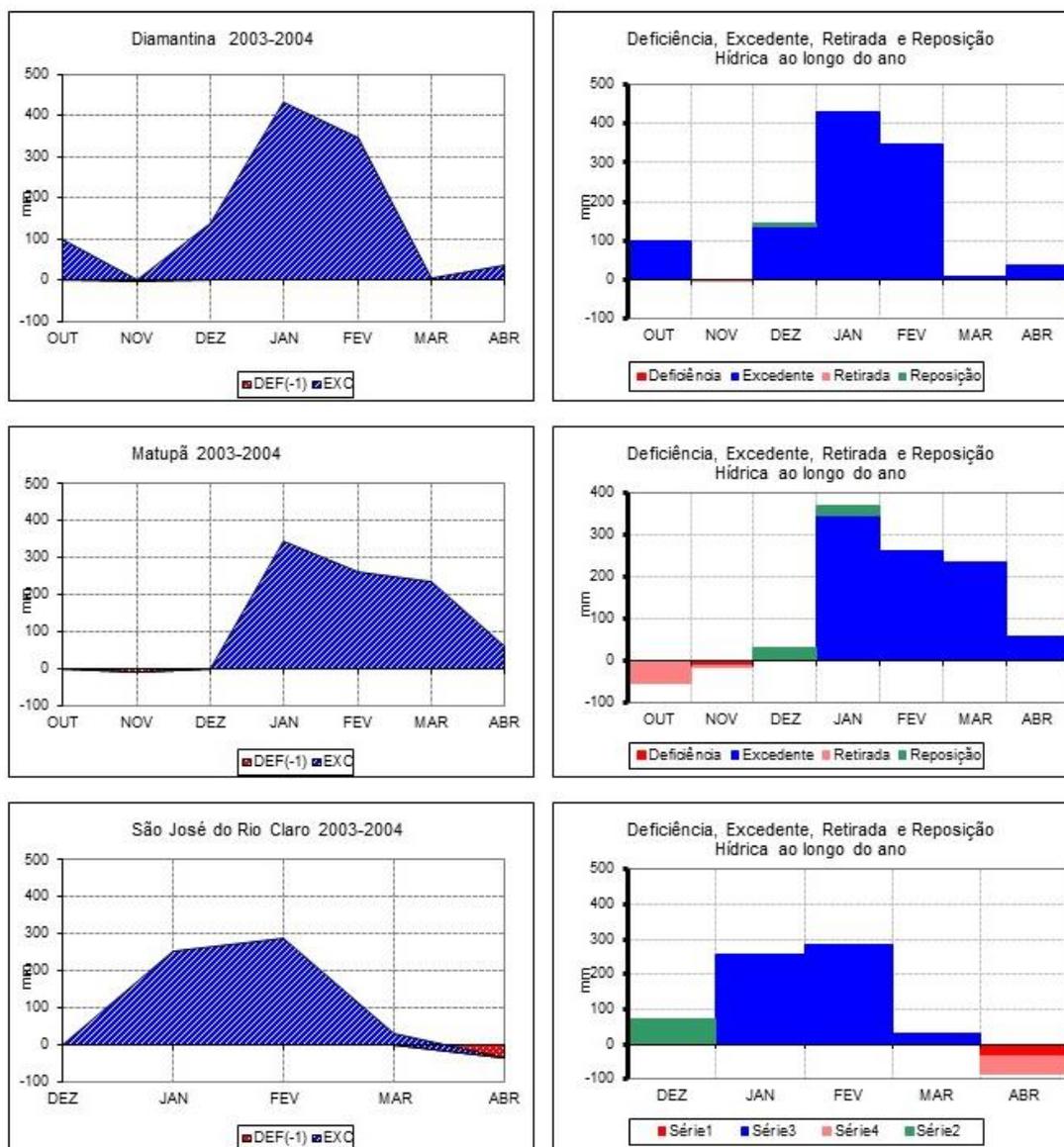
Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

Alguns municípios, neste ano de 2011-2012, que mostram valores acima de 3.000kg/ha, entretanto existem municípios que mostram valores abaixo de 500 kg/ha, e este perfil de menor produtividade entre alguns municípios pode ser explicado pelos resultados apresentados pelo cálculo do BH (Fig. 120), que indica deficiência hídrica em todos os meses do ano agrícola na região de Cruz Alta, nos meses de novembro e março em Irai e entre novembro e abril em Passo Fundo. Entre os anos escolhidos para aplicar o cálculo do BH, o que apresentou os valores mais expressivos de déficit hídrico foi o ano agrícola de 2011-2012, sobretudo no município de Cruz Alta, região central da área de estudo.

No Mato Grosso, o mesmo procedimento foi realizado em anos que apresentaram variações da produtividade de soja. No caso do Norte do Mato Grosso, aplicaram-se os testes de BH nos anos

de 2003-2004 até 2005-2006 e, apesar dos valores de soja apresentarem variações nestes anos, não é possível relacionar à ocorrência de redução da precipitação ou dos períodos de deficiência hídrica, pois é possível notar que não houveram saídas significativas ao ponto deste déficit hídrico ser representado pelo gráfico (Fig. 121, 122 e 123).

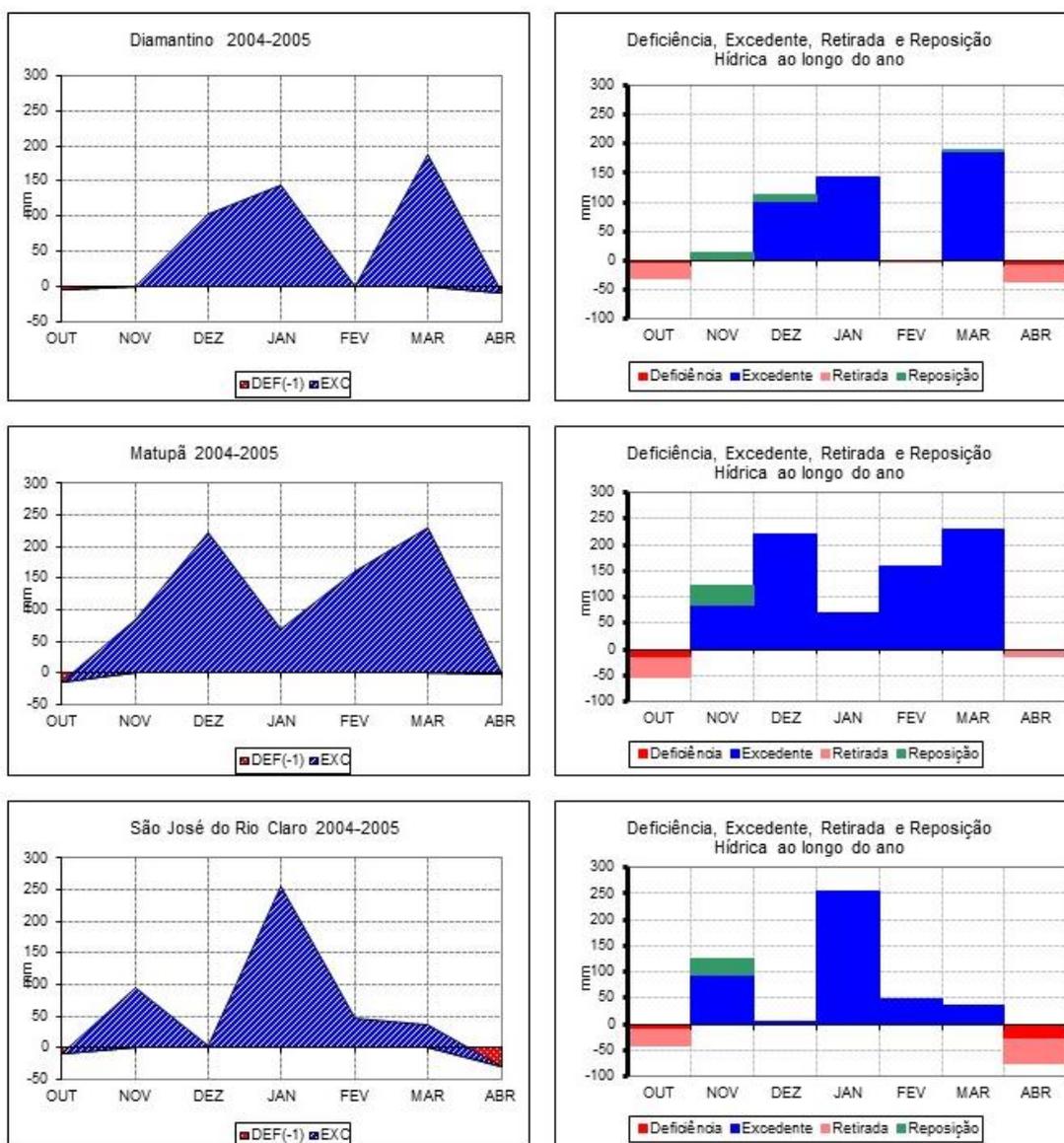
Figura 121 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2003-2004 no norte do Mato Grosso



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

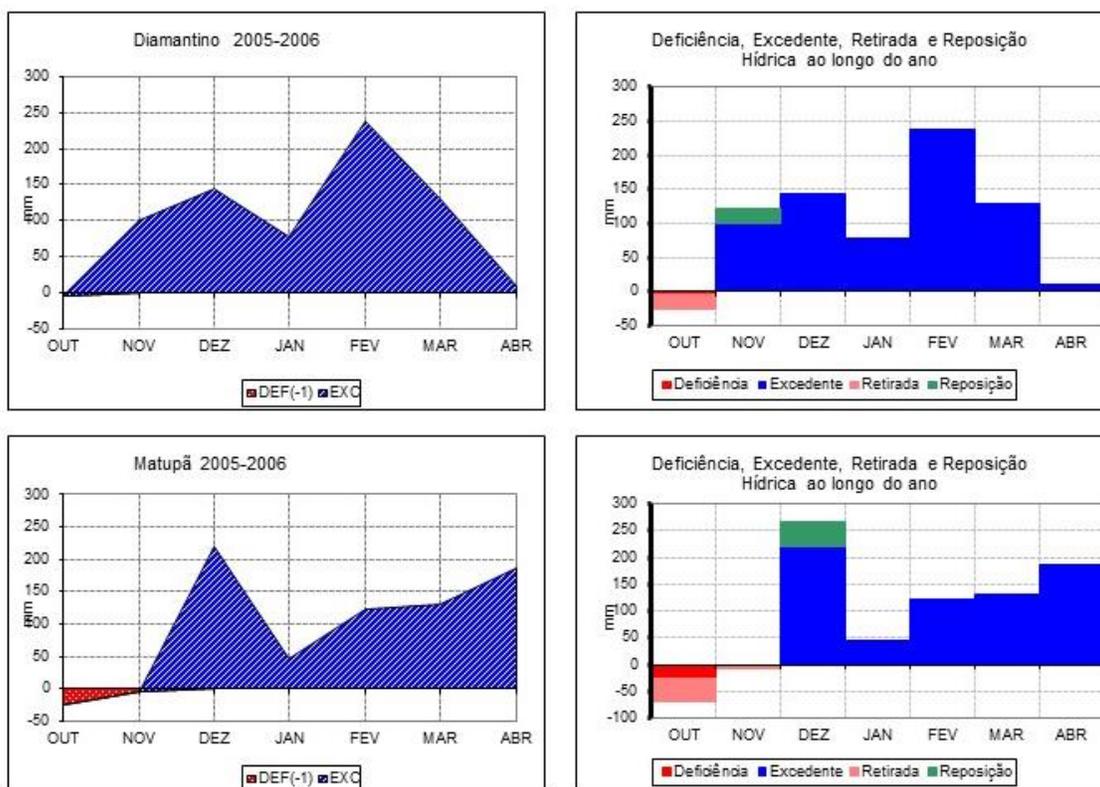
Alguns anos registraram deficiência hídrica em meses específicos, como é o caso de outubro-novembro de 2003 em Matupã e abril de 2004 em São José do Rio Claro. O mesmo foi observado em outubro do ano de 2004 no município de Diamantino, em abril de 2005 em São José do Rio Claro e em outubro de 2005 em Matupã, mesmo assim, não foi possível desenvolver correlação com os valores de produtividade.

Figura 122 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2004-2005 no norte do Mato Grosso



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

Figura 123 - Extrato de Balanço Hídrico para o ano de 2005-2006 no norte do Mato Grosso



Fonte de dados: INMET. Org.: Carmello e Mangili (2016)

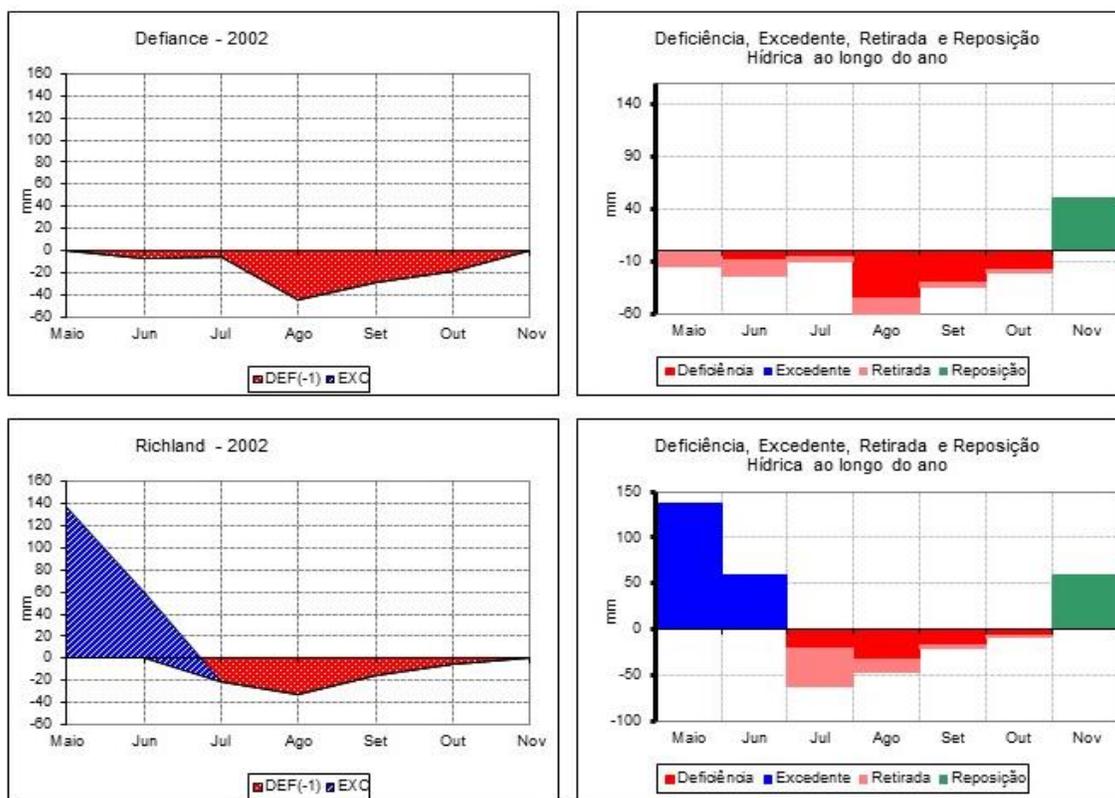
Os testes aplicados para o estado do Mato Grosso não apresentam respostas positivas, pois apesar destes terem sido os anos cujos valores de soja mostraram maior variação quanto ao rendimento anual, os extratos de BH não mostram períodos de deficiência hídrica em meses considerados importantes para o desenvolvimento da planta para esta parte do Centro Oeste do Brasil, o que significa dizer que, apesar da variação nos totais anuais de soja, não há indícios, ao menos do ponto de vista climatológico, de ter havido períodos de estiagem.

## 5.7 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico – Estados Unidos

O mesmo procedimento foi realizado para os Estados Unidos e, assim como no Brasil, foram escolhidos os anos que apresentaram menor produtividade anual ou maior variação entre os valores de produtividade de soja entre os municípios. Para tanto, aplicou-se o teste de BH nos anos agrícolas de 2002 e 2008 (Fig. 124 e 125) que, conforme exposto no capítulo 3, são os dois anos que apresentaram menor rendimento agrícola. O ano de 2008 apresentou dados que se mostraram mais homogêneos (menor distância entre os limites da caixa), logo, a redução da produtividade ocorreu em todos os municípios.

Foi aplicado também o teste de BH para o ano de 2007 (Fig. 124), que foi um dos anos com os melhores valores de produtividade apresentados pelos municípios de Ohio. Buscou-se o contraponto para observar como os valores de chuva e a temperatura mostram-se em anos em que a soja apresentou bons valores de produtividade.

Figura 124 - Extrato do balanço hídrico para o ano de 2002 em Ohio

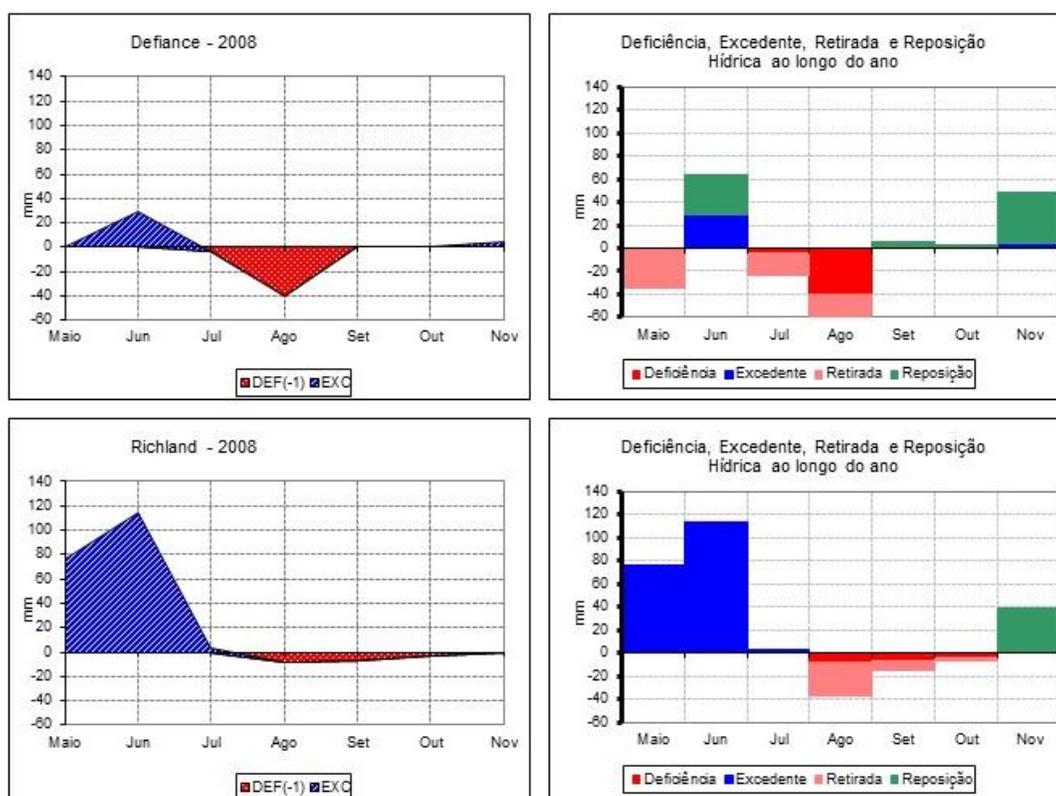


Org.: Carmello e Mangili (2016)

Nos anos agrícolas de 2002 e 2008 (Fig. 124 e 125) houve deficiência hídrica de maio até novembro no município de Defiance, com valores de redução acentuados em agosto e setembro. Em Richland, nestes mesmos anos agrícolas, os valores mostram deficiência hídrica entre junho e

outubro, com redução expressiva em agosto, mês com a maior quantidade de testes estatisticamente positivos. No ano agrícola de 2008, ano cuja produtividade de soja apresentou queda do desempenho, se comparada toda a série estudada, há registros de déficit hídrico entre junho e agosto em Defiance e entre julho e outubro em Richland, ou seja, a deficiência hídrica ocorrida no mês de agosto determinou os valores finais de produtividade em Ohio no ano de 2008.

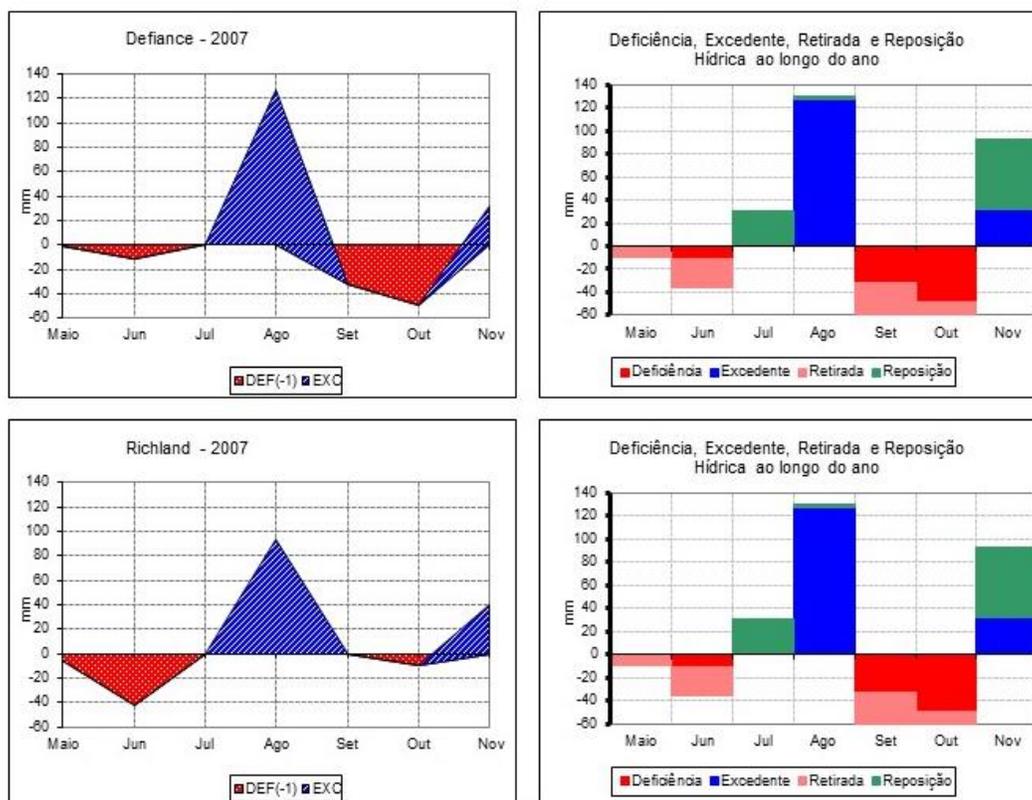
Figura 125 - Extrato do balanço hídrico para o ano de 2008 em Ohio



Org.: Carmello e Mangili (2016)

Quanto aos valores apresentado em Defiance, há expressiva redução dos valores de manutenção de água no solo em agosto – mês que condiz com os resultados estatísticos como aquele que apresenta maior correlação estatística entre os valores de chuva e soja, ou seja, são as chuvas que ocorrem ou deixam de ocorrer no mês de agosto que estão diretamente relacionadas, em grande parte dos casos, aos níveis de rendimento das lavouras naquela porção de Ohio. Entretanto, se for analisado um ano em que o rendimento da cultura apresenta uma produtividade elevada e uma variação baixa, o ano de 2007, por exemplo, observa-se que houve uma boa distribuição hídrica, especialmente durante julho e agosto (Fig. 126), diferente do que pôde ser observado entre os anos em que o rendimento mostrou quedas, a exemplo de 2002 e 2008.

Figura 126 - Balanço Hídrico no ano agrícola de 2007 - ano em que o rendimento não mostrou variação.



Org.: Carmello e Mangili (2016)

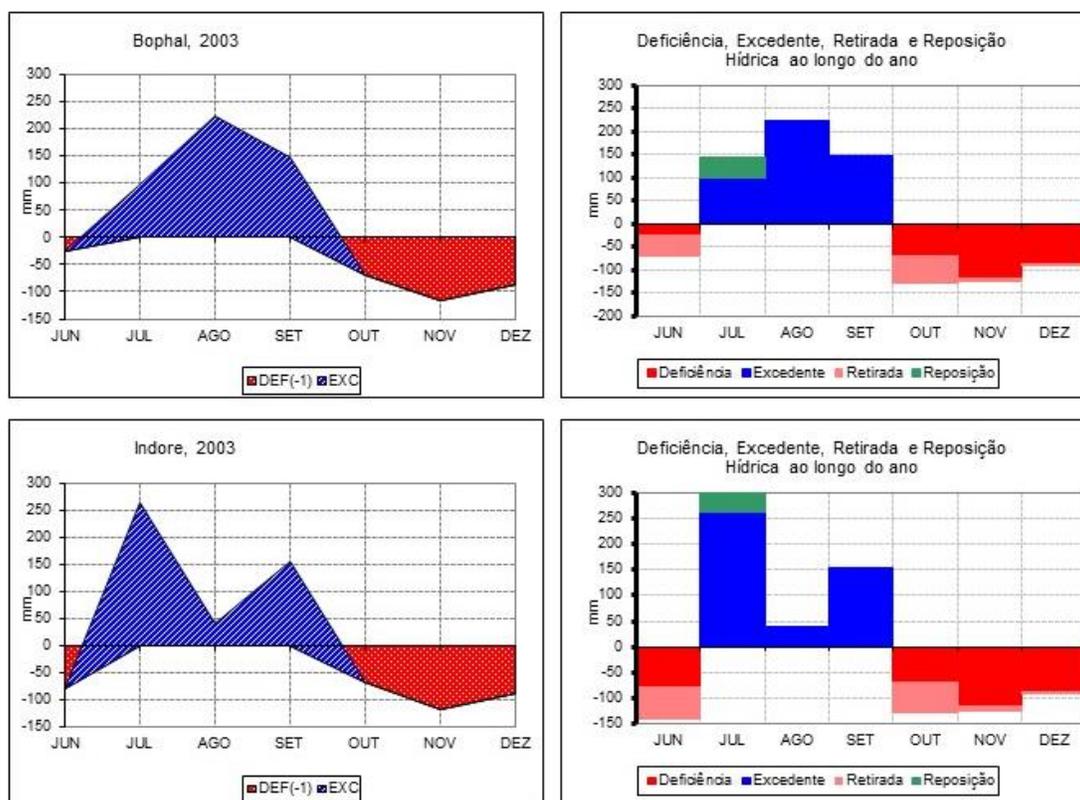
Neste ponto, com o auxílio e a inserção dos dados de temperatura e a redução da escala, foi possível observar que realmente são as chuvas que ocorrem ou deixam de ocorrer no mês de agosto que determinam os valores finais de produtividade em Ohio – padrão observado também no mês de julho. Nos testes estatísticos, os meses de julho e agosto, foram os períodos que apresentaram o maior número de respostas positivas quanto aos testes estatísticos aplicados. Este resultado se torna um importante indicador sobre como a planta de soja apresenta dependência se for considerada a precipitação regular. Os resultados relacionados ao BH nesta etapa cumprem um importante papel de auxiliar e corroborar com os resultados apresentados anteriormente, os quais foram baseados nos cálculos estatísticos.

## 5.8 - Os anos emblemáticos de queda e variação da produtividade de soja e a aproximação com o cálculo de balanço hídrico – Índia

Na Índia, dois anos se destacaram por apresentarem variações importantes entre os registros e entre os municípios: 2003 (Fig. 127) e 2005 (Fig. 129); e um ano por apresentar bons rendimentos: 2004 (Fig. 130). O período mais crítico para que ocorram períodos de deficiência hídrica na Índia, relacionado ao plantio da soja, é entre agosto e setembro, quando está ocorrendo a floração e o enchimento dos grãos. Outro período em que uma diminuição da precipitação levaria o plantio da soja à ineficaz seria o período iniciado no mês de junho.

Os resultados que indicam menor ou maior deficiência hídrica para a região indiana apresentam determinado padrão se comparados os três anos analisados, sobretudo por representar os valores de menor deficiência hídrica nos primeiros meses do calendário agrícola (junho, julho, agosto), nos dois anos analisados. Em 2003, por exemplo, houve valores que indicam *output* de água a partir do mês de outubro, tanto em Bopal, quanto em Indore (Fig. 127).

Figura 127 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2003)

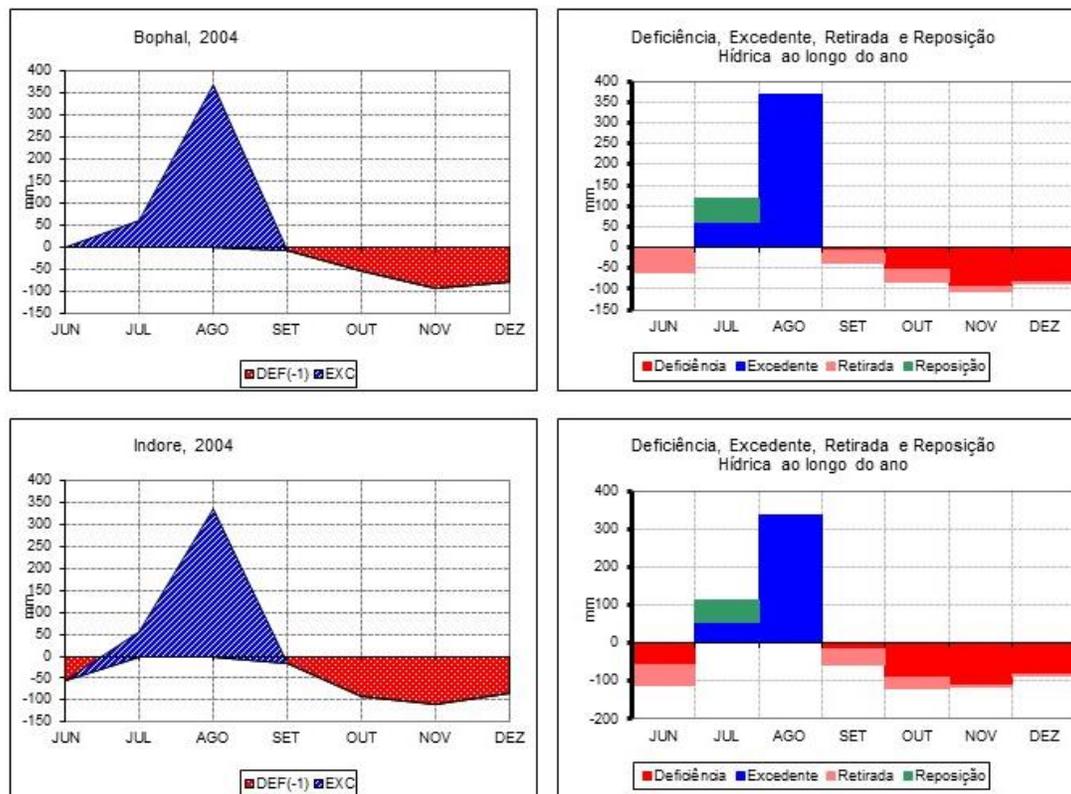


Org.: Carmello e Mangili (2016)

Em 2004 (Fig. 128), o período mais crítico foi quando a deficiência hídrica foi mais intensa a partir de setembro, e em 2005 (Fig. 129), estes episódios de menor concentração de água ocorreram a partir de agosto em Bhopal e a partir de outubro em Indore. Se os em anos que foram

aplicados os testes de balanço hídrico são os mesmos cuja produtividade de soja mostrou variação, essa variação então está associada aos déficits hídricos ocorridos, sobretudo entre setembro e outubro de 2004 e 2005.

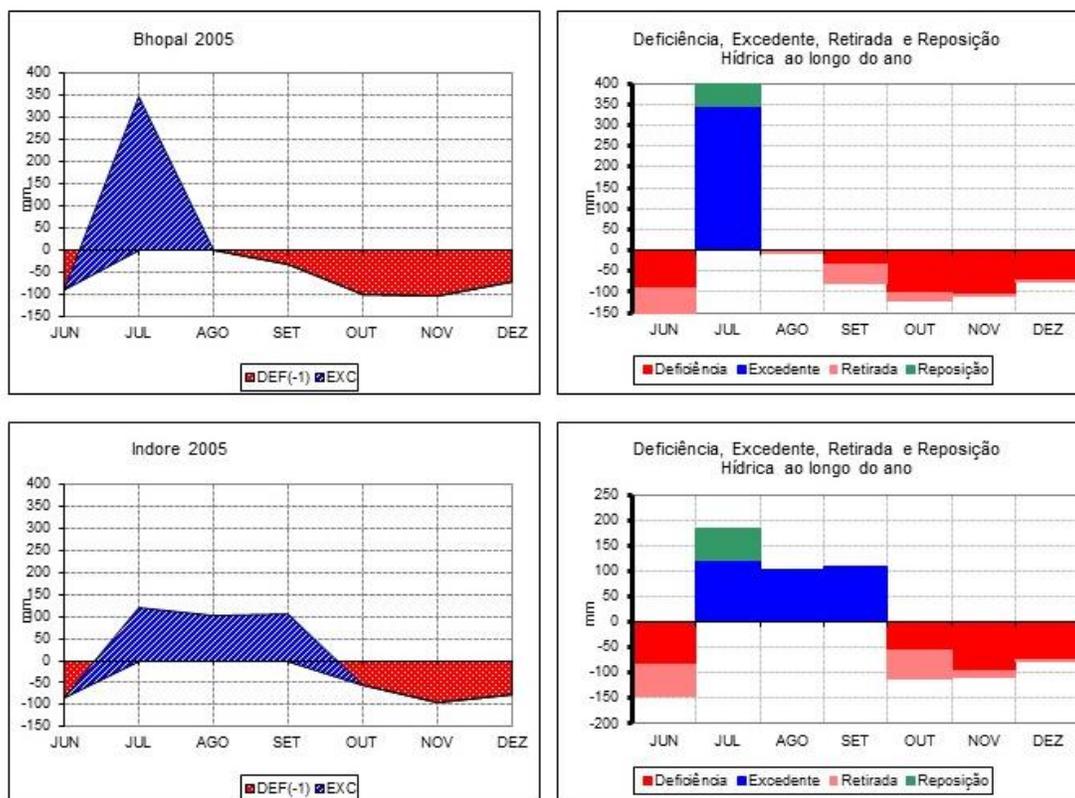
Figura 128 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2004)



Org.: Carmello e Mangili (2016)

Nesta etapa do relatório, o resultado do balanço hídrico aplicado na região indiana mostra que em 2004, ano em que o cultivo da soja apresentou bons rendimentos, o input hídrico nos meses de junho a setembro ultrapassou 300mm. Esta característica também pode ser observada em 2005 em Bhopal, porém com menor intensidade em Indore, apesar de ser o mesmo ano. Os valores mais altos de rendimento de soja ocorreram em 2004, resultado que pode estar associado a eficiência hídrica acumulada entre junho e agosto deste ano naquela região.

Figura 129 - Exemplo de períodos de déficit hídrico no oeste de Madhya Pradesh (2005)



Org.: Carmello e Mangili (2016)

Exceto pelo Mato Grosso, região onde os extratos de Balanço Hídrico não indicam deficiência hídrica em períodos importantes da planta, pôde-se constatar esta relação nas demais regiões estudadas e testadas. Assim como nas avaliações anteriores, o norte do Mato Grosso não apresenta valores que demonstrem relação. Notou-se que existiram períodos nos quais houve diminuição da concentração e acúmulo de água no solo nas demais regiões, facilitando a queda ou variação dos valores de produtividade nestes anos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As possibilidades de análise eram diversas e foi necessário delimitar e apropriar-se daquelas que mais se aproximassem do objetivo desta tese e que fossem favoráveis para a apresentação dos resultados e sua discussão. Todos os testes aplicados ofereceram contribuições para que fosse possível chegar a conclusões relevantes e atender aos objetivos propostos.

O objetivo geral foi o de analisar a variação da produtividade da soja e a variabilidade das chuvas em regiões de significativa produção no Brasil, nos Estados Unidos e na Índia, entre os anos agrícolas de 1998/99 – 2012/13 no Brasil e 1998 – 2013 nos Estados Unidos e Índia.

Para atingi-lo, consideraram-se elementos teóricos relacionados aos conceitos e temas específicos da geografia, como o de região e o de globalização.

Subsequentemente foi contextualizado o papel da soja como componente fundamental para movimentar o comércio internacional, sobretudo no que tange ao agronegócio, sua cadeia produtiva desde a semeadura até a distribuição e consumo, que engloba estágios importantes para o desenvolvimento de diferentes produtos de circulação internacional.

A economia global relacionada à geopolítica internacional é dinâmica, líquida e fluida, e influencia os novos modos de vida, os quais estão em constante transformação – mudanças nos padrões demográficos, sociais, culturais, econômicos, etc.

O processo de globalização, que reduz distâncias, tornando as reestruturações regionais cada vez mais perceptíveis, justifica o plantio da soja em diferentes locais outrora não cultivados. Exemplo deste processo de expansão é a presença do cultivo da oleaginosa nas Américas, na Europa, na África e na Ásia, fato que contextualiza o plantio da soja como um agente transformador, reconfigurador e reestruturador, resultando na homogeneização mundial da agricultura.

A fundamentação teórica considerou três importantes eixos:

- 1 - *O sentido da comparação – retomada do método comparativo em geografia;*
- 2 - *O conceito de região como a base teórica estrutural da tese e;*
- 3 - *As mudanças nos padrões agrícolas e a globalização, esta última como um processo integrador.*

Para desenvolver um trabalho comparativo, foi necessário buscar pelo menos uma característica em comum entre dois ou mais objetos de estudo. A escolha pelo método comparativo justificou-se pelo fato desta tese considerar três países – objetos de estudo, e a produção de soja de cada um deles como característica integradora.

O conceito de região representa a base teórica e estrutural da tese, o qual fundamenta o ponto de vista geográfico. Uma região surge por e a partir de características homogêneas, logo, as regiões da soja são assim denominadas em função da existência desta variável,

independentemente da localização no globo. A região não é fixa e estática, ela se transforma/é transformada no tempo segundo os interesses de agentes sociais, políticos e econômicos. É importante entender que a região está em constante processo de reestruturação, e esta ocorre pelas ações destes agentes. O fato de a soja ter sido implementada, por exemplo, numa escala temporal curta no Mato Grosso e na Índia é justificado por estes processos de reorganização regional.

A globalização como componente teórico justifica-se uma vez que permitiu aproximar regiões fisicamente afastadas, porém comprovadamente similares, quando estudadas em função da presença do plantio de soja. Esta aproximação se deu pelo avanço técnico, que é a base para consolidação do processo de globalização. Neste caso, o avanço técnico permitiu que diversas áreas, outrora não exploradas, hoje sejam consideradas regiões componentes de um conjunto caracterizado pela produção de soja.

### ***Quanto à variação temporal e espacial dos dados de produtividade da soja***

A avaliação e a análise dos dados de soja foram organizadas da seguinte forma: análise da produção e produtividade global dos países representativos e a análise regional de forma integrada – comparativa e individual. Foram realizados os testes de Mann-Kendall, aplicada a técnica de *Ward* e a representação foi feita a partir dos gráficos do tipo *boxplots*. As técnicas estatísticas empregadas se mostraram eficientes do ponto de vista metodológico, pois contribuíram para alcançar o objetivo proposto.

O teste de Mann-Kendall, por exemplo, foi importante para avaliar os níveis de tendência, seja positivo ou negativo, dos valores de soja por município. Neste caso, destacando-se os municípios de Ohio que apresentaram resultados estatisticamente positivos em praticamente 80% dos municípios analisados. No caso do Brasil, esses valores chegam a 17% do total de municípios do noroeste do Rio Grande do Sul, 21 % dos municípios no Norte de Mato Grosso e, por último, em Madhya Pradesh, a 29%.

Estes resultados são indicadores do aumento dos níveis de produtividade de soja entre 1998 e 2013 nas quatro regiões analisadas, porém com destaque para a região norte-americana. Apesar dos valores de tendência positivos, em alguns anos no estado de Ohio ocorreram queda na produtividade anual de soja, em especial no ano de 2008.

Os dados referentes a Madhya Pradesh também indicaram aumento da produtividade, ou seja, mesmo que não tenha havido aumento da área plantada, houve aumento do total produzido. Apesar do baixo rendimento anual, esta região da Índia apresenta baixa variação especial dos totais anuais, o que nos permite afirmar que existem padrões quanto aos valores produzidos.

No Brasil, especificamente no Rio Grande do Sul, apesar dos valores menos expressivos quanto ao teste de tendência, verificou-se certo padrão espacial dos municípios com tendência positiva de aumento ao sul e também ao leste. Estes também são os municípios que, ao realizar o

teste de agrupamento, configuram a região de alta produtividade. A produtividade de soja no noroeste do Rio Grande do Sul varia entre 1,029 – 2,623 kg/ha.

Já no norte do Mato Grosso, a concentração dos municípios com tendência positiva de aumento é na região central, divididos entre os municípios do Grupo P1 e do Grupo P2 (este resultado foi dado a partir do teste de Ward). A produtividade de soja no norte do Mato Grosso é considerada alta a partir destas análises, apresentando, juntamente com Ohio, os maiores valores de produtividade registrados entre as quatro regiões.

A produtividade de soja no norte do Mato Grosso mostrou variações entre 2,918 – 3,630 kg/ha. Nesta porção do Mato Grosso, verificou-se baixa variação entre os anos e entre os municípios, cujo padrão apresentado faz desta região uma área bastante homogênea do ponto de vista agrícola, fator que a diferencia das demais, sobretudo em relação ao sul do Brasil, o qual mostrou variações nas escalas anual e espacial, bastante representativas.

O estado norte americano de Ohio apresentou produtividade elevada, sobretudo se comparada aos valores do Sul do Brasil e oeste de Madhya Pradesh. Ohio se equipara com o Mato Grosso quanto ao nível de produtividade anual, com valores, dependendo do município, que variam entre 2,750 – 3,817kg/ha.

A região representativa da Índia apresentou os valores mais baixos de produtividade, os quais na maioria dos anos permaneceram entre 1.000 e 2.000 kg/ha. Mesmo assim, houve registros de produtividade abaixo de 600 kg/ha e valores máximos em torno de 1,250 kg/ha. Apesar do baixo rendimento, esta é a região com as menores variações, o que indica determinado padrão regional de produtividade.

O noroeste de Ohio e o norte do Mato Grosso chegaram a níveis similares de rendimento anual, apesar de Ohio apresentar algumas oscilações ao longo da série, diferentemente do Mato Grosso que manteve um padrão anual de séries homogêneas. A produtividade do Mato Grosso e de Ohio são equivalentes, mas pode-se afirmar que a baixa variação apresentada pelo Mato Grosso o coloca como a região de destaque deste estudo.

O noroeste de Ohio, apresentou elevada produtividade, porém com redução em alguns anos, e com variações registradas entre os municípios, ou seja, esta região se revelou mais heterogênea se comparada ao Mato Grosso. Na sequência, a região do sul do Brasil se caracterizou como intermediária com marcada variação anual e espacial e, por último, a Índia, com baixo rendimento anual, porém representado com menor variação, indicando certa tendência e homogeneidade agrícola.

### ***Quanto à variabilidade e à tendência nas séries de chuva entre os postos pluviométricos***

Os dados de chuva foram analisados segundo os padrões regionais e locais a partir de níveis de detalhamento na escala anual (safra), mensal e decênial (evapotranspiração). Estes dados foram avaliados na seguinte ordem: Teste de Mann-Kendall, Pettitt, estatística descritiva, índice padronizado, técnica do percentil-quantis, representação no quadro tempo-espacial e *boxplot*

(variação temporal e espacial). Todas as técnicas estatísticas aplicadas mostraram resultados satisfatórios e confiáveis.

No contexto rio-grandense três anos agrícolas se destacaram: 2002–2003; 2003-2004 e 2011-2012. O primeiro pelo total pluvial indicando ter sido este um ano extremamente chuvoso, o segundo foi habitual e o terceiro, por seu perfil extremamente seco. Quanto ao quadro tempo-espacial das chuvas, percebeu-se que, além dos anos padrões destacados anteriormente (2002–2003; 2003-2004 e 2011-2012), os anos de 2000-2001, 2009-2010, 2010-2011 e 2012-2013 foram chuvosos. Os anos de 1998-1999, 2004-2005 e 2008-2009 foram secos ou extremamente secos e 1999-2000 e 2001-2002 foram habituais. Todos estes com menor intensidade se comparados aos anos padrões selecionados.

No Norte mato-grossense foram poucos os anos homogêneos, porém os anos agrícolas de 1998-1999, 2000-2001 e 2004-2005 foram secos. 2003-2004 foi extremamente chuvoso e chuvoso. Os anos de 2011-2012 e 2012-2013, apesar da existência de postos com registros extremamente secos, há uma prevalência de dados chuvosos. Os anos padrões da série no Mato Grosso foram 1998-1999 como os anos mais secos, 2003-2004 habitual e 2012-2013 chuvoso.

Os principais pontos e resultados para Ohio mostraram que há uma considerável variabilidade de precipitação anual quando analisado os valores totais de chuva. Isto é, existem padrões anuais, nos quais são bem definidos os anos chuvosos e os anos secos. Constatou-se, também, baixa variabilidade entre as estações, indicando maior homogeneidade entre os registros e baixa variabilidade espacial dos valores de chuva. Esta característica é determinada também por conta do tamanho da área pela qual está sendo representado o estado de Ohio nesta pesquisa.

A precipitação anual total de 15 anos esteve abaixo de 1000mm em todas as estações, mostrando o efeito das condições climáticas regionais - especialmente em 1999 (os mais baixos volumes de precipitação registrados) e 2011 (os maiores volumes totais registrados e também menor variação entre estações).

A variabilidade de precipitação na Índia mostrou que as chuvas no oeste de Madhya Pradesh apresentaram marcada variabilidade anual e com diferenças consideráveis entre os anos. Foi possível notar, também, que há uma marcada variabilidade espacial, indicando diferenças nos padrões regionais quanto à distribuição e aos tipos de chuva que são registrados. Este resultado pode estar associado ao fato do oeste de Madhya Pradesh representar uma extensa área, assim como o norte do Mato Grosso, ou seja, o fato de serem duas áreas muito extensas, o que pode comprometer a homogeneização dos dados.

Puderam-se identificar anos secos e chuvosos, mas esta característica mudou de acordo com a posição da estação pluviométrica analisada. Se analisarmos o quadro temporal elaborado para representar os dados da Índia, por exemplo, comprovaram-se estas condições, sobretudo em 2000, 2006 e 2011. O ano mais úmido da série foi 2006. Este ano também foi o ano em que o plantio da soja apresentou um bom rendimento. 2006 é um ano bastante característico na série de dados da Índia, pois este foi o ano que mostrou importante transição entre os valores de produtividade de soja observados. Existia um perfil de produtividade antes de 2006 e posterior a 2006.

Os anos de 2000 e 2005, por exemplo, foram os anos mais secos, e em 2005, a produtividade de soja também diminuiu. No oeste de Madhya Pradesh foi possível determinar os anos agrícolas padrão seco (2005), chuvoso (2006) e habitual (2009) de forma bem mais precisa se comparado ao norte do Mato Grosso (Tabela 40).

Tabela 40 - Anos-padrões em séries de precipitação no Brasil, Estados Unidos e Índia

Área de estudo	Anos chuvosos	Kg/ha	Habituais	Kg/ha	Anos Secos	Kg/ha
Noroeste RS	2002-03	2,545	2003-04	1,319	2011-12	1,382
Norte Mato Grosso	2012-13	2,900	2003-04	2,576	1998-99	1,698
Noroeste Ohio	2011	3,213	2007	3,250	1999	2,553
Oeste Madhya Pradesh	2006	1,003	2008 e 2009	1,070/1,136	2000	0,795

Org.: Carmello (2017)

Excetuando-se o estado do Mato Grosso, foi possível identificar padrões quanto à variabilidade das chuvas nas três regiões estudadas, sobretudo no que se refere à homogeneidade dos dados. Ou seja, os valores totais anuais em cada ano analisado apresentaram baixa variação espacial. O estado indiano foi o único que apresentou resultados positivos quanto aos testes de tendência e ruptura, sobretudo em relação ao teste de tendência, mesmo que esta região indiana apresentasse uma quantidade considerável de postos pluviométricos e os resultados estatísticos tenham surgido em apenas 06 dos 55 postos.

O fato de haver quantidade reduzida de resultados positivos ou negativos relacionados ao teste de Mann-Kendall e Pettitt é importante, pois indicam consistência e homogeneidade dos dados trabalhados. Outro ponto positivo é que, apesar do período analisado ser reduzido, pode-se afirmar que não houve relação com as mudanças nos padrões pluviométricos em larga escala ou interferências de padrões de teleconexão em escalas superiores, isto é, as chuvas no período analisado seguiram uma tendência que não variou, nem negativamente, nem positivamente.

***Quanto à correlação estatística, a análise mensal, o balanço hídrico e os níveis de vulnerabilidade.***

A planta da soja é capaz de suportar déficits de água temporários, mas ainda precisa obter água adequada para atingir um certo nível de rendimento, por isso, a necessidade de refinar as técnicas e reduzir a escala de análise para períodos mensais foi o principal motivo para a elaboração e conclusão do capítulo 5, referente às correlações estatísticas. Esta etapa só pôde ser concluída a partir da aplicação das técnicas de estatística descritiva para os valores mensais, de

correlação de Pearson, Kendall e Spearman, representação em gráficos do tipo *bubble plot*, análise da curva de dependência (metodologia Bayesian) e por último, dos extratos de balanço hídrico.

Pôde-se concluir que para este nível de detalhamento, ou seja, para a escala mensal, estas técnicas foram favoráveis e contribuíram para determinar com maior precisão os níveis de dependência agrícola da soja, possibilitando observar como esta dependência é dinâmica de acordo com a região estudada.

No total, foram realizadas **140 aplicações de correlação**, das quais, 72 apresentaram resultados estatisticamente positivos ou negativos. Grande parte dos resultados estatisticamente positivos ocorreram no Rio Grande do Sul, onde 36 pontos apresentaram resultados positivos de correlação.

Para esta região do Brasil, foram aplicados 42 testes de correlação e cerca de 90% destes indicaram correlação positiva entre as variáveis. Os resultados no Rio Grande do Sul mostraram maior dependência das chuvas nos meses de janeiro e fevereiro. A análise da evapotranspiração também corroborou para demonstrar o aumento da necessidade hídrica da soja nestes meses, pois verificou-se que, mesmo em um ano chuvoso, os valores mais altos de evapotranspiração ocorreram neste período, comprovando o aumento da necessidade hídrica.

No sul do Brasil, os resultados estatisticamente positivos corresponderam aos principais períodos de desenvolvimento da soja, em que as necessidades de água são maiores: os meses de janeiro e fevereiro correspondem à floração, ao desenvolvimento e ao enchimento das vagens, um período que requer uma boa distribuição de precipitação (o que explica o grande número de correlações positivas).

A região de Ohio também se destacou quanto aos resultados de correlação. Apesar do desempenho da soja em todos os anos ser bastante significativo, com valores extrapolando, em alguns anos, 3,000kg/ha, foi possível notar períodos, principalmente no mês de agosto, no qual a soja mostrou maior dependência da quantidade e distribuição das chuvas.

Justifica-se essa afirmação, pois, dos 29 testes estatísticos de correlação aplicados pra Ohio, 09 apresentaram correlação positiva no mês de julho e 14 indicaram resultados positivos no mês de agosto. Para esta porção dos Estados Unidos pode-se concluir que o desempenho da soja é condicionado e apresenta relação com a distribuição e acúmulo total de chuvas que ocorrem entre julho e agosto, período mais importante para o desenvolvimento fenológico da cultura nesta região.

Assim como no Rio Grande do Sul, pode-se afirmar que a produtividade da soja em Ohio é definida, sobretudo pela distribuição das chuvas e não necessariamente pelo acúmulo total (Tabela 41). No ano seco de 1999, as chuvas foram bem distribuídas durante todo o ano agrícola, o que resultou em menores taxas de evapotranspiração e conseqüentemente uma necessidade inexpressiva de irrigação.

Neste ano, o resultado revelou que a produtividade não apresentou valores baixos se comparado a outros anos. O contrário ocorre quando analisados os extratos de balanço hídrico para os anos de 2002 e 2008, anos com produtividade baixa. Nestas análises, verificou-se que os

períodos de deficiência hídrica ocorridos no mês de agosto ocasionaram a redução dos valores de produtividade, provando outra vez que são as chuvas que ocorrem neste mês as responsáveis pelo valor final de rendimento.

Tabela 41 - Destaque aos períodos de risco durante o desenvolvimento da soja

Área de estudo	Período de risco
Noroeste RS	Janeiro e fevereiro
Norte Mato Grosso	Agosto
Noroeste Ohio	x
Oeste Madhya Pradesh	Julho

Org.: Carmello (2017)

Em Madhya Pradesh os mesmos testes estatísticos demonstraram correlações positivas nos meses de julho, agosto e outubro. A região indiana foi o local onde foi realizado o maior número de testes. No total, foram 53 testes e apenas 13 pontos indicaram correlação; destes, houve apenas 16 correlações positivas, cerca de 25% dos testes realizados. Nesta região indiana no ano selecionado (um ano em que o plantio da soja apresentou bons valores de produtividade) percebeu-se que o input hídrico ocorreu entre junho e setembro, observando-se que para um bom rendimento, o excedente hídrico deve ultrapassar 300mm nestes meses. A exigência hídrica aumenta conforme as previsões de diminuição das chuvas ou de distribuição irregular, sobretudo nos meses de junho e julho.

O norte do Mato Grosso foi a região que menos respondeu às análises aplicadas. Assim como para as demais regiões, buscou-se identificar correlações tanto na escala anual quanto na escala mensal e decêndial, porém os testes não foram estatisticamente positivos, o que faz da região norte mato-grossense a menos vulnerável e dependente dos padrões pluviométricos de variabilidade temporal. No Mato Grosso foram aplicados 16 testes, dos quais 6 indicaram valores estatisticamente significativos, e a maioria foram estatisticamente negativos, ou seja, a chuva não representa um risco para a produtividade agrícola nesta região.

Da mesma forma, não foi encontrada relação com as taxas de evapotranspiração e de necessidade hídrica. Verificou-se, por exemplo, que em um ano seco, como 1998-1999, os valores de evapotranspiração, apesar de serem altos, não indicam a necessidade de utilizar outros recursos como a irrigação para a inserção hídrica.

Pode-se afirmar que é extremamente difícil chegar a um consenso quanto às reais influências das chuvas na região norte do Mato Grosso, e as explicações para este fenômeno podem ter relação com a história recente do estado e da região Centro-Oeste. Outro fator é a alteração do calendário agrícola da soja, que tem passado por mudanças para possibilitar o plantio de outras culturas ainda durante a estação chuvosa, isto é, seu ciclo tem sido encurtado para que a colheita seja antecipada. A extensão física territorial do norte do Mato Grosso é mais um fator a ser levado em consideração, sendo superior à extensão das demais regiões estudadas, o que pode ter influenciado, por exemplo, nos valores baixos de homogeneidade dos dados de precipitação.

Para concluir, as diferenças nos padrões econômicos dos países não são suficientes para suprir o risco agrícola à variabilidade pluviométrica, sobretudo em escalas regionais de análise, como adotado nesta tese. Esperava-se, ao elaborar a proposta de pesquisa, que os resultados atribuídos ao norte do Mato Grosso fossem de fato encontrados para a região noroeste dos Estados Unidos. Entretanto, assim como o Rio Grande do Sul, Ohio apresenta correlação estatisticamente significativa quanto à dependência das chuvas, mostrando que apesar desta região estar inserida no contexto de um país econômica e tecnicamente avançado, ainda apresenta níveis de dependência e vulnerabilidade aos fenômenos pluviométricos.

As diferenças, neste caso, estão muito mais relacionadas aos níveis de produtividade, que são altos (acima de 3,000 kg/ha), como encontrado no Mato Grosso, porém com variações determinadas pela influência das chuvas, o que não ocorre no norte do Mato Grosso.

Neste ponto, percebe-se que tanto a região de Ohio quanto a região do Mato Grosso se assemelham no que se refere aos valores de produtividade, apesar de estarem geograficamente distantes, climaticamente opostos e em países economicamente estruturados de formas distintas. Ao nível de detalhamento global, conclui-se que a variabilidade das chuvas ainda é um fator de risco para a agricultura, mesmo de culturas como a soja, totalmente inserida num contexto agroexportador.

Conclui-se também que o fenômeno da variabilidade das chuvas acarreta mudanças nos padrões sociais e econômicos e, apesar dos avanços na ciência e tecnologia, a chuva ainda é um importante insumo na cadeia produtiva da soja, sobretudo em regiões como o Rio Grande do Sul e Ohio – caracterizadas pela estrutura fundiária baseada em pequenas propriedades, municípios territorialmente menos extensos e definidas em grande parte dos casos pelo trabalho familiar.

Por outro lado, regiões historicamente constituídas para serem altamente produtivas, do ponto de vista empresarial e agro econômico, se isentam desta relação – amplas propriedades “tecnificadas”, municípios territorialmente extensos, trabalho assalariado, monocultura, latifúndio, agro exportação, entre outros. Para finalizar, espera-se que os resultados desta tese possam integrar e contribuir para pesquisas relacionadas à climatologia numa escala global, e aos estudos dos impactos regionais das mudanças climáticas, bem como temas da geopolítica no contexto atual (estratégicas), relacionados à produção de alimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006.
2. ADAMS, R. M.; ROSENZWEIG, C.; PEART, R.M.; RITCHIE, J. T.; MCCARL, B. A.; GLYER, J. D.; CURRY, B. JONES, J. W.; BOOTE, J. K.; ALLEN JR, H. Global climate change and US agriculture. **Nature**. 1989.
3. ADAMS, R. M.; HURD, B. H.; LENHART, S.; LEARY, N. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate Research*, 11, 1998, 19–30.
4. AGBM – Australian Government, Bureau of Meteorology. Weather and climate risk in Agriculture. Disponível em: <http://www.bom.gov.au/watl/about-weather-and-climate/risk/index.shtml>. Acesso: 16 Dez 2017.
5. AHRENS D. C.; PESKE S. T. Flutuações de umidade e qualidade de semente de soja após a maturação fisiológica. II. Avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes** n. 16, v.2, 1994, 111-115.
6. ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento (rural) sustentável, 1995. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/645.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2014.
7. ALMEIDA, I. R. de. **O clima como fator de expansão da cultura da soja no Centro Oeste**. Presidente Prudente, 2005. 112f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
8. ALMEIDA, I. R. de. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no Estado do Paraná**. 2000. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
9. ALVES, L. M. Clima da Região Centro-Oeste do Brasil. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; Maria Assunção F. Dias; Maria Gertrudes A. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2009.
10. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/> . Último acesso em 15 Mai 2015.
11. ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 21,2007.
12. ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, Anomalia e Mudança climáticas. Material didático da disciplina LCE306 -Meteorologia Agrícola, ESAL/USP, 2007.
13. ARVOR, D.; DUBREUIL, V.; MEIRELLES, M.S.P.; BEGUE, A. Mapping and spatial analysis of the soybean agricultural frontier in Mato Grosso, Brazil, using remote sensing data. **GeoJournal**, 78 (5), pp.833-850, 2013.
14. ASH, M.; LIVEZEY, J.; DOHLMAN, E. Soybean Background. Economic Research Service, United States Department of Agriculture, 2006. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/publications>. Acesso em: 22 abr. 2015.
15. ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Revista Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, 10(1): 75-89, 2006.
16. AVILA, A. F. D.; GARAGORRY, F. L.; CARDOSO, C. C. Produção e produtividade da agricultura brasileira: taxas de crescimento, comparações regionais e seus determinantes. In: ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S. e; GOMES, E. G. (Ed.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 59-85.
17. AZAMBUJA, J. M. V. de. O solo e o clima na produtividade agrícola. Guaíba/RS: Agropecuária, 1996. 164 p.
18. AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Ed. Bertrand. Brasil. 1983.
19. AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1989. 177p
20. BECKER, B. A geografia e o resgate da Geopolítica. *Espaço Aberto*, v. 2, n.1, 2012, p. 117-150.

21. BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J.; DE S. C., GIL M.; FARIAS, J. R.B.; BASSO, C. J. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 83, p. 1-14, 2017.
22. BELIK, W. Agroindústria e reestruturação industrial no Brasil: elementos para uma avaliação. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.11, n.1/3, p.58-75, 1994.
23. BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, 1999, p. 119-125.
24. BERNARDES, J. A. Agricultura Moderna e Novos Espaços Urbanos no cerrado Brasileiro. **Revista Tamoios (Online)**, v. 1, 2007, p. 2.
25. BERNSTEIN, B. L. Managing barriers and building supports in science and engineering doctoral programs: Conceptual underpinnings for a new online training program for women. **Journal of Women and Minorities in Science and Engineering**, 17(1), 29–50, 2011.
26. BAGHEL, N. Drought assessment and characterization in Shipra River Basin of Madhya Pradesh. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Disponível em: [krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/68093](http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/68093). Acesso em 22 Dez 2017.
27. BHARATI R. C.; SINGH K. M.; SINGH A. K. Economic condition of eastern region of India - A statistical evaluation. **Journal of AgriSearch** 1 (3): 173- 179, 2014.
28. BISWAS, A.K.M.A.A. An Exploration of Disaster Risk in Farmer's Community of Angaria Sub-sub-district in Bangladesh. **British Journal of Environment & Climate Change**, 5, 2015p. 352-364.
29. BLAIN, G.C.; PICOLI, M.C.A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.807-815, 2009.
30. BLAIKIE, P.M.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge, London, 1994.
31. BRANDÃO, P. B. Velhas aplicações e novas possibilidades para o emprego do método comparativo nos estudos geográficos. **Revista Geotextos**, v. 8, n. 1, p. 167-185, 2012.
32. BROWN, L.R. The New Geopolitics of Food. In: GERWIN, M. **Food and democracy**. Polish Green Network, 2011.
33. BRITO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista brasileira de climatologia**, v. 3/4, 2008, p. 37-48.
34. BOUCHET P. Évapotranspiration réelle, évapotranspiration potentielle et production agricole, L'eau et la production végétale. INRA, Paris, 151-232, 1964.
35. BUSSO, C. Vulnerabilidad sociodemografica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Santiago de Chile: CEPAL/ECLAC, 2002.
36. CABAS, J., WEERSINK, A., OLALE, E. Crop yield response to economic, site and climatic variables. **Climate Change**, 101, 2009, 599–616.
37. CALDWELL, M. The Wealth of Some Nations. 95 pp. 1979.
38. CAMARGO, M.B.P. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1984. 96p.
39. CAMPOS, M. C. **A Embrapa/Soja em Londrina-PR a pesquisa agrícola de um país moderno**. 2010. 123 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina.
40. CARDONA, O. D. A. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. In: International work-conference on vulnerability in disaster theory and practice, 2001.
41. CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema. 2013. Relatório de pesquisa (Relatório final de pesquisa - FAPESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
42. CARVALHO, S. M.; STIPP, N. A. F. Contribuição ao estudo do balanço hídrico no estado do Paraná: uma proposta de classificação qualitativa. **Geografia**, Londrina, v. 13, n.1, p. 56-74, 2004.

43. CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova**, Revista Electrónica de Geografía, 2000.
44. CEGLAR, A et al., Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. **Agric. and Forest Meteorology**. 58-67, 2015.
45. CHAUHAN, M.S. Pollen record of vegetation and climatic changes in north eastern Madhya Pradesh during last 1,600 years. **Tropical Ecology** 46(2): 265–271, 2005
46. CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Implicações ambientais e econômicas relacionadas com a variabilidade e mudanças climáticas. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 3, Nova Friburgo, Nova Friburgo, 1989.
47. CLARK, B.; FOSTER, J. B. The Environmental Conditions of the Working Class. **Organization & Environment**, Vol. 19 No. 3, 2006.
48. CLAVAL, P. Campo e perspectivas da geografia cultural. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Org). Geografia cultural: um século (3). Rio de Janeiro: Editora da UERJ, p.133 – 187, 2002.
49. CLIMANÁLISE: Boletim de Monitoramento e Análise Climática INPE/CPTEC. Número especial. CPTEC-INPE, 125p., 1986
50. CLIMATEMPS. Disponível em: <http://www.climatemps.com/>. Acesso em: 14 jul. 2015.
51. CONCEIÇÃO, O. A. C. A expansão da soja no Rio Grande do Sul 1950-75. Teses – Secretaria de Coordenação e Planejamento. Porto Alegre n. 6, 1986.
52. CONFALONE, A.; DUJIMOVICH, M. N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. In: Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.
53. CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**. São Paulo. Ano 19, v. I, n. 20. Jan/jul. 2003, p. 193- 204.
54. CONTE, B. La révolution verte, 2003. Disponível em: <http://conte.u-bordeaux4.fr/>. Acesso em 01 de maio de 2014.
55. CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p.70-75, 2005.
56. CORONEL, D. A.; DESSIMON, J. A. Vantagens comparativas reveladas e orientação regional da soja brasileira em relação à China. Estudos do CEPE (UNISC), v. 26, 2007, p. 80-102.
57. CUNHA, L. A. G. Sobre o conceito de região. **Revista de História Regional**, 5, 2000. p. 39-56.
58. CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, 2001, p. 27-36.
59. CUNHA, L. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. In: LOURENÇO, L.; MATEUS, M. (Eds.). **Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo**. Coimbra: [s.n.], 2013, p. 153– 165.
60. DAGNINO, R.; CARPI JÚNIOR, S. Mapeamento participativo de riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas - Campinas, SP. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA AMBIENTE E SOCIEDADE, 3., 2006, Brasília. 16 p. Disponível em < [http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro3/arquivos/TA157-06032006-105325.PDF](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA157-06032006-105325.PDF)>. Acesso em: 06/06/2005.
61. DANTAS, E; COSTA, M. C. L. Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza. (orgs). Fortaleza: Edições UFC. Coleção Estudos Geográficos, 2009.
62. DAUPHINÉ, A. Risques et Catastrophes. Observer – Spatialiser – Comprendre – Gérer. Paris, Armand Colin, 288 p. 2001.
63. DALL’AGNOL, A. Soja, o fenômeno brasileiro. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colunistas/ColunaDetalhe.aspx?CodColuna=851>. Acesso em: 28 Jan 2015.
64. DES - Directorate of Economics and Statistics, Department of Agriculture. Disponível em: <http://eands.dacnet.nic.in/>. Acesso em: 14 jun. 2014.

65. DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
66. DRENNAN, R. D.; PETERSON, C. E. Centralized Communities, Population, and Social Complexity After Sedentarization. In: BOCQUET-APPEL J. P., BAR-YOSEF O. The Neolithic Demographic Transition and its Consequences. Springer, Dordrecht, 2008.
67. DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil : une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, 41, 2017.
68. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa em números. Available from: <<http://www.cnpso.embrapa.br/index.php>>. Accessed 15 January 2012.
69. FALCÃO A. J. T. Detecção de Correlação e Causalidade em séries temporais não categóricas. Universidade Nova de Lisboa, 2012.
70. FANTE, K. P.; SANT'ANNA NETO, J. L. Aplicação de técnicas geo-estatísticas em análises climatológicas: metodologias para preenchimento de falhas. In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Vitória. 2013. p. 782-790.
71. FAO – Principais calendários. Disponível em: <http://www.fao.org/agriculture/seed/cropcalendar/welcome.do>. Acesso em: 13 mar. 2014.
72. FARIAS, J.R.B; NEPOMUCENO, A.L., NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: EMBRAPA, 2007.
73. FARIAS, J. R. B. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. V Congresso da Soja do Mercosul, Rosário, 2011, p. 1-4.
74. FERREIRA, V. M. Irrigação e Drenagem. Floriano: EDUFPI, 2011. 126 p.
75. FIGUEIREDO, M. G.; BARROS, A. L. M.; GUILHOTO, J. M. Agriculture and productive structure of the state of Mato Grosso, Brazil: an input-output approach. In: International Conference Input-Output and General Equilibrium, 2004.
76. FISCHER, R. A.; BYERLEE, D.; EDMEADES, G. O. Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world?. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 2014.
77. FISCHER, G., SHAH, M. VAN VELTHUIZEN, H. AND NACHTERGAELE, F.O. Global Agroecological Assessment for Agriculture in the 21st Century, Executive Summary, FAO and IASA, 2002.
78. FLASKERUD, G. Brazil's soybean production and impact. North Dakota State University Fargo, North Dakota 58105, 2003. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/23092/1/eb030079.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2014.
79. GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F. Balanço de energia na cultura de pepino em ambiente natural e protegido. Revista **Bragantia**, Campinas, 60 (2), pg. 127-137, 2001.
80. GOBIN, G. C.; THERY, H. Le système de villes, fondement de l'organisation territoriale? Analyse comparee du Bresil et des Etats-Unis. Archicube, pp.64-79, 2008.
81. GOLDBLUM, D. Sensitivity of Corn and Soybean Yield in Illinois to Air Temperature and Precipitation: The Potential Impact of Future Climate Change. **Journal of Physical Geography**, 30, 1, p. 27–42, 2009.
82. GOLDEWIJK, K. K. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. Global biogeochemical cycles, vol. 15, no. 2, p.417-433, 2001.
83. GOLDSMITH, P.; HIRSCH, R. The Brazilian Soybean Complex. The magazine of food, farm, and resource issues, 21, 2006.
84. GOMES, P. C. C. O conceito de região e sua discussão. In.: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORREA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro, Editora Betrand Brasil, 2009.
85. GOOLSBY, D.A., W.A.; BATTAGLIN, G. B.; LAWRENCE, R. S.; ARTZ, B.T.; AULENBACH, R. P.; HOOPER, D. R.; KEENEY.; G. J. STENSLAND. Flux and sources of nutrients in the Mississippi–Atchafalaya River basin. **Coastal Ocean Program Decision Analysis**. 1999.
86. GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L.A.; SOUZA, J. Eventos generalizados e securidade agrícola. Brasília: IPEA, Ministério do Planejamento, 78p, 1993.

87. GRANGER, O. E. The impact of climatic variation on the yield of selected crops in three California counties. **Agricultural Meteorology**. Volume 22, Issues 3–4, p. 367-386, 1980.
88. GRIMM, A. M. Clima na Região Sul. In: I. F. A. CAVALCANTI; N. J. FERREIRA; M. G. A. J. SILVA; M. A. F. SILVA DIAS. (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 259-275.
89. HAESBAERT, R. Região, diversidade territorial e globalização. **Revista GEOgraphia**, Ano. 1, no 1, 1999.
90. HANSEN, J. W. An agroecosystem model for simulation of multiple cropping systems using IBSNAT crop sub models and minimum data sets. In: *Proceedings of the Workshop on Crop Simulation*. Biological Systems Simulation Group, 1991.
91. HARRIS, J. Emerging Third World powers: China, India and Brazil. **Journal of Race and Class**. Vol. 46(3): 7–27, 2005.
92. HARTSHORNE, R. *Propósitos e natureza da Geografia*. São Paulo: Editora Hucitec, 1978.
93. HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D.; WILHITE, D. A.; VANYARKHO, O. V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.80, n.3, 1999, p.429-438.
94. HESPANHOL, R. A. M. Perspectivas da agricultura sustentável no Brasil. **Confins**, 2. 2008.
95. HONDA, K.; INES, A. V. M.; YUI, A.; WITAYANGKURN, A.; CHINNACHODTEERANUN, R.; TEERAVECH, K. Agriculture Information Service Built Geospatial Data Infrastructure and Crop Modeling. IWWISS '14, Sep 01-02 2014, Saint Etienne, France.
96. HOUGHTON, R. A. The Worldwide Extent of Land-Use Change. **Journal of BioScience**. Vol. 44, No. 5. P. 305-313. 1994.
97. HUIRNE, R.; MEUWISSEN, M.; ASSELDONK, M. V. Importance of whole-farming risk management in agriculture. In: WEINTRAUB, A. et al. (Ed.), *Handbook of operations research in natural resources*. **Standford**, p. 3-15, 2007.
98. HYMOWYTZ, T. On the domestication of the Soybean. **Economic Botany**. 24, p. 408-421, 1970.
99. IBGE. SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Brasília, 2008. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 jan. 2014.
100. IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *The Science of Climate Change*, 1999.
101. ISLAN M. D.; SHERIDAN, S. The monsoon seasonality in Bangladesh. 31 Annual Graduate Research Symposium, 2016.
102. JAT, R.A.; WANI, S.P.; PATHAK, P.; SINGH, P.; SAHRAWAT, K.L.; CHANDER, G.; SUDI, E. R. Evaluating Climate Change Mitigation and Adaptation Potential of Conservation Agriculture in Semiarid Tropics of Southern Índia. **British Journal of Environment & Climate Change**, 5, p. 324-338, 2015.
103. KIMURA, H. Administração de riscos em empresas agropecuárias e agroindustriais. **Cadernos de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.7, p. 51-61. 1998.
104. KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1992.
105. KOZŁOWSKI, T. T. **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968.
106. KRIPALINI, R. H.; KULKARNI. A Climate impacts of El Nino/La Nina on the Indian Monsoon. **Weather**, 152, 39-46, 1997.
107. KOTIAN, R. Soybean Industry in India. 2008. Disponível: <https://pt.slideshare.net/ranjankotian/soybean-industry-in-Índiappt-1703901>. Acesso em: 12 Dez 2016.
108. KUMAR, K. K.; KUMAR, K. R.; ASHRIT, R. G.; DESHPANDE, N. R.; HANSEN, J. W. Climate impacts on Índian agriculture. **International Journal of Climatology**. 24: 1375–1393, 2004.
109. LALA, M.; SINGHB, K.K.; SRINIVASANC, G.; RATHOREB, L. S.; NAIDUA, D.; TRIPATHIA, C.N. Growth and yield responses of soybean in Madhya Pradesh, India to climate variability and change. **Agricultural and Forest Meteorology**. V. 93, 53-70, 1999.
110. LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1986.
111. LANDAU, A. Redrawing the global economy: elements os integration and fragmentation. **Political Science Quartely**, v. 117, n. 1, 2001.

112. LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; LEMOS, C.; MALDONADO, J.; VARGAS, M. Globalização e Inovação Localizada: Experiências de Sistemas Locais no Âmbito do MERCOSUL e Proposições de Políticas C&T. 01/98. Rio de Janeiro: Nota Técnica, 1998.
113. LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M.H. Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2009.
114. LEIVAS, J.F.; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade do sul do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 397-407, 2006.
115. LEÓN, J. C. V. de. Vulnerability a conceptual and methological review. Bonn: United Nations University, nº 4, 2006.
116. LOBELL D. B.; ASNER G. P. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. *Science* 229, 1032, 2003.
117. LOTT, N.; T. ROSS. Tracking and evaluating U. S. billion-dollar weather disasters, 1980-2005. Preprints. AMS Forum: Environmental Risk and Impacts on Society: Successes and Challenges, Atlanta, GA, **American Meteorology. Soc.**, 1.2, 2006.
118. MALL, R. K.; LAL. M.; BHATIA, V. S.; RATHORE, L. S.; SINGH, R. Mitigating climate change impact on soybean productivity in Índia: a simulation study. **Journal of Agricultural and Forest Meteorology**, 121, 2004, p. 113–125.
119. MARANDOLA J.; HOGAN, D. J. Riscos e perigos: o estudo geográfico dos natural hazards. Ambiente e Sociedade. São Paulo: PROCAM/USP. Vol. VII nº. 2 jul. /dez. 2004.
120. MARTINE, G.; GARCIA, R. C. Os Impactos Sociais da Modernização Agrícola. São Paulo: Caetés, 1987.
121. MARTINS, C. E. **O circuito do poder**. São Paulo: Ed. Entrelinhas, 1994.
122. MARTINS, S. R.; SCHLINDWEIN, S. L.; D’AGOSTINI, L. R.; BONATTI, M.; VASCONCELOS, A. C. F.; HOFFMAN, A. F.; FANTINI, A. C. Mudanças climáticas e vulnerabilidade na agricultura: desafios para desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** - Número 17, 2010.
123. MASUDA, T.; GOLDSMITH, P. D. World Soybean Production: Area Harvested, Yield, and Long -Term Projections. **International Food and Agribusiness Management Review**. Volume 12, Issue 4, 2009.
124. MATIAS-PEREIRA, J. Administração pública comparada: uma avaliação das reformas administrativas do Brasil, EUA e União Europeia. *RAP — RIO DE JANEIRO* 42(1):61-82, JAN./FEV. 2008
125. MATIU, M.; ANKERST, D. P.; MENZEL, A. Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability 1961-2014. **PLoS ONE**, 12(5), 2017.
126. MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MALUF, J.R.T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1013-1019, 2003.
127. MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.
128. MEISNER, B. N. A study of Hawaiian and line Island rainfall. Rep. UHMET 76 - 4. University of Hawaii, Honolulu. 1976.
129. MELO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.12, 2004 p.1167-1175.
130. MELLO, P. Índia: Da miséria à potência. São Paulo: Editora Planeta, 2008.
131. MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, n. 10, p. 139-148, jul./dez. 2004.
132. MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.
133. MEYERS, G.; MCINTOSH, P.; PIGOT, L.; POOK, M. The years of El Niño, La Niña, and Interactions with the Tropical Indian Ocean. **Journal of Climate**. 20, 2006.
134. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. P.176, 2007.

135. MOHANTY, U. C.; RAVI, N.; MADAN, O. P. Forecasting precipitation over Delhi during the south-west monsoon season. **Meteorol. Appl.** 8, 11–21, 2001.
136. MONTEIRO, C. A. F. A Questão ambiental no Brasil – 1960-1980. São Paulo: USP, 1981
137. \_\_\_\_\_. Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.
138. MORAES, J.M.; PELLEGRINO, G.Q.; BALLESTER, M.V.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; KRUSCH, A.V. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9 / SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2, 1995, Recife. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recurso Hídricos, p. 27-32, 1995.
139. MOREIRA, R. A diferença e a geografia o ardil da identidade e a representação da diferença na geografia. Revista **GEographia**, n. 1, 1999.
140. MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. São Paulo: Edgard Blucher. 2004. 535 p.
141. MOUSINHO, F. E. P.; JÚNIOR, A.; GONÇALVES, A. C. A, FRIZZONE, J. A. Especialização dos percentis 75 da precipitação pluviométrica anual para o Estado do Piauí. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2004.
142. MRCC - Midwestern Regional Climate Center. Disponível em: <http://mrcc.isws.illinois.edu/>. Acesso em: 15 Jul. 2014.
143. MURGAI, RINKU; ALI, MUBARIK; BYERLEE, DEREK. "Productivity growth and sustainability in post-green revolution agriculture: the case of the Indian and Pakistan Punjab. The World Bank research observer. -- Vol. 16, no. 2 (Fall 2001), pp. 199-218, 2001.
144. NASCIMENTO, J. A. S. do. **Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia Ocidental: uma visão integrada na bacia do rio Acre**. 2011. 297 fl. Tese (Doutorado em Planejamento Energético e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
145. NASS –National Agricultural Statistics Service. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/>. Acesso em: 11 Nov. 2014.
146. NEPOMUCENO A. L.; FARIAS J. R. B.; NEUMAIER N. Respostas fisiológicas de cultivares de soja a disponibilidade hídrica no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 5(1), 1993.
147. NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed, 1989, 422p.
148. NIN-PRATT, A.; MCBRIDE, L. Agricultural intensification in Ghana: Evaluating the optimist's case for a Green Revolution. **Food Policy**, 2014.
149. NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. A questão da variabilidade climática: Uma reflexão crítica. **Instituto Geológico. São Paulo**, n. 16, 1995, p. 21 – 31.
150. ODPM – OFFICE OF DISASTER PREPAREDNESS AND MANAGEMENT. Vulnerability and Risk. Disponível em: <http://www.odpm.gov.tt/node/162>. Acesso em: 16 dez 2017
151. OLIVEIRA, L. F. C.; FIORENZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1186-1192, 2010.
152. PAI, D. S.; SRIDHAR, L.; GUHATHAKURTA, P.; HATWAR, H. R. District-wide drought climatology of the southwest monsoon season over India based on standardized precipitation index (SPI). **Natural Hazards**, 59, 2011, p. 1797 – 1813.
153. PAIVA, D. L. Integração econômica regional e os blocos econômicos regionais. In.: DO CARMO, E. C.; MARIANO, J. (Org). **Economia internacional**. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
154. PASSANEZI, P. M. S. Comércio Internacional e Principais Instituições. In.: DO CARMO, E. C.; MARIANO, J. (Org.). **Economia internacional**. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
155. PELLETIER, P. Um Japão sem riscos? In: VEYRET, Y. (Org.) **Os Riscos: o Homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 201-220.

156. PENALBA, O.; BERTOLLI, M. L.; VARGAS, W. M. The impact of climate variability on soybean yields in Argentine. **Meteorological Applied**, 14, 3, p. 3-14, 2007.
157. PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíra: ComTexto, 2002.
158. PESKE S. T.; DELOUCHE J. C.; Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20, 69-85, 1985.
159. PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Appl. Statist.**, 28, 126–135, 1979.
160. PORTO-GONÇALVES, C. W. Geografia da riqueza, fome e meio ambiente: pequena contribuição crítica ao modelo agrário/agrícola de uso dos recursos naturais. Florianópolis, INTER thesis, v.1, n.1, 2004
161. REBELO, F. Riscos naturais e ação antrópica. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.
162. REIS, R.R.; NAKAYAMA, T.; MARIN, S.R.R.; MARINHO, J.P.; MARCOLINO GOMES, J.; MERTZ-HENNING, L. M.; MOLINARI, H.B.C.; NEPOMUCENO, A.L. engenharia genética de precisão para tolerância a seca em soja. VII Congresso Brasileiro de soja, 2015.
163. ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133 – 137, 1998.
164. SAITO, S. M. Desastres naturais e geotecnologias: vulnerabilidade. Geodesastres Sul- INPE. Caderno didático, nº 6, 2011.
165. SANT'ANNA NETO, J. L. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira Paulista. Universidade de São Paulo, 1990.
166. \_\_\_\_\_. **As chuvas no Estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. São Paulo, 1995. (Tese em Geografia) - Universidade de São Paulo.
167. \_\_\_\_\_. ZAVATINI, J. A. Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. 259 p.
168. \_\_\_\_\_. **História da Climatologia no Brasil**. Presidente Prudente, 2001. Tese 162f (Livre Docência em Geografia), FCT/UNESP.
169. \_\_\_\_\_. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, 20, 51-64, 2003.
170. \_\_\_\_\_. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, p. 1-18, 2008.
171. \_\_\_\_\_. Escalas geográficas do clima. Mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. C. T. SANT'ANNA NETO, J. L. Climatologia urbana e regional questões teóricas e estudos de caso. 1ª edição. p 75 – 91, 2011.
172. SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. A Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. Expressões, São Paulo, 2013, p. 75 – 91.
173. SARFATI, G. Teorias de relações internacionais. São Paulo: Editora Saraiva. Brasil. 2006.
174. SELVARAJU, R. Impact of el nino–southern oscillation on Indian foodgrain production. **International Journal of Climatology**. 23: 187–206, 2003.
175. SENTELHAS, P. C. Clima e Agricultura, os desafios da variabilidade climática, 2014. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/artigos/mostra/86/clima-e-agricultura-os-desafios-da-variabilidade-climatica.html>. Acesso: 18 Dez 2017.
176. SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Balanço Hídrico: Climatológico Normal e Sequencial, de Cultura e para Manejo da Irrigação. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula9\\_2012.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula9_2012.pdf)> Acesso em 27 maio. 2016
177. SCHNEIDER, S.; SCHIMIT, C. J. O uso do método comparativo nas Ciências Sociais. **Caderno de Sociologia**, Porto Alegre, v. 9, p. 49-87, 1998.

178. SILVEIRA, R. D. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2013. 379 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP.
179. SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2 n.20, p. 23-53, 2013.
180. SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatística utilizadas em climatologia geográfica: diagnósticos e propostas**. 2016. 408 p. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP.
181. SMITH J. W. The effect of weather upon the yield of corn. **Mon Weather Rev** 42:78–93, 1914.
182. SMITH, K.; PETLEY, D. Hazard in the environment. In: SMITH, K., PETLEY, D. Environmental Hazards. Assessing risk and reducing disaster. Fourth edition. New York: Routledge, 2007. p. 3-21, 2007
183. SONG, B.; MARCHANT, M. A.; REED, M. R.; XU, S. Competitive Analysis and Market Power of China's Soybean Import Market. **International Food and Agribusiness Management Review**. v.12, 2009.
184. SPECTRUM COMMODITIES. Soybeans, world Supply and Demand Summary. Disponível em: <http://www.spectrumcommodities.com/education/commodity/statistics/soybeans.html>. Acesso em: 21 Jan 2014.
185. STAN, F.L.; NECULAU, G.; ZAHARIA, L.; IOANA-TOROIMAC, G. Evapotranspiration variability of different plant types at romanian experimental evapometric measurement stations. **Climatologie**, p. 85-90, 2014.
186. TANNURA, M. A.; IRWIN, S. H.; GOOD, D. L. Weather, Technology, and Corn and Soybean Yields in the U.S. Corn Belt. Marketing and Outlook Research Report 2008-01, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2008.
187. TARGA, L. R. P. Comentário sobre a utilização do método comparativo em análise regional. **Ensaio FEE**, Porto Alegre. 12 (1), p. 265-271, 1991.
188. TAVARES, C. E. C. Fatores críticos à competitividade da soja no Paraná e no Mato Grosso. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/>. Acesso em: 15 ago. 2015.
189. THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104p., 1955
190. TIAN, Y.; XU, Y. P.; BOOIJ, M. J.; LIN, S.; ZHANG, Q.; LOU, Z. Detection of trends in precipitation extremes in Zhejiang, east China. **Theory Appl Climate**, v.107, Zhejiang. 2012.
191. TINGLEY, D. et al. Risk identification and perception in the fisheries sector: Comparisons between the Faroes, Greece, Iceland and UK. **Marine Policy**, v. 34, n. 6, p. 1249-1260, 2010.
192. TIWARI, S. P. Emerging Trends in Soybean Industry. Disponível em: [http://soybeanresearch.in/pdf/Soybean-Research-15\(1\)-2017.pdf](http://soybeanresearch.in/pdf/Soybean-Research-15(1)-2017.pdf). Acesso: 01 Dez 2017.
193. TRUZZI, O. Notas acerca do uso do método comparativo no campo dos estudos migratórios. In: Oswaldo Mário Serra Truzzi; Zeila de Brito Fabri Demartini. (Org.). Estudos migratórios: perspectivas metodológicas. 1 ed. São Carlos: EdUFSCar, v. 1, p. 131-153, 2005.
194. TOLEDO, L. R. Cultura empresarial. **Revista Globo Rural**. Editora Globo. n. 220, p. 10-17, 2004.
195. UNISDR - Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres. Disponível em: <http://www.unisdr.org/>. Acesso em: 22 nov. 2017.
196. USDA, United States Department of Agriculture. Information Courtesy of the USDA Economic and Statistics System. Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>. Acesso em: 21 Jan 2014.
197. USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 01 dez. 2014.
198. USMAN, T. D. Volatility of World Soybean Prices, Import Tariffs and Poverty in Indonesia: A CGE Microsimulation Analysis. **The Journal of Applied Economic Research** 5: 2, 2011, 139–181
199. VEYRET, Yvette. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1º Edição, São Paulo: Contexto, 2007. 319 p.
200. VILLELA, S. M. MATTOS, A. Hidrologia Aplicada, Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p. 1975.
201. WALTZ, K. N. Teoria das relações internacionais. Editora Gradiva, 1979.

202. WHITTLESEY, D. O. O conceito de regional e método regional, **Boletim Geográfico** IBGE, Rio de Janeiro, n. 154, jan/jun, 1960, p. 5-36.
203. WISNER, B.; P. BLAIKIE, T.; CANNON, I.; DAVIS. At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disaster. 2nd edition. London: Routledge, 2004.
204. ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraná, Brasil**: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica. 213. 221f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro.







