

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DOS
MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL AFETADOS
PELAS ESTIAGENS NO PERÍODO DE 1991 A 2012**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Joceli Augusto Gross

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DOS
MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL AFETADOS
PELAS ESTIAGENS NO PERÍODO DE 1991 A 2012**

Joceli Augusto Gross

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cassol

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Gross, Joceli Augusto

Índice de Anomalia de Chuva (IAC) dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens no período de 1991 a 2012 / Joceli Augusto Gross.-2015.

99 p.; 30cm

Orientador: Roberto Cassol

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2015

1. Estiagem 2. Desastres Naturais 3. Índice de Anomalia de Chuva 4. Rio Grande do Sul I. Cassol, Roberto II. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Central da UFSM. Dados fornecidos pelo autor.

© 2015 Todos os direitos autorais reservados a Joceli Augusto Gross.

A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte. Endereço Eletrônico: gross_joceli_augusto@hotmail.com

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS MESTRADO EM GEOGRAFIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DOS MUNICÍPIOS
DO RIO GRANDE DO SUL AFETADOS PELAS ESTIAGENS NO
PERÍODO DE 1991 A 2012**

elaborada por
Joceli Augusto Gross

**como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia**

Comissão Examinadora:

Roberto Cassol, Dr. (UFSM) (Orientador)

Janete Teresinha Reis, Dra. (UFRGS)

Carlos Alberto da Fonseca Pires, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 06 de março de 2015

AGRADECIMENTOS

À toda minha família e amigos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento que viabilizou a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“A ciência está atrás do que o universo realmente é, não do que nos faz sentir bem. A vida é apenas uma visão momentânea das maravilhas deste assombroso universo, e é triste que tantos se desgastem sonhando com fantasias espirituais. Somos todos feitos do mesmo pó de estrelas. Nós somos uma maneira do Cosmos conhecer a si mesmo. Eu não quero acreditar, eu quero conhecer. Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto”

(Carl Sagan)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL AFETADOS PELAS ESTIAGENS NO PERÍODO DE 1991 A 2012

AUTOR: JOCELI AUGUSTO GROSS

ORIENTADOR: ROBERTO CASSOL

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 de março de 2015

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo analisar as relações entre os municípios do Estado do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens de acordo com os decretos de situação de emergência e o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) no período de 1991 a 2012. A metodologia consistiu na análise de dados de precipitação pluviométrica adquiridos junto ao *site HydroWeb* da Agência Nacional das Águas (ANA) e no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Rooy (1965) e dados de decretos de situação de emergência oriundos da Defesa Civil-RS. Os dados foram avaliados visando à identificação dos municípios afetados pelas estiagens e a caracterização destes considerando as ocorrências de anomalias negativas de precipitação de acordo com o IAC. Com a utilização dos dados do IAC, foram verificados, os períodos de duração, intensidades e frequências dos eventos de estiagem por município. Os decretos de situação de emergência foram avaliados de forma a verificar o número total de decretos registrados no Estado, e em cada município. Por fim, realizou-se a análise integrada das variáveis, para determinar o período de duração e intensidade das estiagens por decretos de situação de emergência emitidos pelos municípios do Estado no período de análise. Os resultados mostraram, que a maioria dos decretos de situação de emergência avaliados foram registrados após três meses consecutivos de estiagem com intensidades variando de suave a moderada, e que os eventos de estiagem de acordo com o IAC ocorreram em sua maioria no setor Oeste do Estado, principalmente nas estações do verão, outono e inverno. Ademais, foram observados na segunda metade do período de análise, um maior número de meses com estiagem por município, maiores percentuais de áreas afetadas por anomalias negativas de precipitação, índices de anomalia de chuva anuais negativos em sua maioria, além de um maior número de decretos de situação de emergência registrados, o que indica uma tendência de diminuição das precipitações pluviométricas no Estado do Rio Grande do Sul na última década do período de análise.

Palavras-Chave: Estiagem. Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Graduate Program in Geography and Geosciences
Federal University of Santa Maria

INDEX OF RAIN ANOMALY IN THE MUNICIPALITIES OF RIO GRANDE DO SUL AFFECTED BY THE DROUGHTS IN THE PERIOD OF 1991 TO 2012

AUTHOR: JOCELI AUGUSTO GROSS

ADVISOR: ROBERTO CASSOL

Defense's date and place: Santa Maria, March 6th of 2015.

The present research work had as objective to analyse the relation between the municipalities of the State of Rio Grande do Sul affected by the droughts according to the emergency decrets and to the index of rain anomaly (IAC) in the period of 1991 to 2012. The motodology constituted of the analysis of pluviometric precipitation data acquired in the website HidroWeb of National Agency of Water (ANA) and in the National Institute of Meteorology (INMET) website using the Index of rain anomaly developed by Rooy (1965) and data of emergency decrets provided by the Civil Defense - RS. Data were analysed in order to identiy the municipalities affected by the droughts and its characterization considering negatives precipitation anomalies occurences according to IAC. Utilizing data from IAC, it was verified duration periods, intensity and droughts frequency by municipality. The emergency decrets where analysed in order to verify the total amount in the State, and on each municipality. In the end, it was realized an integrated variable analisys, to determinate the period of duration and intensity of the droughts by minicipalities issued emergency decrets in the analisys' period. The results showed, that the majority of the emergency decrets analyzed were recorded after three consecutive months of droughts ranging from smooth to moderate, and the droughts acording to IAC occured mostly in the western State, mainly on summer, autun and winter. Furthermore, it was observed that the second hald of the analised period, a greater doughts month number by municipalieties, higher percentual of affected areas by negatives anomalies of precipitation, mostly negative rain anomaly rates, besides a greater number of recorded emergency decrets, that indicates a tendency a decrease on pluviometrics precipitations in the State of Rio Grande do Sul in the last decade, in the analised period.

Key words: dourgts, Index of rain anomalies (IAC), Rio Grande do Sul

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).	32
Tabela 2: Estações meteorológicas - Municípios e coordenadas de localização.....	40
Tabela 3: Classificações das intensidades das anomalias de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)..	45
Tabela 4: Classificação da intensidade das estiagens e suas variações.	46
Tabela 5: Classificação da intensidade dos eventos de estiagem suas variações.	48
Tabela 6: Médias mensais dos dados de precipitação para séries históricas avaliadas, utilizadas para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).	58
Tabela 7: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município, $n = 496$	83
Tabela 8: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 285$	83
Tabela 9: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 120$	84
Tabela 10: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 30$	84
Tabela 11: Resultado ANOVA para os dados referentes aos números de meses em que os município foram afetados pelas estiagens de acordo com o IAC em cada grupo de municípios e respectivos números de decretos de situação de emergência.	86
Tabela 12: Teste de Kruskal-Wallis para as médias dos números de meses em que os municípios de cada grupo, referentes aos números de decretos de situação de emergência registrados, foram afetados pelas estiagens.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aspecto de açude localizado no município de Pinhal no Norte do Estado do Rio Grande do Sul afetado pela estiagem no ano de 2012.	14
Figura 2: Localização da área de estudo.	18
Figura 3: Mesorregiões do Estado do Rio Grande do Sul.	19
Figura 4: Estrutura do Valor Adicionado Bruto do Rio Grande do Sul por setores de atividade econômica, 2010.	20
Figura 5: Regiões hidrográficas do Rio Grande do Sul.	21
Figura 6: Desastres naturais ocorridos no mundo e seus respectivos prejuízos.	23
Figura 7: Estágios das secas.	28
Figura 8: Sequência de ocorrência e impactos da seca.	29
Figura 9: Procedimentos metodológicos realizados.	39
Figura 10: Localização das estações meteorológicas.	42
Figura 11: Espacialização do número de decretos de situação de emergência por estiagem nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	50
Figura 12: Percentuais de decretos de situação de emergência em decorrência de estiagem por estação do ano no Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012.	51
Figura 13: Percentuais de decretos de situação de emergência em decorrência de estiagem por ano do período de 1991 a 2012 no Rio Grande do Sul.	51
Figura 14: Número de decretos de situação de emergência por municípios do Estado do Rio Grande do Sul de 1991 a 2012, considerando a contribuição do setor da economia agropecuária no PIB municipal, por intervalos percentuais do PIB de acordo com os critérios para decretação de situação de emergência.	52
Figura 15: Percentuais de decretos de situação de emergência registrados nos municípios do Estado Rio Grande do Sul de 1991 a 2012, considerando nos mesmos as principais culturas agrícolas em área plantada.	53
Figura 16: Verificação da consistência dos dados das estações de Sananduva-RS, Ijuí-RS, Dom Pedrito-RS e Arroio Grande-RS pela técnica da Dupla Massa.	54
Figura 17: Correlação entre coeficientes de correlação gerados a partir dos dados de precipitação das estações pluviométricas e as distâncias entre as mesmas.	55
Figura 18: Relação entre os coeficientes de correlação gerados a partir dos dados de precipitação da estação pluviométrica de Alegrete-RS com as demais estações e as respectivas distâncias entre as mesmas.	56
Figura 19: Coeficientes de correlação gerados entre os dados de precipitação das estações com as menores distâncias verificadas (A e B), e os maiores coeficientes de correlação linear observados (C e D).	57
Figura 20: Variograma referente as médias das séries históricas de dados de precipitação.	59
Figura 21: Precipitação pluvial média no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012. .	60
Figura 22: Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal médio do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012. Cada coluna refere-e a um mês do ano.	61
Figura 23: Índice de Anomalia de Chuva anual do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012.	62
Figura 24: Escala de cores utilizada na espacialização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) conforme a classificação estabelecida por Rooy (1965).	63
Figura 25: Índice de Anomalia de Chuva do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2001.	64

Figura 26: Índice de Anomalia de Chuva do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2002 a 2012.	65
Figura 27: Percentuais de área afetada pelas estiagens no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012 de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva.	66
Figura 28: Número de meses com ocorrência de estiagem por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	68
Figura 29: Número de meses com ocorrência de estiagem por município de 1991 a 2001 e de 2002 a 2012 no Estado do Rio Grande do Sul.	69
Figura 30: Número de meses com ocorrência de estiagem por município por estação do ano no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	70
Figura 31: Número de meses com ocorrência de estiagem suave por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	71
Figura 32: Número de meses com ocorrência de condições de precipitação normal a estiagem suave por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	72
Figura 33: Número de meses com ocorrência de estiagem moderada por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	73
Figura 34: Número de meses com ocorrência de estiagem suave à moderada por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	74
Figura 35: Número de meses com ocorrência de estiagem alta por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	75
Figura 36: Número de meses com ocorrência de estiagem moderada à alta por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	76
Figura 37: Número de períodos de estiagem em meses consecutivos de duração, por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.	78
Figura 38: Percentuais de decretos de situação de emergência por período de duração e intensidades das estiagens.	79
Figura 39: Número de decretos de situação de emergência por município por período de duração das estiagens em meses consecutivos até a data de registro dos decretos de situação de emergência 81	81
Figura 40: Número de decretos de situação de emergência por município por intensidade dos eventos de estiagem.	82
Figura 41: Gráfico de dispersão entre número de decretos e número de meses com estiagem por município de acordo com o IAC.	85
Figura 42: Gráfico de efeitos relacionados aos resultados do teste de Kruskal-Wallis.	88
Figura 43: Correlação linear entre as médias de decretos de situação de emergência e as médias dos números de meses com estiagem, por grupos de municípios e respectivos números de decretos.	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	17
3. ÁREA DE ESTUDO - CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	18
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
4.1. Desastres Naturais	22
4.2. Estiagens e Secas: Conceitos e Classificações	24
4.4. Rainfall Anomaly Index – RAI (Índice de Anomalia de Chuva - IAC).....	31
4.3. Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública: Critérios para a decretação	35
4.5. A ciência estatística - fundamentos e trabalhos relacionados aos procedimentos estatísticos utilizados no presente trabalho	36
5. METODOLOGIA.....	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
6.2. Análise dos dados de precipitação	53
6.3. Avaliações referentes ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	57
6.4. Espacialização do Índice de Anomalia de Chuva no Estado do Rio Grande do Sul	62
6.5. Caracterização dos municípios no Estado, segundo a frequência, períodos de duração e intensidades das estiagens de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	67
6.6. Número de meses com estiagem por município por intensidade do fenômeno climático.....	71
6.7. Períodos de duração dos eventos de estiagem em meses por município.....	77
6.8. Número de decretos de situação de emergência por período de duração das estiagens e por intensidades do fenômeno climático.....	79
6.9. Relação entre o número de decretos de situação de emergência e número de meses com estiagem de acordo com o IAC por município	83
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
8. REFERÊNCIAS	93

1. INTRODUÇÃO

Responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental, os desastres naturais tem tido recorrência e efeitos cada vez mais intensos. Segundo Tominaga et al. (2009) estudos indicam que a variabilidade climática atual, com tendência para o aquecimento global, está associada a um aumento de extremos climáticos. Neste sentido, os temporais, os altos índices pluviométricos, os tornados ou estiagens severas, entre outros fenômenos climáticos podem tornar-se mais frequentes aumentando a incidência de desastres naturais.

Os desastres naturais constituem uma ameaça para a sociedade e representam uma potencial interação entre os seres humanos e suas atividades socioeconômicas e eventos naturais extremos. De forma simplificada, os desastres naturais são o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo sobre um sistema social, ocasionando danos e prejuízos que excedem a capacidade da população afetada de saná-los (TOBIN et al., 1997).

Dentre os desastres naturais considerados na atualidade de maior ocorrência e impacto no mundo estão aqueles desencadeados pelas estiagens. Este fenômeno afeta grandes áreas da superfície terrestre, e caracteriza-se por períodos prolongados de déficit de precipitação ou até mesmo de sua ausência, quando a perda de umidade do solo é superior à sua reposição, comprometendo as reservas hidrológicas e causando prejuízos à agricultura, a pecuária e consequentemente a sociedade, tanto rural como urbana (CASTRO, 2003).

No Brasil, os termos estiagem e seca são utilizados para referir-se a fenômenos de intensidades diferentes. A seca é definida como um fenômeno de longa duração onde ocorre redução sustentada das reservas hídricas, sendo esta, de acordo com Campos (1997) a forma crônica da estiagem.

Na visão da American Meteorological Society (AMS, 2012), a seca (*Drought*) é um período anormal de baixa pluviosidade, suficientemente longo para causar um sério desequilíbrio hidrológico. São cumulativos déficits de precipitação seguidos por um deficiente fornecimento de água, ocasionando efeitos em diferentes escalas de tempo e espaço. Estes, na agricultura podem se desencadear de forma rápida, principalmente quando falta umidade em momentos decisivos para a produtividade das culturas, como nos períodos de floração e enchimento de grãos.

As consequências das secas vão além da área física e atingem os vários setores da economia seja de forma direta ou indireta. O primeiro setor a ser prejudicado é o agropecuário

pelos baixos índices de água no solo ocasionando perdas de produtividade as culturas agrícolas. Este fenômeno resulta em um cenário de descapitalização e baixo poder de consumo dos agricultores junto aos fornecedores de insumos e conseqüentemente a diminuição dos rendimentos no comércio urbano, e provavelmente em desempregos (PONCE, 2012).

E termos de produtividade agrícola a estiagem é um fator determinante a exemplo do Estado do Rio Grande do Sul que na safra 2004/2005 verificou a perda de 744,4 mil hectares plantados com grãos, em função da falta de chuvas. No que diz respeito às áreas de lavoura não irrigadas, das estimadas 14,4 milhões de toneladas de grãos, apenas 4 milhões foram colhidas. Na produção de soja, os prejuízos em relação à safra anterior (2003/2004) foram da ordem de 53% com apenas 655 kg/ha. Esse cenário resultou na falta do produto nas indústrias, como as de óleo. Estas passando a importar a soja de Estados vizinhos e de outros países do MERCOSUL, além de que as exportações do grão *in natura* ou de derivados como o farelo e o próprio óleo de soja declinaram 78,8% em volume e 82,8% em valor (LAZZARI, 2005).

Berlato e Cordeiro (2005) expõem em seu trabalho, Variabilidade Climática e Agricultura do Rio Grande do Sul, estudo desenvolvido pela EMATER sobre as causas das perdas nas lavouras das principais culturas agrícolas gaúchas no período de 1992 a 1997. Foi verificado que para a soja e o milho em 96,6% e 88,4% dos casos, respectivamente, a estiagem foi a responsável. Os autores destacam, que no período estudado não houve grandes estiagens, sendo a mais significativa a dos anos que remetem a safra 1995/1996 originada por evento fraco de *La Niña*. Neste sentido, Gross (2013) em trabalho sobre o uso da terra e economia dos estabelecimentos agropecuários dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens, verificou que dos 2183 decretos de situação de emergência por estiagem registrados no período de 2000 à 2012, 88,6% foram emitidos por municípios que tem a soja ou o milho como suas principais culturas agrícolas em área plantada, indicando a ocorrência de grandes prejuízos às atividades econômicas desenvolvidas no setor da economia agropecuário e conseqüentemente as comunidades que delas obtém suas rendas.

O grande número de decretos de situação de emergência registrados é um indicativo da gravidade dos danos e prejuízos causados pela incidência das estiagens sobre as áreas dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul. No período de 2000 a 2010, apenas 42 municípios não decretaram situação de emergência. No verão do ano de 2005, um dos mais severos em se falando de eventos de estiagem, somente alguns municípios do litoral Norte e da Região metropolitana de Porto Alegre incluindo a capital Porto Alegre não registraram

decretos, sendo que 23 municípios localizados na Região Norte, já tinham decretado situação de emergência em dezembro de 2004, devido aos danos e prejuízos ocasionados pela estiagem, somando 397 municípios em situação de emergência naquele ano de um total de 496 no Estado (GROSS, 2012).

Reis et al. (2012), pesquisou os desastres naturais ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 2007 a 2011 considerando aqueles ocasionados por inundação gradual, inundação brusca, estiagem, vendaval, granizo, deslizamentos e vendaval mais granizo. Deste estudo constatou-se que dos 1678 desastres naturais verificados, 510 foram devido a danos e prejuízos em decorrência de estiagem.

De acordo com a Agência Brasil (Empresa Brasil de Comunicação) em notícia ao jornal Folha de São Paulo do dia 08/05/2009, cerca de 1 milhão de pessoas foram afetadas pela estiagem no Estado do Rio Grande do Sul neste mesmo ano. As lavouras de soja, milho e feijão já tinham sido prejudicadas até a data citada e o mesmo iniciava com a pastagem afetando o gado bovino, causando prejuízos significativos à produção leiteira em 160 municípios que se encontravam em situação de emergência. Para esta população destes foram enviadas 32 mil cestas básicas e também distribuída água em carros pipa.

Cenários como estes expostos acima ou como na Figura 1 são cada vez mais comuns no Rio Grande do Sul, sejam com danos e prejuízos sociais, ambientais ou econômicos nos municípios afetados.



Figura 1— Aspecto de açude localizado no município de Pinhal no Norte do Estado do Rio Grande do Sul afetado pela estiagem no ano de 2012.

Fonte: Fotografia de Éder Calegari/RBS TV.

Neste sentido ressalta-se, que os decretos de situação de emergência, certamente indicam que municípios foram afetados significativamente pelas estiagens, mas não indicam a

intensidade do evento natural medida em termos de déficit de precipitação. Os decretos refletem condições socioeconômicas e até ambientais, mais ou menos vulneráveis frente a eventos naturais de estiagem. Portanto, a intensidade ou período de duração das estiagens necessárias para ocasionar danos e prejuízos e conseqüentemente os decretos de situação de emergência, podem não ser as mesmas, em áreas com diferentes características socioeconômicas e ambientais.

Os conhecimentos sobre a intensidade e período de duração dos eventos naturais de estiagem que levaram os municípios a decretar situação de emergência, podem ajudar na execução de medidas preventivas visando à minimização dos danos e prejuízos, e principalmente em adequados sistemas de alerta. Com estas informações e monitoramento constante, há a possibilidade de direcionar ações de mitigação dos efeitos do fenômeno climático sobre as comunidades e as atividades econômicas por elas desenvolvidas, de maneira mais efetiva.

Além dos estudos visando medir às intensidades e períodos de duração, a frequência dos eventos de estiagem podem indicar áreas preferenciais ou de recorrência do fenômeno. Neste sentido, Tsakiris et al. (2007) afirmam que vários métodos têm sido propostos para a identificação, quantificação e controle dos fenômenos de estiagem ou secas. Entre eles, os mais conhecidos são os índices de seca, que se configuram em combinações especiais de indicadores que abrangem dados meteorológicos, hidrológicos dentre outros. Os índices de seca são elementos importantes e úteis para o monitoramento e avaliação das secas, uma vez que simplificam as inter-relações complexas entre muitos parâmetros relacionados com o clima. Os índices facilitam a comunicação de informações sobre anomalias climáticas para diversos públicos de usuários e permitem aos cientistas avaliar quantitativamente anomalias climáticas em termos de sua intensidade, período de duração, extensão espacial e frequência. Isso permite analisar eventos históricos de secas e sua probabilidade de recorrência.

Os índices de seca fornecem representações espaciais e temporais das secas e, portanto, colocam as condições atuais em perspectiva histórica. Eles são importantes para proporcionar aos tomadores de decisões uma medida da anormalidade do tempo em uma determinada área da superfície terrestre. Um destes índices é o Rainfall Anomaly Index (RAI) (Índice de Anomalia de Chuva, IAC) desenvolvido por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2004; 2005) em estudos de precipitação no Nordeste do Brasil. Este tem como principal característica, apenas a necessidade de dados de precipitação para ser gerado, e outros, como por exemplo, o de Palmer (Palmer Drought Severity Index-PDSI) é calculado com base em dados

de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial, dentre outras variáveis, e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração. Já o IAC, além de só necessitar de dados de precipitação, é simples de ser calculado e visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) de acordo com Repelli *et al.* (1998), é uma potencial ferramenta para aplicações de monitoramento, tendo em vista a facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real. O autor salienta que este índice parece ser apropriado para a utilização em regiões semiáridas e ou tropicais, especialmente para o Nordeste do Brasil. Neste sentido, Marcuzzo *et al.* (2012) observaram a necessidade de mais estudos sobre a precipitação pluviométrica utilizando o IAC nos demais Estados e Regiões do Brasil, sendo esta uma das motivações da escolha do referido índice para as avaliações a serem efetuadas na presente pesquisa,

Frente ao exposto, infere-se que a economia exercida nas áreas afetadas pelas estiagens é um dos principais condicionantes a danos e prejuízos, logo a desastres. Municípios com economias totalmente apoiadas na produção agrícola, por exemplo, podem sofrer prejuízos econômicos proporcionalmente grandes. Ressalta-se que, as diferenciadas características socioeconômicas e ambientais dos municípios do Estado, refletem maiores ou menores vulnerabilidades frente a eventos de estiagem, logo, indicam também maiores ou menores intensidades ou períodos de duração do fenômeno climático, para que ocorram danos e prejuízos significativos e os consequentes decretos de situação de emergência.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo geral analisar as relações entre os municípios do Estado do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens de acordo com os decretos de situação de emergência e o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) no período de 1991 a 2012. Os objetivos específicos são:

1. Identificar os municípios afetados pelas estiagens de acordo com os decretos de situação de emergência registrados no período em análise;
2. Caracterizar os municípios do Estado considerando as ocorrências de estiagem de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Rooy (1965);
3. Gerar informações para auxiliar na elaboração de possíveis projetos que visem a mitigação dos efeitos das estiagens sobre as comunidades do Estado do Rio Grande do Sul.

3. ÁREA DE ESTUDO - CARACTERÍSTICAS GERAIS

O presente trabalho tem como área de estudo o Estado do Rio Grande do Sul. Este, localizado no Sul do Brasil, mantém fronteiras a Oeste com a República Argentina, ao Sul com o Uruguai, ao Norte com o Estado brasileiro de Santa Catarina e a Leste é banhado pelo Oceano Atlântico (Figura 2). Dentro do território brasileiro o Rio Grande do Sul forma juntamente com os Estados de Santa Catarina e Paraná a Região Sul do Brasil. Esta é a única região do Brasil situada na zona extratropical conferindo à mesma, características climáticas diferenciadas das demais regiões do país.

O Rio Grande do Sul está situado na Região Sudeste da América do Sul, a qual é formada pelo Sul do Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Paraguai. Em relação a fatores climáticos, esta região é caracterizada por receber forte influencia do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Este, determina períodos de baixa pluviosidade em sua fase fria, o LA Nina, e altos índices de pluviométricos em sua fase quente, o EL Niño (BERLATO e FONTANA, 2004).



Figura 2 — Localização da área de estudo.
Fonte: Elaboração do autor do presente trabalho.

A área territorial do Rio Grande do Sul tem 268.781,896 km², subdividida em sete Mesorregiões (Figura 3) que abrigam no total 10.693,929 habitantes (IBGE 2010). O Estado é a quarta economia do Brasil, sendo que o Produto Interno Bruto (PIB) chega a R\$ 296,3 bilhões, com uma participação de 6,7% no PIB nacional. Neste aspecto é superado apenas pelos Estados de São Paulo (33,1%), Rio de Janeiro (10,8% e) e Minas Gerais (9,3%). Com relação ao PIB *per capita* o Estado com 27.514 reais, está em um patamar acima da média nacional, sendo este de 19.766 reais (CARGNIN et al., 2013).

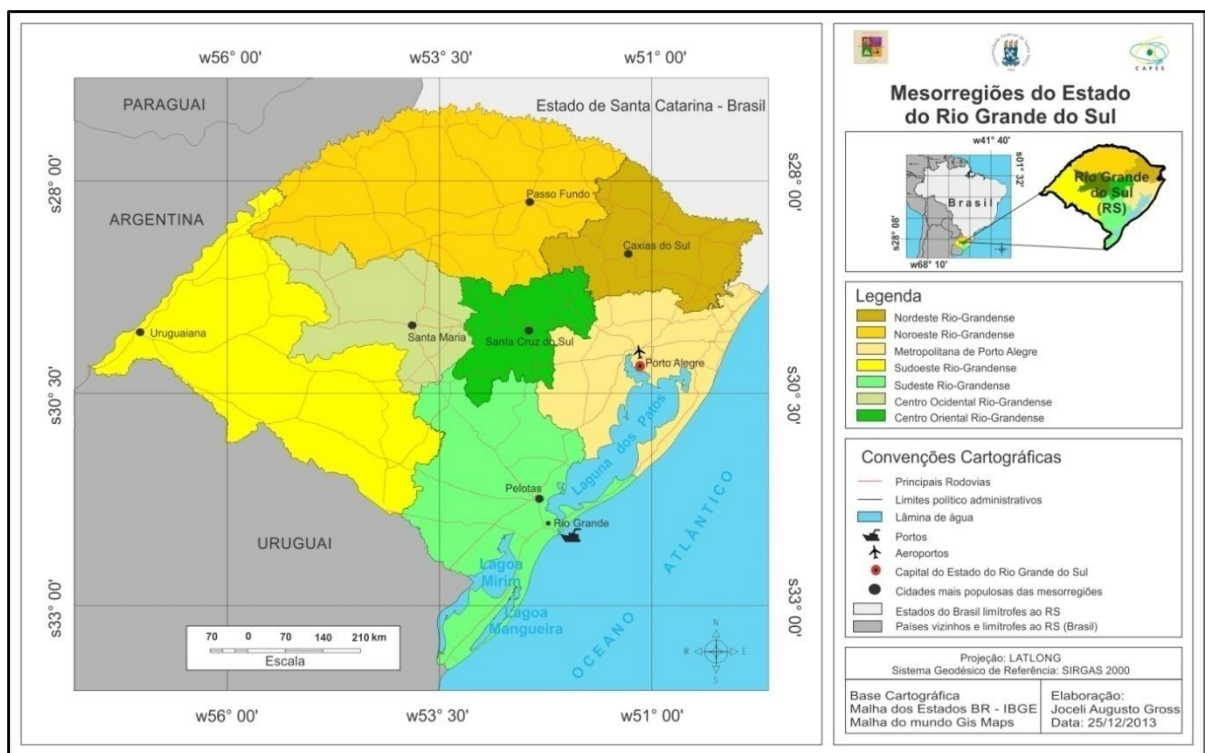


Figura 3 — Mesorregiões do Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Elaboração do autor do presente trabalho.

O crescimento do Estado com relação a sua economia deve-se ao impulso ocasionado por dois setores hegemônicos, a agropecuária e a indústria de transformação, mesmo que a estrutura setorial do Valor Adicionado Bruto (VAB) do Estado em 2010 confirme forte participação do setor dos serviços (Figura 4) (CARGNIN et al., 2013).

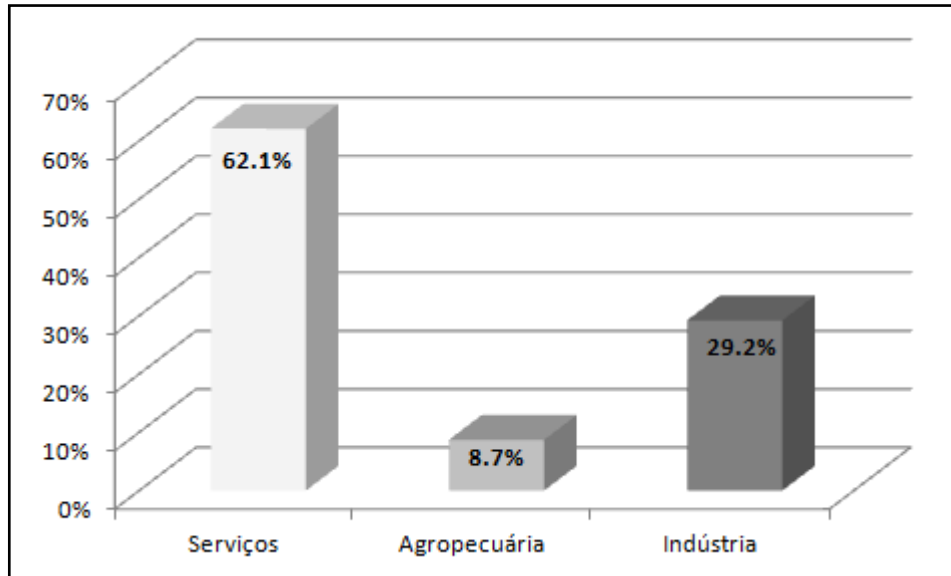


Figura 4 — Estrutura do Valor Adicionado Bruto do RS por setores de atividade econômica, 2010.

Fonte: Adaptado de: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul e da FEE. Centro de Informações Estatísticas/Núcleo de Contas Regionais e IBGE/Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais.

O setor agropecuário gaúcho apresentou, de acordo com os dados do ano de 2010, uma participação de 8,7% da estrutura do Valor Adicionado Bruto (VAB) com forte associação com o setor agroindustrial. De acordo com estudos existentes, se somadas às atividades agroindustriais, esta participação chega a 30% da estrutura econômica, além de ser o setor econômico mais desconcentrado no território. Deve-se ressaltar que o setor agropecuário tem sido fortemente impactado pelas estiagens que, em grande medida, explicam os maus resultados de algumas safras que impactam negativamente no PIB, como no caso dos anos de 2004 e 2005. Em anos de condições pluviométricas favoráveis, o Rio Grande do Sul tem a capacidade de produzir cerca de 20% dos grãos produzidos no Brasil. As principais culturas agrícolas são a soja, o milho, o trigo e o arroz. Destaca-se também na pecuária principalmente de bovinos nas regiões da Campanha gaúcha e Fronteira Oeste. Já o setor industrial, participa com 29,21% do Valor Adicionado Bruto, destacando-se neste setor a Indústria de Transformação, que participa com 21,28% no VAB Estadual, com destaque para as atividades desenvolvidas na mecânica e produtos alimentares (CARGNIN et al., 2013).

Em termos de recursos hídricos, o território do Rio Grande do Sul é drenado por uma densa malha hidrográfica superficial e conta com 3 grandes regiões hidrográficas, sendo elas a do Uruguai, a do Guaíba e a Litorânea. A primeira faz parte da Bacia do Rio da Prata e abrange cerca de 57% da área territorial do Estado. A região hidrográfica do Guaíba é a

segunda maior abrangendo 30% do território, e a região hidrográfica Litorânea perfaz 13% do total da área do Estado (Figura 5) (FEPAM, 2013).

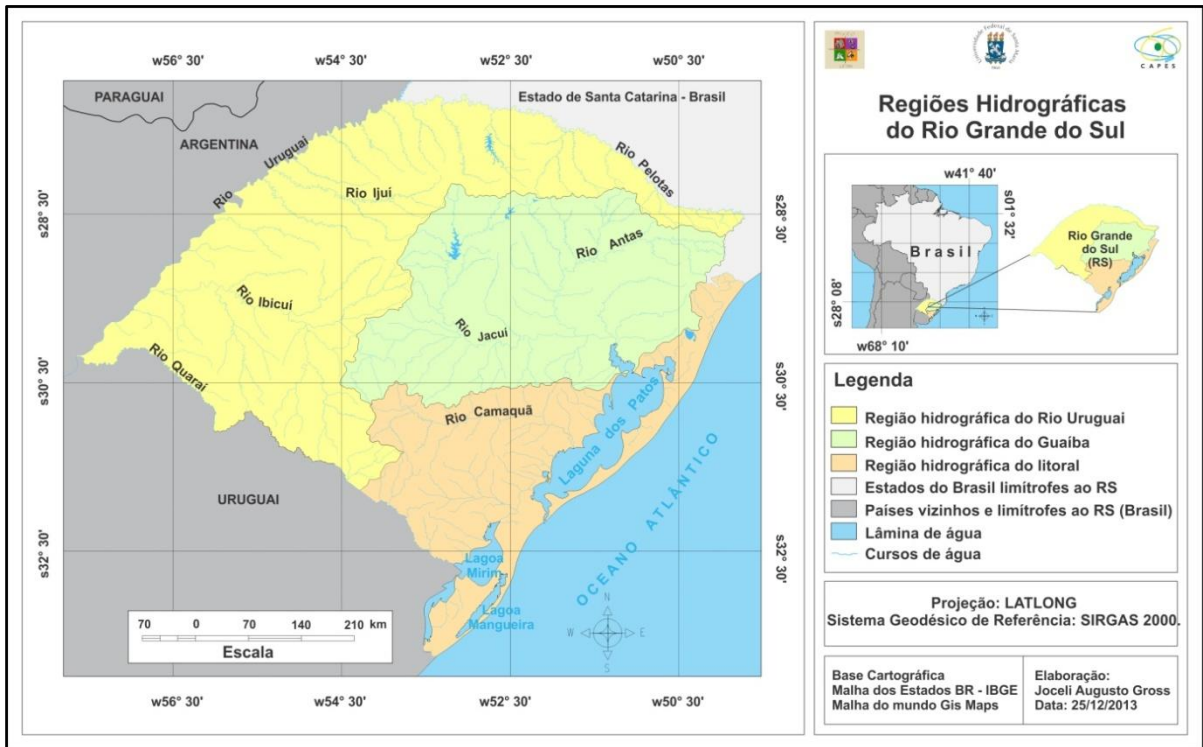


Figura 5 — Regiões hidrográficas do Rio Grande do Sul.
Fonte: Elaboração do autor do presente trabalho.

O uso da terra na região hidrográfica do Uruguai está vinculado principalmente às atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais. A do Guaíba apresenta áreas de grande concentração industrial e urbana, sendo a mais densamente povoada do Estado, além de sediar o maior número de atividades diversificadas, incluindo as atividades agrícolas, pecuárias, agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços. A região hidrográfica litorânea apresenta usos da terra predominantemente vinculados às atividades agropecuárias, agroindustriais e industriais (FEPAM, 2013).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este item da presente dissertação, está dividido em quatro subtítulos. O primeiro trata da conceituação de desastre natural, sendo esta a classificação de desastre onde se inserem os desastres ocasionados pelas estiagens ou secas de acordo com Castro (2003). O segundo aborda as conceituações de seca ou estiagem e outros temas relacionados. No terceiro subtítulo são apresentados os critérios estabelecidos para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública devido a eventos adversos, de acordo com os manuais da Secretaria Nacional de Defesa Civil (2007) e posteriormente ressaltam-se os fundamentos referentes ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC), com destaque alguns trabalhos de pesquisa que onde foram realizadas avaliações de dados históricos de precipitações pluviométricas.

4.1. Desastres Naturais

Desastres Naturais são causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza agravados ou não pela atividade humana. Em geral, considera-se como desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural, atingindo áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhes danos e prejuízos. São exemplos de fenômenos naturais que podem causar desastres: inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem ou secas. (TOMINAGA et al. 2009).

Para Kobiyama et al. (2006) as inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação, condições meteorológicas. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômicos) são considerados como “desastres naturais”.

A conceituação adotada pela UN-ISDR (2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade afetada de arcar com seus próprios recursos.

Segundo Alcántara-Ayala (2002), a susceptibilidade de ocorrência de desastres naturais, não está somente ligada as características geoambientais das áreas afetadas por determinado fenômeno natural, mas também à vulnerabilidade do sistema social afetado, isto é, o sistema econômico-social-político-cultural. Para os autores, normalmente os países em desenvolvimento não possuem boa infraestrutura, sofrendo muito mais com os desastres do que os países desenvolvidos, principalmente quando relacionado com o número de vítimas.

No mundo, ocorre um aumento dos desastres naturais, a partir da década de 50 e dos prejuízos econômicos, a partir da década de 70 (Figura 6) provavelmente devido ao aumento populacional e maior número de pessoas residindo em situação de risco. Neste sentido, Goerl et al. (2013) ressaltam que além do aumento populacional ocorre a possibilidade de um acréscimo de eventos naturais extremos em virtude do processo de restabelecimento do equilíbrio do meio ambiente ou sistema natural, já que as ocorrências e características dos fenômenos naturais estão condicionadas ao equilíbrio do sistema.

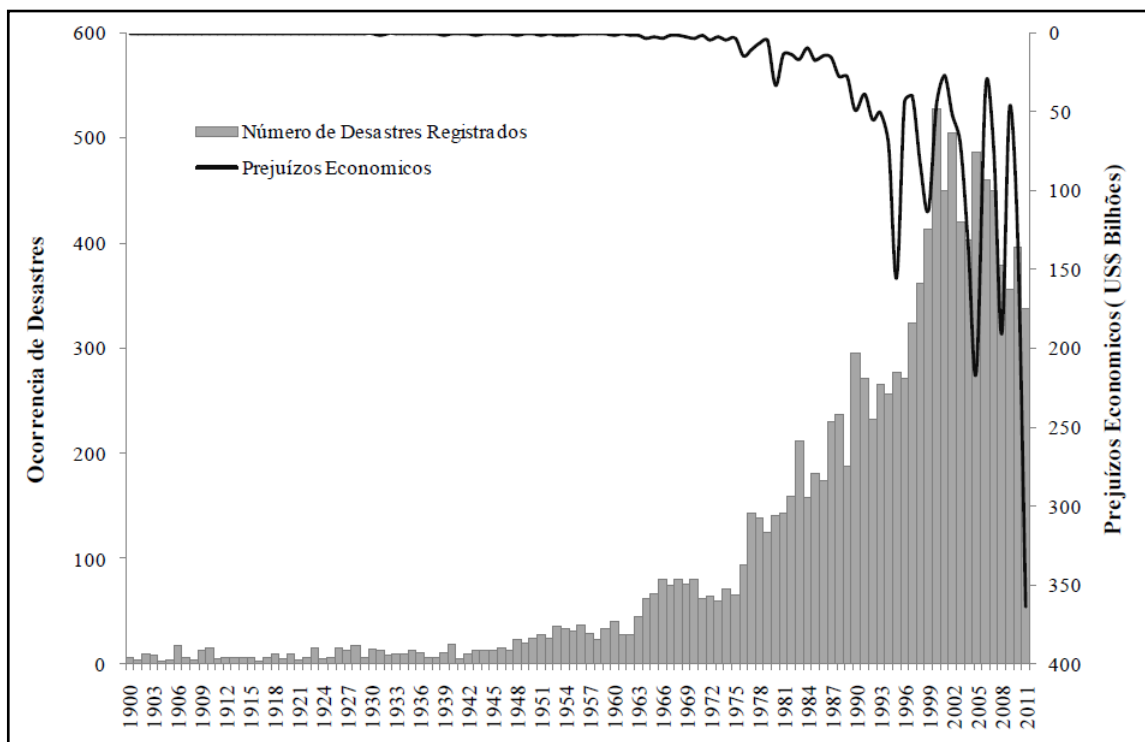


Figura 6 — Desastres naturais ocorridos no mundo e seus respectivos prejuízos.
Fonte: Adaptado de Kobiyama (2012).

Mais de 80% dos tipos de desastres naturais que ocorrem no planeta tem sua gênese derivada dos fenômenos e processos climáticos. Destes, as secas, os ciclones tropicais e tornados, os vendavais, as chuvas intensas, os episódios de inundações e geadas, entre outros,

além de provocarem enormes perdas econômicas, são responsáveis por milhares de mortes todos os anos (HERMANN, et al., 2006).

Segundo Kobiyama et al. (2006) deve ser realizada prevenção dos desastres naturais para que possa-se ter uma vida mais segura com a diminuição das vulnerabilidades. Para o autor, o ideal seria o impedimento total de qualquer tipo de dano e prejuízo. No entanto, atualmente o que é possível de ser realizado é a mitigação, ou seja, a redução máxima possível dos danos e prejuízos causados pelos desastres naturais. Neste sentido, uma das ações possíveis de serem tomadas é a retirada das pessoas residentes em áreas de risco, como as Áreas de Preservação Permanente (APP) as margens de rios, que segundo Kobiyama et. al. (2012) "apresentam alto risco de serem atingidas por fluxos de escombros, além de serem os primeiros locais a serem inundados em época de cheia".

4.2. Estiagens e Secas: Conceitos e Classificações

De acordo com Carvalho (1988) a estiagem ocorre em um determinado intervalo de tempo, sendo um fenômeno natural não permanente e em muitos casos de intensidade ou severidade inferior as secas, considerando o ressecamento da atmosfera e dos solos. Para Silveira et al. (2006) a estiagem é um fenômeno atmosférico de origem natural, caracterizada pela escassez de água, associada a períodos extremos de déficit de precipitação mais ou menos longos, que repercute negativamente sobre as atividades socioeconômicas e ecossistemas naturais. Os autores ressaltam que no caso do Rio Grande do Sul, as estiagens configuram-se em condições climáticas, determinadas pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul em suas fases fria, o La Niña e quente, o El Niño, que ocorrem predominantemente nas estações da primavera e verão. E ainda destacam, que no Estado mesmo as chuvas sendo bem distribuídas nas quatro estações do ano, as precipitações pluviais são caracterizadas pela elevada variabilidade interanual e espacial, contribuindo para acentuar as estiagens em determinadas regiões.

Para Campos (1997) a estiagem é caracterizada por um breve período de seca. Esta pode ser classificada em três tipos de acordo com o autor:

- Seca climatológica – ocorre quando há um déficit de precipitação em relação a normal de determinada área;

- Seca edáfica – ocorre quando se identifica um déficit de umidade no solo;
- Seca hidrológica – ocorre quando há deficiência das reservas de água em reservatórios e rios.

Segundo Castro et al. (2003) a estiagem ocorre a partir de 15 dias sem precipitações ou atraso destas, ou quando as médias das precipitações alcançam limites inferiores a 60% das médias de longo período.

Como ressaltado na introdução do presente trabalho, os termos estiagem e seca no Brasil são utilizados para referir-se a fenômenos de intensidades diferentes. Neste sentido em consulta a dicionários sobre os termos em questão, obteve-se os seguintes significados para o termo “estiagem”:

- Dicionário Aurélio online: Falta prolongada de chuva. Tempo sereno e seco após uma temporada de chuva. O mais fraco débito de uma corrente de água. (<http://www.dicionariodoaurelio.com//>);
- Dicionário Michaelis online: Nível mais baixo das águas de um rio, lago ou canal. Escassez de água em rios, fontes etc. Falta de chuva; seca. (<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>);
- Dicionário online de português online: Falta prolongada de chuva. Tempo sereno e seco após uma temporada de chuva. O mais fraco débito de uma corrente de água. (<http://www.dicio.com.br/>).
- Pequeno Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Aurélio (1963): Tempo sereno ou seco depois de tempo chuvoso ou tempestuoso; Falta ou cessação de chuva; Escassez de água em rios, fontes etc.
- Dicionário Escolar da Língua Portuguesa, Bueno (1983): Tempo sereno ou seco depois de tempo chuvoso ou tempestuoso; Falta ou cessação de chuva; Período que dura o estio, sendo “Estio” definido como verão ou calor.
- Dicionário da Língua Portuguesa Bueno (1996): Tempo sereno ou seco depois de tempo chuvoso ou tempestuoso;

Com relação ao termo “seca” nos mesmos dicionários, com exceção do Aurélio online, no qual o termo seca não foi encontrado obtiveram-se os seguintes significados:

- Dicionário Michaelis online e Dicionário de português online: Largo período em que não chove; estiagem: Estação da seca. Ausência de chuvas na época própria e que, em certas regiões, é flagelo periódico: As secas do Nordeste.
- Pequeno Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Aurélio (1963): Estiagem; Falta de chuvas;
- Dicionário Escolar da Língua Portuguesa, Bueno (1983): Estiagem; Falta de chuvas.
- Dicionário da Língua Portuguesa Bueno (1996): Estiagem; Falta de chuvas.

No glossário online do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013), o termo Estiagem não está incluído dentre a terminologia oficial utilizada e sim o termo seca, que está definido como sendo um “clima excessivamente seco numa região específica, devendo ser suficientemente prolongado para que a falta de água cause sério desequilíbrio hidrológico”, o que foi destacado também por Gonçalves et al (2004) no trabalho intitulado “Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980 – 2003)”.

Existem muitas definições de seca, no entanto não há uma definição universalmente aceita, sendo uma definição mais geral, aquela que considera a seca como uma diminuição significativa da disponibilidade de água durante um longo período de tempo e sobre grandes áreas da superfície terrestre. Isto implica que a seca deve ser considerada como um evento tridimensional, caracterizado pela sua gravidade ou intensidade, período de duração e a área afetada (TSAKIRIS et al., 2007).

Do ponto de vista meteorológico a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes. Numa visão socioeconômica, a seca depende muito mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das condições climáticas. De maneira geral é um fenômeno climático caracterizado pela ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. É um grave desequilíbrio hidrológico provocado por um período de tempo seco suficientemente prolongado (CASTRO, 2003).

As secas podem ser percebidas de modo diferente em regiões com diferenciadas características climáticas e ambientais ou socioeconômicas, e com variados níveis de utilização da água. Isso ocorre em função de que tais regiões de características distintas, constituem “situações extremas resultantes de inter-relações entre os sistemas naturais, sujeitos a flutuações climáticas, e os sistemas construídos pelo homem, com especificidades e vulnerabilidades próprias”. Estes fatores contribuem para a dificuldade de uma definição de seca mais rigorosa e universal e conseqüentemente de um modelo de abordagem para seu estudo (RODRIGUES et al., 1993).

Para Yevjevich (1967), o conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Para a engenharia, por exemplo, “a seca é um conjunto de variáveis afetando precipitações, escoamento superficial e armazenamento de água de formas diferenciadas.” Os economistas vêem as secas considerando as atividades humanas que podem ser afetadas. Para eles existem as secas agrícolas, sendo esta, a que compromete o montante de água disponível para a descendência humana e as várias atividades econômicas

que dela se utilizam. Já o agrônomo vê as secas fortemente relacionadas com as necessidades de água para os variados cultivos agrícolas, sendo que uma seca para uma cultura de batatas, por exemplo, pode não ser para uma cultura do tomate de crescimento rápido.

Santos (1998) considera a seca como uma situação excepcional quando a disponibilidade hídrica é incapaz de satisfazer as necessidades de água em determinada área da superfície terrestre. O autor destaca que estes fenômenos climáticos ocasionam situações de escassez de água por períodos prolongados de tempo e atingem grandes extensões territoriais com repercussões negativas sobre as atividades socioeconômicas e ecossistemas naturais.

No Relatório de Moçambique da Food and Agricultural Organization (FAO, 2009) a seca é definida como uma característica recorrente do clima que ocorre em todas as zonas climáticas. É um período de tempo anormalmente seco, que ao permanecer sobre determinada área poderá provocar sérios desequilíbrios hidrológicos, tais como a danificação das culturas agrícolas e a limitação no fornecimento de água dentre outros.

A seca é um fenômeno com contornos mal definidos que se desenvolve lentamente no tempo. É resultado de uma acumulação de efeitos ao longo de uma série de intervalos de tempo e não resultam apenas de um acentuado déficit de precipitação em curto período de tempo. O início e o fim de um evento de seca, só poderão ser detectados posteriormente, haja vista que um déficit de precipitação pode não significar uma situação de seca. Destaca-se também, que a ocorrência de chuva durante uma seca em andamento não necessariamente demarcará o final da mesma, pois as precipitações pluviais ocorridas podem não suprir a demanda para a estabilização hídrica do sistema receptor (VAZ, 1993).

Na visão do National Drought Mitigation Center (NDMC, 2011) as secas (*Drought*) podem ser diferenciadas em quatro fases, a meteorológica, a agrícola, a hídrica e a socioeconômica (Figura 7). A primeira é determinada por um período sem registros de precipitação ou estas são consideradas abaixo das médias mensais para determinado período.

A seca agrícola é determinada quando o solo não é suprido pela umidade necessária que satisfaz as necessidades das culturas ou cobertura vegetal. Ocorrendo o prolongamento da seca, com déficit hídrico mais acentuado e diminuição dos níveis de rios e reservatórios dentre outros, tem-se a seca hidrológica.

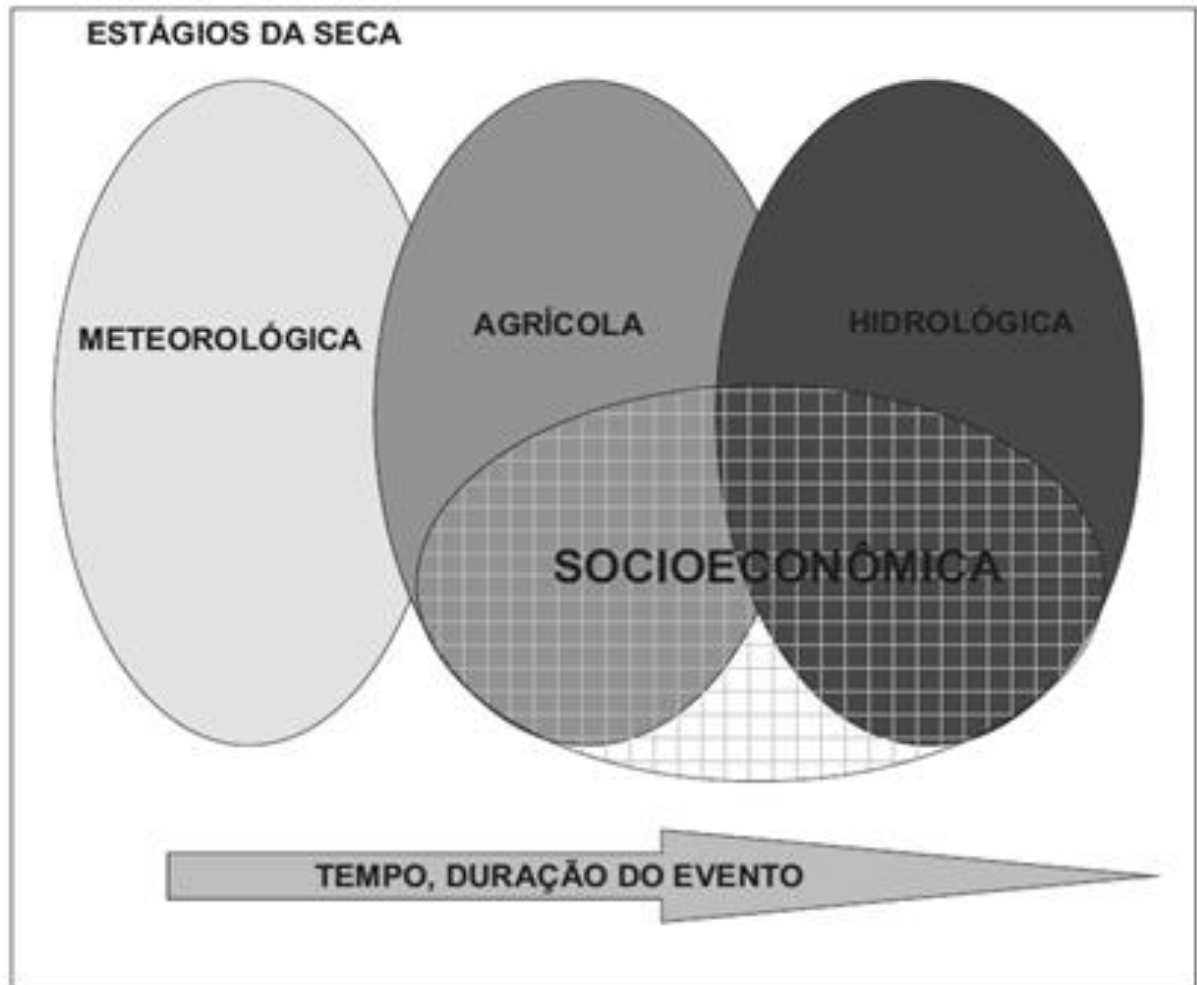


Figura 7 — Estágios das secas.

Fonte: Adaptado de National Drought Mitigation Center (NDMC, 2011).

Estes três primeiros tipos de seca de acordo com a NDMC (2011) referem-se à diminuição da quantidade disponível de água e são tratadas como fenômenos físicos. A seca socioeconômica refere-se não somente a estes déficits hídricos, mas principalmente as consequências dos mesmos nas comunidades atingidas, quer dizer, os impactos sociais, econômicos e ambientais (Figura 8). Este tipo de seca se inicia quando ocorre o déficit de água do solo prejudicando o desenvolvimento das culturas agrícolas e consequentemente a produtividade no setor da economia agropecuária. O NDMC (2011) destaca que este tipo de seca ocorre quando a demanda por um bem econômico excede a oferta, como resultado de um déficit no abastecimento de água relacionado com o clima.

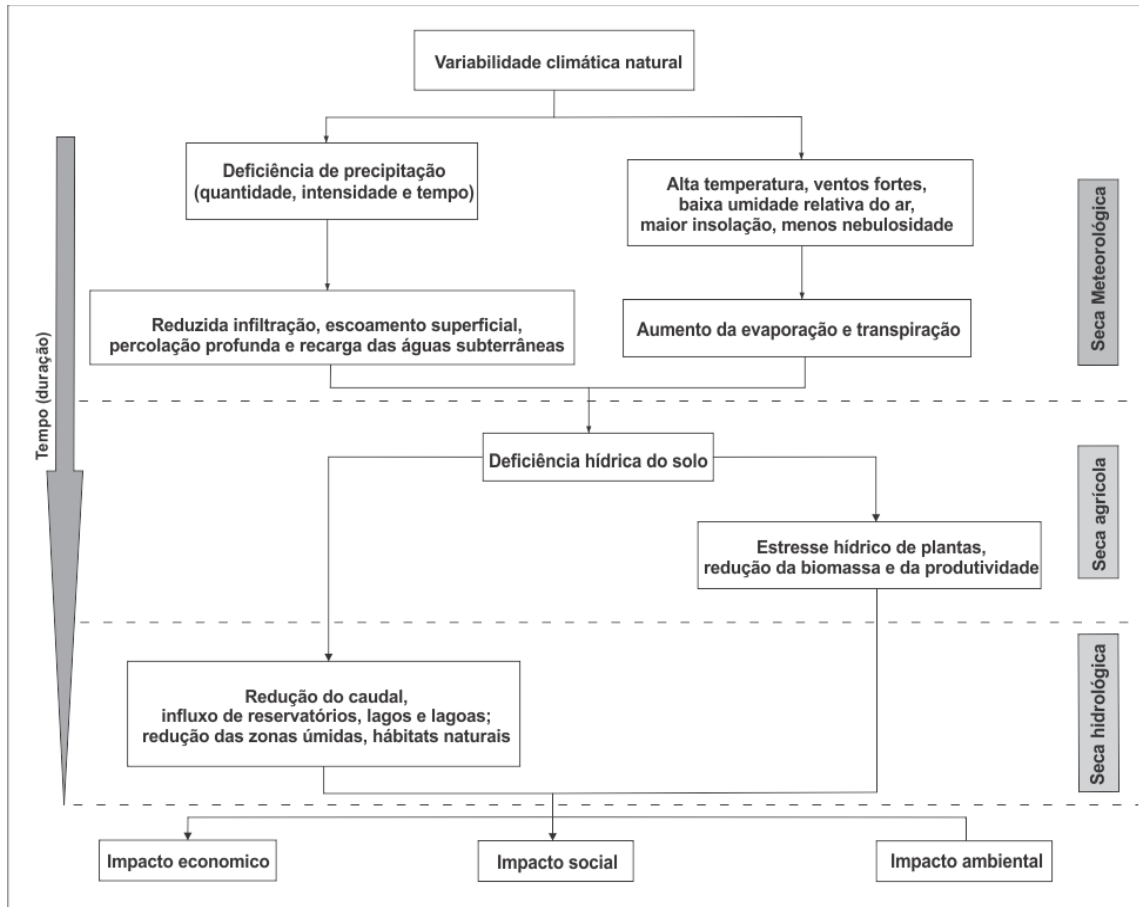


Figura 8 — Sequência de ocorrência e impactos da seca.
Fonte: Adaptado de NDMC (2011).

Ayoade (1998) tratando do clima e a agricultura, destaca que a seca “é um grave risco para a agricultura, tanto nas regiões temperadas quanto nas regiões tropicais”. Para o autor a seca pode ocorrer sempre que a umidade das precipitações ou a umidade armazenada nos solos é insuficiente para atender as necessidades hídricas das plantas. Para Ayoade (1998) quatro tipos de secas podem ser identificadas, a saber:

- Seca Permanente – Neste tipo de seca as precipitações de nenhuma das estações do ano é suficiente para satisfazer as necessidades hídricas das plantas. Nas áreas onde ocorre este tipo de seca a agricultura é impossível de ser praticada sem a utilização de irrigação;
- Seca Sazonal – A seca sazonal ocorre em áreas com estações secas e úmidas bem definidas, nestas áreas, seca é esperada todos os anos, pois esta se deve as variações sazonais nos padrões de circulação atmosférica;

- Seca Contingente – Este tipo de seca é característica de regiões subúmidas e úmidas e caracteriza-se por um déficit de precipitação num dado período de tempo, sendo que de acordo com o autor a seca contingente constitui-se em um sério risco para agricultura, devido a sua imprevisibilidade;
- Seca Invisível – A seca invisível diferencia-se dos outros tipos de seca devido à dificuldade de reconhecê-la. Esta seca ocorre sempre que a disponibilidade hídrica dos solos ou das precipitações deixa de ser igual ao das necessidades hídricas das plantas, resultando em uma lenta secagem dos solos, fazendo com que as plantas deixem de crescer em um índice ótimo e conseqüentemente ocasionando uma baixa produtividade das culturas agrícolas.

A seca pode ocorrer em qualquer tipo de clima do mundo. Em geral, este fenômeno natural, é tido como uma condição relacionada com o clima, diferenciada do que é percebido como "normal". Ao contrário de outros desastres naturais, como inundações, furacões, tornados e terremotos, que ocorrem ao longo de períodos finitos de tempo e resultam em danos visualmente óbvios, a seca se desenvolve lentamente e silenciosamente, sem impactos altamente visíveis e estruturais. O desenvolvimento das condições de seca muitas vezes passam despercebidos até que a escassez de precipitação se torna grave e os impactos começam a ocorrer. O ritmo lento e a longa duração da seca normalmente faz com que seja difícil quantificar os efeitos econômicos globais (DING et al. 2011).

Os efeitos das secas resultam da relação entre eventos naturais e as atividades socioeconômicas desenvolvidas. As atividades econômicas que compõe o setor agropecuário são geralmente as primeiras a serem afetadas. As conseqüências dos prejuízos causados neste setor se desencadearão, por um período, muitas vezes maior que o da própria seca. Quando esta se prolonga, gera escassez de água inclusive para consumo humano promovendo racionamentos no meio urbano. Além de que as cidades dos municípios afetados já vêm sofrendo pelo baixo consumo no comércio, por parte dos agricultores descapitalizados devido à baixa produtividade em suas lavouras (NDMC, 2011).

Além das perdas no setor da economia agropecuário, relacionados diretamente com o déficit de precipitação e o não suprimento da demanda de água para as variadas culturas agrícolas, os efeitos das secas ocasionam infestações de insetos, doenças das plantas e erosão eólica. Estes por sua vez agravam ainda mais os prejuízos nas lavouras, além do perigo de

incêndios provocados sejam por queimadas ou altas temperaturas do ambiente, onde o evento adverso incide, tornando a própria vegetação um poderoso combustível (PONCE, 2012).

Principalmente com relação à seca socioeconômica, os efeitos diferenciam-se de região para região. Estes diferenciais refletem o grau de vulnerabilidade ou de poder de resiliência das mesmas. A população de uma região pode sofrer graves danos e prejuízos ao passo que outra, mesmo afetada por uma seca de mesma intensidade pode ter respondido positivamente aos seus efeitos, ou pelo menos, em decorrência de suas ações antecedentes, durante e depois ao evento adverso, minimizado os danos e prejuízos, sendo esta uma população resiliente (DUARTE, 2008) que segundo a UNISDR (2012) tem a habilidade ou capacidade, "de resistir, absorver, acomodar e se recuperar dos efeitos das ameaças de maneira eficiente, incluindo a preservação e restauração das suas estruturas básicas e funcionais."

Muitos dos impactos das secas relacionados como econômicos ou ambientais tem componentes sociais. Os danos e prejuízos ocasionados à economia e no próprio ambiente de vivência das populações atingidas podem gerar migrações destas para áreas onde ocorre maior oferta de água e alimentos. Estas migrações na maioria das vezes são para áreas urbanas dentro ou até fora das áreas afetadas. Este processo causa pressão na infraestrutura social urbana, levando ao aumento da pobreza e agitação social (PONCE, 2012).

4.4. Rainfall Anomaly Index – RAI (Índice de Anomalia de Chuva - IAC)

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi desenvolvido por Rooy (1965) e incorpora um procedimento de classificação para ordenar magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas (Tabela 2). Esse índice é considerado muito simples, dada a sua facilidade de procedimento computacional, que consiste da determinação de anomalias extremas. O IAC é calculado na escala de tempo semanal, mensal ou anual. A escolha da escala de tempo é feita com base na distribuição da precipitação. Em áreas com longos períodos de seca deve ser usada uma escala de tempo maior, do que em áreas com curtos períodos de seca. A classificação é efetuada com base nos 10 eventos mais extremos de seca dos registros de longo prazo (Oladipo, 1985; Keyantash & Dracup, 2002). A precipitação média de uma semana, mês ou ano é usada para calcular a seca relativa.

Tabela 1 — Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

IAC (valores calculados indicando a magnitude dos desvios negativos e positivos em relação a média da série histórica de dados precipitação mensal)	CLASSIFICAÇÃO
≥ 4,00	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
≤ -4,00	Seca extrema

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2009).

Pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de comparar os resultados obtidos por meio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) com aqueles de índices tradicionalmente utilizados na avaliação das secas. Loukas et al. (2003) em estudo sobre o monitoramento das secas na Grécia, encontraram alta correlação entre o IAC e o Índice de Precipitação Padronizada (SPI). Wanders et al. (2010) em trabalho intitulado Indicators for Drought Characterization on a Global Scale, ressaltam que Oladipo (1985) verificou diferenças insignificantes entre o Índice de Anomalia de Chuva e os mais complicados índices de Palmer e Bhalme-Mooley.

De acordo com Byun et al. (1999) além de dados de precipitação, os índices de seca atuais são calculados a partir dos dados de umidade do solo, entrada e saída de água, evaporação e evapotranspiração, dentre outros. No entanto, a maioria dos parâmetros não são observados, sendo os mesmos estimados a partir de dados meteorológicos. Durante a avaliação, a simplificação e generalização são inevitáveis, pois estes parâmetros dependem fortemente da natureza do solo e da topografia, que variam amplamente. Além disso, segundo o autor, um fato importante é que a origem da água incluída nestes parâmetros não é senão a própria chuva, e pode ser desconsiderada. O autor relata também a comparação efetuada entre o PDSI (Palmer, 1965), o RAI (Rooy 1965) e BMDI (Bhalme e Mooley, 1980) no estudo desenvolvido por Oladipo (1985) e destaca que apenas a utilização de dados de precipitação é melhor para fins de análises meteorológicas e Alley (1984) fez considerações similares.

Segundo Da Silva (2009) um ponto crucial no emprego de um índice como o IAC, bem como de qualquer outro, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição

de um período de seca. Neste sentido o autor destaca, que a escolha do patamar para a separação entre anos secos e úmidos não deve ser arbitrária, mas sim escolhido com base no conhecimento climático da região, na análise das características dos períodos históricos de secas e das correspondentes consequências à população e meio ambiente atingidos. Esses efeitos dependem, por sua vez, da infraestrutura hídrica existente, isto é, variam com o tempo.

Araujo et. al. (2011) utilizou o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para o estudo da climatologia da sub-bacia do Alto Paraíba. Neste estudo foi calculado IAC para verificação dos anos secos e chuvosos no período entre 1926 a 2004. Os autores constataram um ponto de inflexão entre as décadas de 1950 e 1960, e identificaram uma modificação no padrão das precipitações na região. Após o ponto de inflexão foi detectado a diminuição da frequência de anos secos, no entanto, as ocorrências destes são mais severas.

O índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi utilizado para avaliar a intensidade e extensão da área afetada por eventos extremos de chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em trabalho realizado por Gurjão et al. (2012). Neste, encontram-se espacilizados os dados de IAC, para os anos de 1997, 1998, 2007 e 2008 mostrando a distribuição das anomalias positivas e negativas para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril dos anos citados. Estes dados foram comparados com as ocorrências das fases fria e quente do El Niño Oscilação Sul ou La Niña e El Niño respectivamente. De acordo com os autores, o uso do IAC representou um método eficiente na determinação da intensidade e área afetada por eventos extremos de chuva.

Utilizando séries históricas de 30 anos de dados de precipitação (1977 a 2006) de 43 estações meteorológicas, Marcuzzo et al. (2012) analisaram a variação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da precipitação pluvial no Estado do Tocantins. Calculando o IAC mensal, encontraram uma grande variação nos índices interanuais precipitados em cada mês, com um total de 13 anos úmidos e 17 secos, e concluíram que ocorre uma maior tendência de diminuição das chuvas para o Estado. Segundo os resultados obtidos, que o IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento interanual da precipitação pluviométrica do estado do Tocantins, para determinar mudanças em seu regime de chuvas.

Marcuzzo et al. (2011) objetivando a análise da variação espacial, temporal e sazonal da precipitação pluvial no Estado do Mato Grosso, utilizaram 30 anos de dados de precipitação de 75 estações pluviométricas. Neste trabalho verificou-se que a distribuição das chuvas no Estado do Mato Grosso apresenta uma grande variação nos índices precipitados. As localidades situadas no extremo Noroeste e Norte apresentaram os maiores valores de chuvas

e as localidades situadas ao Sul com os menores índices pluviiais. De maneira geral verificou-se um maior número de anos secos no período em análise. Os autores ressaltam que o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) destaca-se entre os métodos estatísticos utilizados em estudos de precipitação pluviométrica, pois o referido índice permite o acompanhamento climático e as comparações entre as condições atuais de precipitação com os valores pluviométricos históricos.

Gonçalves *et al.* (2006) estudaram os eventos extremos de chuvas e suas influências na ocorrência de cheias e secas na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva e dados de 15 estações meteorológicas. O estudo das precipitações por meio do cálculo do IAC, possibilitou a explicação da ocorrência das cheias e inundações no sertão pernambucano e também a verificação de grande predominância de secas em áreas, igualmente vulneráveis à ocorrência de cheias e inundações.

Freitas (2004; 2005) por meio de conhecimentos adquiridos no estudo das secas em regiões do Estado Ceará, destaca que, as informações obtidas com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) possibilitam comparações das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, e avaliar a distribuição espacial dos eventos de seca, e a intensidade das mesmas. Neste sentido, o autor relata as vantagens práticas, no uso não apenas do IAC, mas também de outros índices, que se configuram no acompanhamento direto do grau de severidade e duração dos períodos secos, permitindo, com isso, tomar medidas efetivas e em tempo hábil, objetivando a minimização dos impactos ocasionados pelos mesmos.

Nikolova et al. (2005) em estudo sobre a variabilidade das precipitações durante a estação do verão, encontrou um longo período de seca (1983 a 1993) na Planície Danúbio, uma das mais importantes regiões agrícolas da Bulgária. Neste estudo, utilizando o Rainfall Anomaly Index (RAI) e o Cumulative Anomaly (CA), os autores ressaltam, a importância das técnicas utilizadas para estudos da variabilidade das precipitações. Em seu trabalho, as informações levantadas possibilitaram uma melhor compreensão da relação entre as precipitações e os processos físicos da área de estudo. Além de que, o conhecimento sobre as ocorrências espaciais e temporais de períodos extremamente secos e úmidos ajudarão no desenvolvimento de estratégias para mitigação e adaptação às alterações climáticas futuras, e com uma abordagem mais eficaz relacionada aos problemas ambientais.

4.3. Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública: Critérios para a decretação

Para o reconhecimento de situação de emergência ou estado de calamidade pública foram estabelecidos critérios, sendo estes caracterizados como preponderantes e agravantes. Os primeiros relacionam-se à intensidade dos desastres e com a comparação entre a necessidade e a disponibilidade de recursos, para o restabelecimento da situação de normalidade de determinada área afetada pelo desastre. A intensidade dos desastres é medida em função da avaliação dos danos e dos prejuízos provocados pelos mesmos. Os danos são classificados como humanos, materiais ou ambientais e os prejuízos são classificados como econômicos e sociais. A seca, na condição de desastre cíclico, contribui para intensificar os desequilíbrios inter-regionais e intrarregionais e desencadeando numerosos desastres secundários de natureza humana. Os prejuízos econômicos, ocasionando desemprego, fome e a desesperança, provocam agitações sociais e promovem migrações de parcelas da população afetada para outras regiões em busca de melhores condições de vida. Como exemplo, o sertão nordestino é a região semiárida mais densamente povoada do mundo, desta maneira, as migrações devido às consequências das secas sobre as comunidades que lá vivem, contribuem para o aumento do contingente populacional, vulnerável, resultando em bolsões de pobreza na periferia das grandes cidades. Essas populações vulneráveis, residindo em áreas de riscos intensificados de desastres naturais e humanos de natureza social, contribuem para deteriorar os níveis de segurança coletiva das cidades brasileiras. Sobre este ponto de vista, os desastres secundários relacionados às secas são importantes critérios de agravamento dos desastres, pois afetam, não apenas os cenários da seca, mas o Brasil como um todo.

O grau de vulnerabilidade das áreas de ocorrência de desastres e das comunidades residentes, depende do senso de percepção de risco da população local, do grau de prioridade que a segurança global da população ocupa entre os formadores da opinião pública (líderes comunitários e políticos locais), da vontade política e da determinação da administração municipal em aumentar os níveis de segurança da população e garantir a incolumidade das pessoas, e do sentido de responsabilidade e nível de competência da administração municipal.

4.5. A ciência estatística - fundamentos e trabalhos relacionados aos procedimentos estatísticos utilizados no presente trabalho

Na análise de fenômenos espaciais contínuos, sobre os quais tem-se apenas dados atribuídos a pontos amostrais na superfície ou área de estudo, torna-se necessário o uso de interpoladores para a estimação dos valores desconhecidos ou não amostrados.

Considerando uma superfície em três dimensões tem-se coordenadas (x,y,z) onde "z" representa os valores atribuídos ao fenômeno a ser espacializado. Desta maneira as coordenadas bidimensionais (x,y) estão distribuídas uniformemente no espaço (um plano) e a coordenada (z) varia no sentido vertical a partir do plano cartesiano bidimensional (x,y) . Os pontos amostrais por mais que sejam aleatórios se inserem dentro de uma grade regular, a qual pode ser gerada e visualizada a partir da aplicação de um método de interpolação.

A Krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a e funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Kulman et al. (2014) utilizou o método da krigagem para a espacialização das ocorrências de estiagem no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1981 à 2011. Os autores destacam que " o método da Krigagem respondeu o objetivo proposto, permitindo a espacialização em áreas homogêneas, saindo de uma visão unitária por município.

De acordo com Landim et al. (2002) o método de krigagem "é considerado o melhor estimador linear não enviesado (Best Linear Unbiased Estimator, BLUE), em que a variância da krigagem é utilizada para definir intervalos de confiança do tipo gaussiano". De acordo com o autor a minimização da variância estimada é uma das finalidades deste método de interpolação. A partir de uma série de técnicas de análise de regressão e de um modelo prévio, levando em consideração a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço são estimados os valores desconhecidos, destacando o uso de variogramas para a estimação de pesos ótimos, o quais devem ser associados aos valores conhecidos.

A diferença da krigagem para outros métodos de interpolação de acordo com o autor citado no parágrafo anterior, está na "estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados,

a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado".

Em Pires et al. (2011) verifica-se que a krigagem diferencia-se dos outros métodos pela forma de atribuição dos pesos, sendo estimada além da distância entre os vizinhos ao ponto considerado, a distância entre os pontos vizinhos. Desta maneira os autores destacam que "no método da krigagem os pesos são atribuídos de acordo com a variabilidade espacial expressa no semivariograma", sendo que este método tem a característica de fornecer estimativas não tendenciosas e com variância mínima. Esta condição significa que para um mesmo ponto a diferença entre os valores estimados e aqueles medidos deve ser nula ou mínima.

Para Andrioti (2002) a krigagem fornece a informação de quão longe o valor adquirido por estimativa está do valor real. Este método fornece uma medida da acuracidade de tal estimativa. O autor ressalta que:

A krigagem é descrita na bibliografia inglesa como um estimador do tipo BLUE, que é uma palavra formada pelas letras iniciais de *Best Linear Unbiased Estimator*, melhor estimador linear não enviesado, significando que o erro de estimação produzido pelo método seja mínimo (variância mínima, significando melhor) e não enviesado (significando que a distancia média entre valores e originais seja igual a zero).

Outra técnica utilizada no presente trabalho é a análise de correlação linear. Com esta técnica pode-se saber o quanto duas variáveis estão associadas ou qual é a semelhança na distribuição das mesmas. Em outras palavras, é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis. Desta maneira, espera-se que para uma mudança na variável X ocorra uma mudança proporcional na variável Y, sendo a reta, falando-se em termos gráficos a melhor maneira de ilustrar a associação entre as duas variáveis (FILHO et al., 2009).

Em uma correlação positiva, maiores valores de X resultarão em maiores valores de Y. Quando o coeficiente de correlação for negativo ter-se-á para menores valores de X, também menores valores de Y. Esta técnica fornece valores de correlação entre +1 e -1. Uma correlação perfeita, sendo ela negativa ou positiva teria valor de coeficiente igual a +1 ou -1. Um valor de zero para o coeficiente indica a não correlação (NETO, 1977). Cohen (1988), definiu uma classificação para os resultados do coeficiente de correlação. Valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

Cohen (1988) definiu uma classificação para os resultados do coeficiente de correlação linear, que será utilizada na apresentação dos resultados dos coeficientes de correlação a serem obtidos na análise de consistência dos dados. Nesta classificação está definido que valores do coeficiente de correlação entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

Cunha et al. (2013) analisaram comparativamente a espacialização de dados de precipitação utilizando-se das técnicas de krigagem e cokrigagem no Estado do Espírito Santo. Os autores concluíram que a cokrigagem produziu resultados mais acurados do que a krigagem, verificados por pequenas diferenças nos erros médios absolutos, capazes de produzir mapas estatisticamente diferentes.

Para a análise de consistência dos dados, usualmente é utilizada a técnica da dupla massa. Com esta técnica, de acordo com Villela *et al.* (1975) pode ser efetuada a verificação de ocorrência ou não de anormalidade na estação pluviométrica, tais como mudança de local ou das condições do aparelho, modificação no método de observação ou de alterações climáticas ocasionando eventos extremos de precipitação e regimes pluviométricos diferentes, nas áreas de localização das estações. Essa técnica consiste na geração de uma curva dupla acumulativa ou curva de dupla massa, na qual são relacionados os totais anuais ou mensais acumulados de um determinado posto e a média acumulada dos totais anuais ou mensais de todos os postos da região, considerada homogênea, sob o ponto de vista meteorológico.

Neste sentido, destaca-se de acordo com Fragoso *et al.* (2012) que se a correlação linear entre as chuvas de dois postos pluviométricos forem altas, o preenchimento de possíveis falhas pode ser realizado com regressão linear simples e desta maneira a consistência dos dados é tida como satisfatória. Garcez *et al.* (2012) ressalta que esta técnica, da dupla massa, comparativa entre os dados de uma estação com a média das estações vizinhas, somente tem valor apreciável, quando há uma certa homogeneidade das precipitações e as estações meteorológicas são bastante próximas umas das outras.

Além das técnicas estatísticas apresentadas anteriormente, no presente trabalho, utilizar-se-á as análises de variância ANOVA e o teste de Kruskal-Wallis. Devore (2006) define ANOVA como sendo um teste que contempla um conjunto de situações experimentais e procedimentos estatísticos para a análise de respostas quantitativas de unidades experimentais.

5. METODOLOGIA

Para a realização da análise das relações entre os municípios do Estado do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens, além do levantamento bibliográfico, os seguintes procedimentos metodológicos foram efetuados, conforme fluxograma exposto na Figura 9.

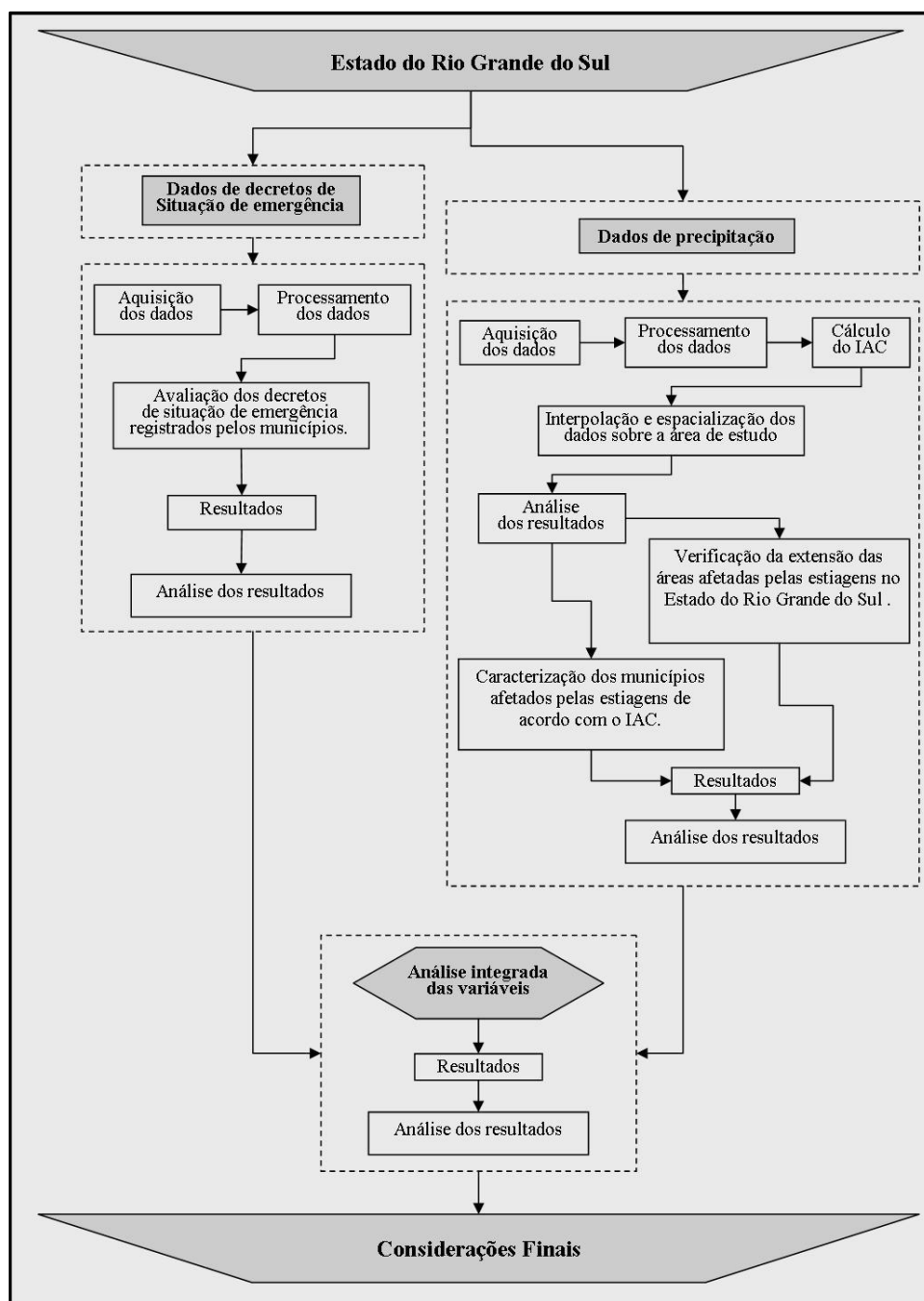


Figura 9 — Procedimentos metodológicos realizados.

Primeiramente foram avaliados os números de total de decretos de situação de emergência em decorrência de estiagem registrados no Estado e por município. Hierarquizou-se os municípios de acordo com o número de decretos registrados. Ressalta-se, que os municípios que não registraram decretos de situação de emergência também foram integrados à análise.

Os dados de decretos de situação de emergência utilizados no presente trabalho, são oriundos da Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012. No entanto, somente os dados referentes ao período de 2003 a 2012 foram adquiridos junto ao site da mesma (<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>). Os dados referentes ao período de 1991 a 2002 foram coletados no Geodesastres-Sul do Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE) mediante autorização de utilização dos mesmos.

Os dados de precipitação utilizados para o cálculo do índice de Anomalia de Chuva (IAC) foram adquiridos junto ao site *HidroWeb* da Agência Nacional das Águas (ANA; <http://hidroweb.ana.gov.br/>) e no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-<http://www.inmet.gov.br/portal/>) oriundos de 57 estações meteorológicas, observando as séries históricas de dados com o menor número de falhas. Estas, compreendem um período de 22 anos (1991 a 2012). Das estações ou pontos amostrais definidos, 44 localizam-se no Estado Rio Grande do Sul e 13 no Estado de Santa Catarina conforme Tabela 3.

Tabela 2 — Estações meteorológicas - Municípios e coordenadas de localização.

Nº	Nome da Estação	Localização (município)	Coordenada Latitude (N)	Coordenada Longitude (W)	Coordenada (Z) Altitude (m)
1	Alegrete	Alegrete – RS	-29°47'04"	-55°46'26"	80
2	Anita Garibaldi	Anita Garibaldi – SC	-27°41'32"	-51°07'46"	800
3	Granja Coronel Pedro Osório	Arroio Grande – RS	-32°00'22"	-52°39'10"	20
4	Estância do Espantoso	Bagé – RS	-31°32'02"	-54°17'41"	120
5	Barra do Quaraí	Barra do Quaraí – RS	-30°12'48"	-57°33'12"	40
6	Bom Jardim da Serra	Bom Jardim da Serra - SC	-28°20'23"	-49°37'17"	1200
7	Camaquã	Camaquã – RS	-30°51'57"	-51°47'45"	65
8	Candelária	Candelária – RS	-29°40'10"	-52°47'25"	40
9	Canguçu	Canguçu –RS	-31°24'16"	-52°40'24"	400
10	Carazinho	Carazinho – RS	-28°17'36"	-52°43'27"	570
11	Passo Migliavaca	Casca – RS	-28°37'10"	-51°52'00"	380
12	Boa Vista	Catuípe – RS	-28°06'40"	-53°59'35"	447
13	Caxias do Sul	Caxias do Sul – RS	-29°09'36"	-51°12'00"	759
14	Chapada	Chapada – RS	-28°03'31"	-53°03'58"	450
15	Condor	Condor – RS	-28°13'32"	-53°28'13"	440
16	Cruz Alta	Cruz Alta – RS	-28°37'48"	-53°36'00"	472
17	Dom Pedrito	Dom Pedrito – RS	-30°58'41"	-54°40'33"	120

(Continua)

Continuação da Tabela 3 — Estações meteorológicas - Municípios e coordenadas de localização.

18	Encruzilhada do Sul	Encruzilhada do Sul – RS	-30°31'48"	-52°30'36"	427
19	Erebango	Erebango – RS	-27°51'15"	-52°18'17"	763
20	Passo Faxinal	Ijuí – RS	-28°19'54,6"	-53°54'5,8"	200
21	Agradável	Ipumirim – SC	-27°01'49,51"	-52°09'37"	600
22	Iraí	Iraí – RS	-27°14'34,67"	-53°14'0,2"	247
23	Itatiba do Sul	Itatiba do Sul – RS	-27°23'20"	-52°27'16"	350
24	Joaçaba	Joaçaba – SC	-27°10'18"	-51°30'01"	560
25	Rio Bonito	Lages – SC	-28°09'08"	-50°26'27"	900
26	Clemente Argolo	Lagoa Vermelha - RS	-28°00'21"	-51°27'16"	950
27	Liberato Salzano	Liberato Salzano - RS	-27°35'57"	-53°04'17"	378
28	Manoel Viana	Manoel Viana – RS	-29°35'38"	-55°29'09"	80
29	Meleiro	Meleiro – SC	-28°49'56"	-49°38'12"	80
30	Iporã	Mondaí – SC	-27°05'3,23"	-53°26'35"	557
31	Montenegro	Montenegro – RS	-29°40'07"	-51°25'41"	15
32	Solidão	Mostardas – RS	-30°40'06"	-50°32'27"	2
33	Passinhos	Osório – RS	-30°02'12"	-50°23'38"	15
34	Paim Filho	Paim Filho – RS	-27°42'45"	-51°44'16"	600
35	Palmeira das Missões	Palmeira das Missões - RS	-27°53'00"	-53°26'00"	634
36	Palmitos	Palmitos – SC	-27°03'52"	-53°09'25"	400
37	Praia Grande	Praia Grande – SC	-29°11'45"	-49°57'48"	60
38	Rio Grande	Rio Grande – RS	-32°18'00"	-52°06'36"	2
39	Rosário do Sul	Rosário do Sul – RS	-30°14'49"	-54°55'03"	100
40	Sananduva	Sananduva – RS	-27°58'58"	-51°47'01"	687
41	Santana do Livramento	Santana do Livramento – RS	-30°49'48"	-55°36'00"	328
42	Santa Vitória do Palmar	Santa Vitória do Palmar – RS	-33°30'36"	-53°21'00"	24
43	Santiago	Santiago – RS	-29°06'52,41"	-54°49'17"	420
44	Santo Antônio das Missões	Santo Antônio das Missões-RS	-28°29'33"	-55°13'51"	200
45	Garruchos	São Borja – RS	-28°34'22,94"	-55°55'37"	60
46	Passo Tainhas	São Francisco de Paula - RS	-29°11'33,64"	-50°33'49"	640
47	São José do Cerrito	São José do Cerrito - SC	-27°40'39,42"	-50°32'8,1"	920
48	São Sepé	São Sepé – RS	-30°11'00"	-53°33'00"	60
49	Linha Sescon	Sarandi – RS	-27°48'42"	-53°01'40"	350
50	Sombrio	Sombrio – SC	-29°02'45"	-49°36'24"	18
51	Tapejara	Tapejara – RS	-28°03'47,16"	-52°00'40"	672
52	Timbé do Sul	Timbé do Sul – SC	-28°47'57,79"	-49°50'29"	115
53	Alto Uruguai	Tiradentes do Sul – RS	-27°18'07"	-54°08'22"	120
54	Tucunduva	Tucunduva – RS	-27°39'14"	-54°26'32"	120
55	Tupaciretã	Tupaciretã – RS	-29°05'08"	-53°49'09"	469
56	Ubirici	Ubirici – SC	-28°00'26"	-49°35'32"	853
57	Urugaiana	Urugaiana – RS	-29°45'00"	-57°04'48"	62

Fonte dos dados: Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As estações meteorológicas ou pontos amostrais estão distribuídos na área de estudo conforme Figura 10 identificados pelos nomes dos municípios onde estão localizados. O período de análise (1991 a 2012) foi definido de acordo com a disponibilidade de dados de

decretos de situação de emergência, os quais foram comparados com os dados de Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Neste sentido, destaca-se que a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul tem dados de decretos de situação de emergência disponíveis, apenas a partir de 1991 e desta maneira o período a ser analisado terá 22 anos, mesmo sabendo-se que o ideal seriam no mínimo 30 anos de dados.

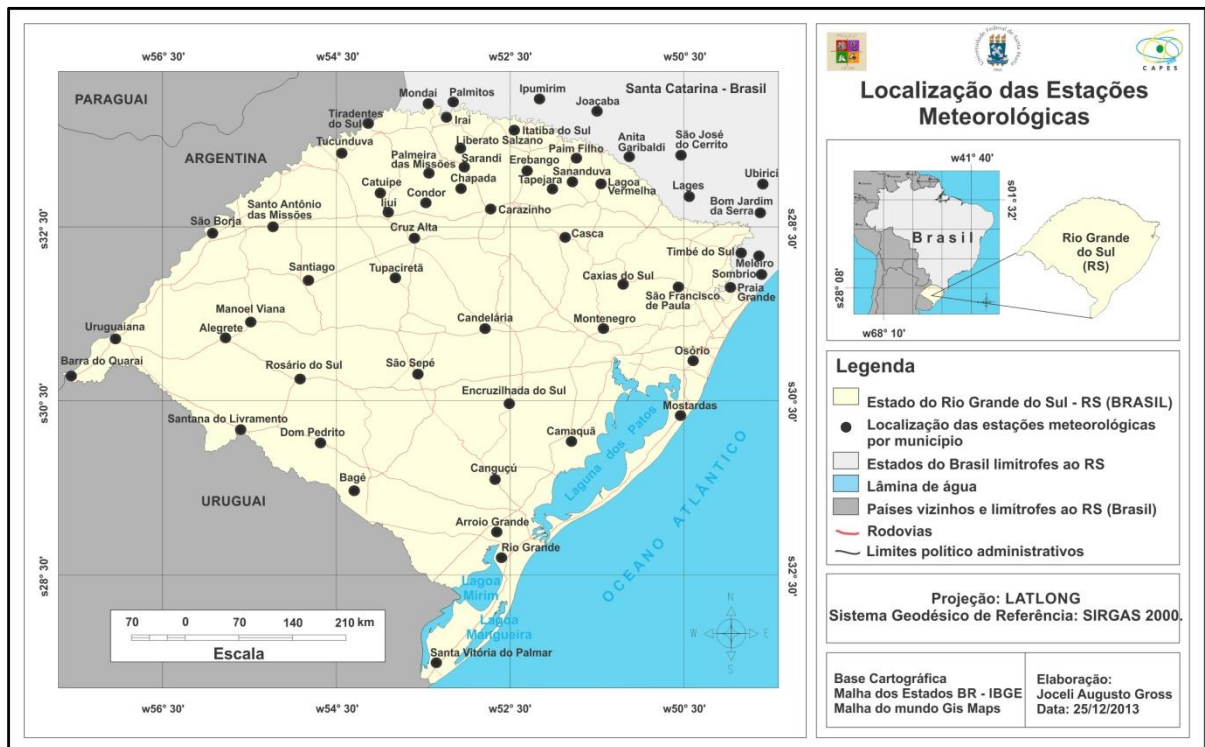


Figura 10 — Localização das estações meteorológicas.
Fonte: Elaboração do autor do presente trabalho.

Vários métodos são utilizados para o preenchimento de falhas, destacando-se os Métodos da Ponderação Regional e da Regressão Linear, que foram utilizados na presente pesquisa. Com relação a este último, Fragoso (2012) destaca que se for encontrado alta correlação linear entre os dados de duas estações meteorológicas, pode-se preencher as possíveis falhas nos dados de uma estação com os dados da outra, utilizando a regressão linear

O Método de Ponderação Regional segundo Tassi *et al.* (2010) é simplificado, de fácil aplicação, e normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação. Neste método, de acordo com Mendonça (2009) costuma-se utilizar dados de 3 estações meteorológicas próximas, da seguinte forma:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{P_1 N_x}{N_1} + \frac{P_2 N_x}{N_2} + \frac{P_3 N_x}{N_3} \right)$$

Onde:

N_1, N_2, N_3 e N_x = As médias de precipitações nas 3 estações e na que estamos preenchendo falhas;

P_1, P_2, P_3 e P_x = As precipitações respectivas na data da falha.

No Método da Regressão Linear, o preenchimento das falhas se dá por meio de uma equação, obtida com o correlacionamento entre os dados da estação com falhas (y) e da estação vizinha (x) mais próxima. A correlação produzirá uma equação analítica cujos parâmetros podem ser estimados graficamente em plotagens cartesianas de pares de valores (x, y). No gráfico uma reta que passa pelos pontos médios x e y definirá a equação (APOSTILA... , 2010):

$$y = a + bx \tag{eq. 2}$$

Onde:

y = variável dependente;

x = Variável independente;

a = coeficiente linear;

b = coeficiente angular.

A técnica da dupla massa será aplicada aos dados de estações meteorológicas utilizados na presente pesquisa. No entanto, presumindo-se que estações meteorológicas próximas devem apresentar dados similares, no presente trabalho calculou-se os coeficientes de correlação linear (eq. 3) entre os dados das séries históricas das estações meteorológicas. Estes resultados foram correlacionados com as distâncias (km) entre as respectivas estações meteorológicas de cada correlacionamento efetuado, em um diagrama de dispersão. Esta avaliação foi realizada para a verificação da existência ou não de correlação, ou em outras palavras de similaridade entre os dados de estações meteorológicas próximas.

O diagrama de dispersão foi gerado para sintetizar as relações existentes entre os dados de precipitação pluviométrica de todas as estações meteorológicas avaliadas em função das distâncias entre as mesmas. Esta análise foi concretizada pelos cálculos dos coeficientes de determinação e correlação, sobre os quais foi aplicado o teste *t de Student* (eq. 4) para a verificação da existência ou não de correlação entre os dados analisados.

Equação para a obtenção do coeficiente de correlação linear:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} * S_{yy}}} \quad (eq. 3)$$

Onde:

r = Coeficiente de correlação linear;

S_{xy} = Soma dos valores obtidos com a multiplicação entre os valores de x e y , menos a multiplicação entre os resultados das somas dos valores de x e y dividida pelo número de pares amostrais;

S_{xx} = Soma dos quadrados dos valores de x , menos o resultado da soma dos valores de x ao quadrado dividida pelo número de pares amostrais;

S_{yy} = Soma dos quadrados dos valores de y , menos o resultado da soma dos valores de y ao quadrado dividida pelo número de pares amostrais;

Equação para o teste do coeficiente de correlação *t de Student*:

$$t_{n-2} = r * \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (eq. 4)$$

Onde:

t_{n-2} = Teste do coeficiente correlação de *Student* com $n - 2$ graus de liberdade indicando o valor crítico de acordo com o número de pares amostrais (x, y);

r = Coeficiente de correlação linear;

n = Número de pares amostrais (x, y);

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal ou anual é calculado de acordo com as equações 5 e 6 desenvolvidas por Rooy (1965). Para anomalias de precipitação positivas, o parâmetro \bar{M} é a média dos dez valores mais elevados de precipitação do período estudado; para as anomalias negativas, o parâmetro \bar{X} representa os dez valores mais baixos de precipitação do mesmo período. Os valores do índice são ordenados em um esquema de classificação de nove categorias (Tabela 4) variando de extremamente úmido a extremamente seco (FERNANDES et al. 2009).

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad \text{Para anomalias positivas} \quad (eq. 5)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad \text{Para anomalias negativas} \quad (eq. 6)$$

Onde:

N = precipitação (mm) observada atual ou do mês que será calculado o IAC;

\bar{N} = precipitação média da série histórica (mm);

\bar{M} = média dos dez valores mensais ou anuais mais altos;

\bar{X} = média dos dez valores mensais ou anuais mais baixos.

Tabela 3 — Classificações das intensidades das anomalias de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)..

IAC	CLASSIFICAÇÃO
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Estiagem suave
-2,00 a -2,99	Estiagem moderada
-3,00 a -3,99	Estiagem alta
$\leq -4,00$	Estiagem extremamente alta

Fonte: Adaptado de: Fernandes et al. (2009). Destaca-se, que originalmente a tabela apresenta o termo "Seca", onde se verifica o termo "estiagem".

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi calculado de forma mensal e também anual para todo o período de 22 anos e sobre os dados de precipitação de cada uma das 57 estações meteorológicas ou pontos amostrais.

Os valores do Índice de Anomalia de Chuva gerados a partir dos dados de precipitação de cada estação meteorológica foram organizados em tabelas do *Software Microsoft Office Excel 2003* e posteriormente importados em tabela do *Software Surfer 8.0*. Nesta tabela, além dos dados do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) de cada ponto amostral foram inseridas as coordenadas geográficas, o que possibilitou a interpolação, a espacialização e conseqüentemente a estimação dos dados do IAC para os pontos não amostrados sobre a área de estudo. A interpolação foi efetuada pelo método de *Krigagem*, a partir do qual obteve-se uma grade regular com 80 linhas e 100 colunas mantendo distâncias de 9.000 m entre si e contendo os dados do IAC que contemplaram todo o território do Estado, subdividida por isolinhas que demarcam as áreas afetadas por anomalias de precipitação em valores de Índice de Anomalia de Chuva de acordo com a classificação exposta na tabela 4 do item anterior.

Para tanto, os resultados desta avaliação possibilitaram as medições em percentuais de áreas afetadas pelas estiagens no território do Rio Grande do Sul independentemente de suas intensidades, além da identificação e caracterização dos municípios afetados pelas estiagens de acordo com o IAC em todo período de análise, sendo estas obtidas com o cruzamento entre as espacializações do Índice de Anomalia de Chuva sobre o Estado e a malha municipal do mesmo.

Para a caracterização dos municípios afetados pelas estiagens de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foram definidas as seguintes avaliações:

- Hierarquização dos municípios de acordo com o número total de meses com estiagem em todo o período de análise.
- Número de meses com estiagem por município por intensidade do fenômeno climático, considerando todas as classificações expostas na Tabela 5 baseada na classificação estabelecida por Rooy (1965) e adaptada por Fernandes et al (2009). Ressalta-se que esta classificação, diferenciada daquela da tabela 4 do item 5.5, foi determinada devido ao fato de muitos municípios apresentarem dados, gerados na interpolação dos valores do Índice de Anomalia de Chuva, referentes a mais de uma classificação de intensidade de estiagem, em uma única observação.

Tabela 4 — Classificação da intensidade das estiagens e suas variações.

ORDENAMENTO	CLASSIFICAÇÃO
1	Normal a Estiagem Suave
2	Estiagem Suave
3	Estiagem Suave à moderada
4	Estiagem Suave à alta
5	Estiagem Suave a extremamente alta
6	Estiagem Moderada
7	Estiagem Moderada a alta
8	Estiagem Moderada a extremamente alta
9	Estiagem Alta
10	Estiagem Alta a extremamente alta
11	Estiagem Extremamente alta

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. 2009.

- Períodos de duração das estiagens em meses por município. Foram avaliados períodos a partir de 1 mês ou mais com estiagem consecutivamente. Os municípios foram

hierarquizados de acordo com o número de períodos de estiagem em meses de determinada ordem (1, 2, 3... meses ou mais consecutivamente).

✓ Ex: Número de períodos de 2 meses consecutivos de estiagem por município.

Os resultados destas avaliações serviram de base para outras, onde foram verificados os números de decretos de situação de emergência por período de duração e intensidade das estiagens. Pretende-se buscar a informação do período de duração das estiagens e a intensidade das mesmas até o mês do ano que os municípios decretaram situação de emergência, ou em outras palavras, qual o período de duração e intensidade das estiagens que ocasionou danos e prejuízos, e em consequência os decretos de situação de emergência nos municípios. Também será possível verificar as áreas do Estado onde as estiagens ocorreram com maior frequência, os maiores períodos de duração das estiagens, a as intensidades das mesmas.

Uma análise integrada das variáveis decretos de situação de emergência e IAC também foi realizada. Para esta etapa da pesquisa, destaca-se que nas avaliações dos períodos de duração das estiagens, foram consideradas as datas (meses) de registro dos decretos de situação de emergência. Os meses com ocorrência de estiagem (períodos de duração) foram contados regressivamente, a partir do mês de registro dos decretos ou do anterior. Este, também foi definido como ponto de início de contagem dos períodos de duração das estiagens, devido a possibilidade de que muitos municípios podem ter efetuado os decretos de situação de emergência no início de determinado mês, quando já enfrentavam condições de tempo úmido sem a presença de estiagem, pois os decretos refletem uma condição adversa em decorrência de estiagem enfrentada pelos municípios anteriormente, logo, o mês anterior possivelmente apresentará índice de anomalia de chuva negativo indicando evento de estiagem. Neste sentido, destaca-se que os dados de decretos de situação de emergência adquiridos junto ao Geodesastres-Sul do INPE, não contém a informação sobre a data exata do decreto. Ressalta-se ainda, que os períodos de estiagem de mais de um mês de duração foram considerados apenas de forma consecutiva, quer dizer, sem intercalações de meses úmidos. As avaliações efetuadas foram as seguintes:

- Número de decretos de situação de emergência por período de duração das estiagens até o mês de registro dos decretos ou o anterior. Nesta avaliação verificou-se após

quais períodos de estiagem em meses consecutivos os decretos de situação de emergência foram registrados em sua maioria;

- O número de decretos de situação de emergência por município por intensidade das estiagens, considerando os períodos de estiagem até o mês de registro dos decretos ou anterior. Busca-se nos períodos de estiagem, a variação das intensidades do fenômeno climático, baseadas na classificação estabelecida por Rooy (1965) e adaptada por Fernandes et al. (2009) e discriminada em variações de intensidade para esta avaliação de acordo com Tabela 6.

Tabela 5 — Classificação da intensidade dos eventos de estiagem suas variações.

ORDENAMENTO	CLASSIFICAÇÃO
1	Normal / Estiagem Suave
2	Normal / Estiagem Suave a estiagem suave
3	Normal / Estiagem Suave a estiagem moderada
4	Normal / Estiagem Suave a estiagem alta
5	Normal / Estiagem Suave a estiagem extremamente alta
6	Estiagem Suave
7	Estiagem Suave à estiagem moderada
8	Estiagem Suave à estiagem alta
9	Estiagem Suave a estiagem extremamente alta
10	Estiagem Moderada
11	Estiagem Moderada a estiagem alta
12	Estiagem Moderada a estiagem extremamente alta
13	Estiagem Alta
14	Estiagem Alta a estiagem extremamente alta
15	Estiagem Extremamente alta

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2009).

- O número de decretos de situação de emergência por número de meses com estiagem por município. Com esta avaliação pretende-se verificar, se municípios com os maiores números de meses sob estiagem foram aqueles com os maiores números de decretos de situação de emergência registrados em todo período de análise;

As formas de apresentação dos resultados da presente pesquisa, englobaram mapas, tabelas e gráficos. Os dados foram avaliados utilizando-se dos *Softwares Microsoft Office Excel 2007, Surfer 8* e do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (*SPRING 4.3.3*). Para algumas avaliações dos dados foram utilizadas outras as técnicas estatísticas além das já citadas, como a Análise de variância *ANOVA* e os testes de

normalidade dos dados Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias de *Barlett*, sendo estes dois últimos necessários para a realização da *ANOVA*.

Na análise de variância *ANOVA*, a média geral de toda a população de dados é gerada e comparada com as médias dos grupos, que neste trabalho referem-se aos grupos de municípios e respectivos números de decretos de situação de emergência. Quanto mais próximos da média geral estão as médias dos grupos menor será a variância. No entanto a definição de um erro para a análise deve ser efetuada. Este se refere-se ao " α " (alfa) de maneira que o valor de prova ou P-valor gerado na análise deverá ser maior que o erro ou α para que a hipótese H_0 seja aceita e vice-versa.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar se os dados mantêm uma distribuição, sendo este um dos critérios para a realização da análise de variância *ANOVA*. Já o teste de Barlett foi utilizada para verificar se as variâncias observadas em cada grupo de dados são homogêneas, sendo esta condição também exigida para a efetuação da *ANOVA*.

Também foi realizada uma análise para dados não-paramétricos, sendo esta referente ao teste de *Kruskal-Wallis* para verificar hipóteses de igualdade entre médias. Neste teste é efetuada a soma destas amostras para verificar se as mesmas diferem entre si, quer dizer, o teste verifica se é provável que as amostras tenham sido retiradas ou não de uma mesma população.

Também buscou-se informações junto ao IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/>) referentes as condições socioeconômica dos municípios do Estado para serem utilizadas na discussão dos resultados.

Para as avaliações onde foram consideradas as estações do ano destaca-se que neste trabalho as análises foram efetuadas considerando períodos em meses, sendo que as quatro estações do ano foram consideradas da seguinte forma:

- Verão - janeiro, fevereiro e março;
- Outono - abril, maio e junho;
- Inverno - Julho, agosto e setembro;
- Primavera - outubro, novembro e dezembro.

Para análises de correlação entre decretos e número de meses com estiagem por município, foi realizada amostragem sobre a população total utilizando-se da função "*ALEATÓRIOENTRE*" do *Excel*, para um nível de confiança de 99%, sendo esta definida, de acordo com cálculo amostral efetuada em calculadora *on-line* desenvolvida por SANTOS (2009). Também utilizou-se amostras menores do que primeira calculada, para comparações.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na hierarquização dos municípios de acordo com o número de decretos de situação de emergência observou-se que os municípios de Seberi no Norte e Piratini no Sul do Estado, registraram 14 decretos de situação de emergência (Figura 11). Este, é o maior número de decretos registrados por um único município, devido aos danos e prejuízos ocasionados pelas estiagens no período de 1991 a 2012 verificados no presente trabalho.

De maneira geral, a maioria dos decretos de situação de emergência foram registrados pelos municípios da Região Norte do Estado destacando-se também aqueles localizados na Região Sudoeste Rio-Grandense (Campanha Gaúcha), Sudeste Rio-Grandense e Centro Ocidental Rio-Grandense. Os municípios que não decretaram situação de emergência somam 37 no total. Estes se concentram no setor Leste, Nordeste, Litoral Norte, adjacências da Região metropolitana de Porto Alegre e as margens do setor Norte da Laguna dos Patos. Apenas o município de Chuí que não decretou situação de situação de emergência, está fora das regiões citadas, sendo a localização deste, no extremo Sul do Estado (Figura 11).

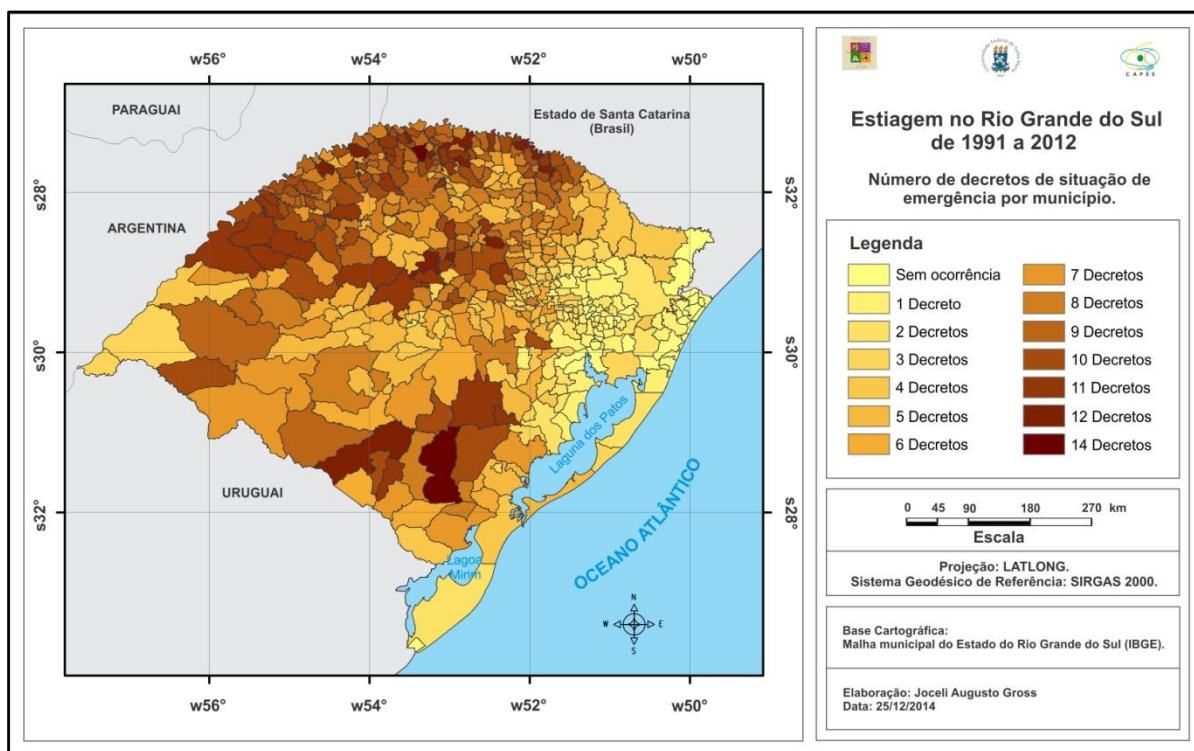


Figura 11 — Espacialização do número de decretos de situação de emergência por estiagem nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.
Fonte dos dados de decretos: Defesa Civil – RS.

O total de decretos de situação de emergência avaliados no Estado de 1991 a 2012 foi de 3005. Neste sentido, observou-se que a maioria dos decretos foram registrados nos meses de verão com cerca de 68% e outono com 26,3% (Figura 12).

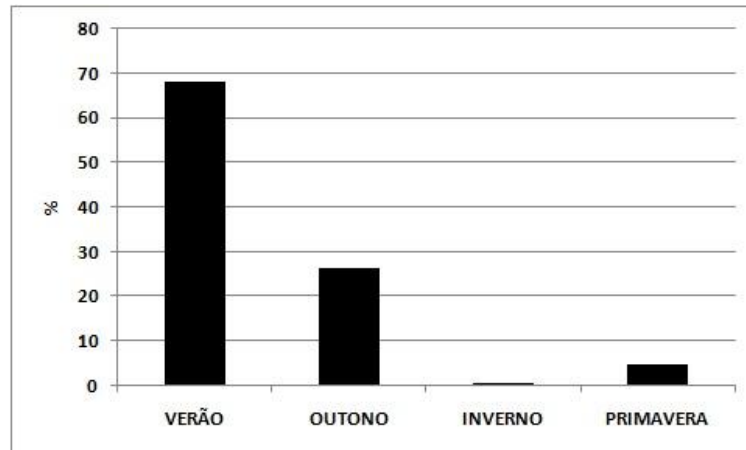


Figura 12 — Percentuais de decretos de situação de emergência em decorrência de estiagem por estação do ano no Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012.

Fonte dos dados: Defesa Civil - RS.

De todo período de análise, os anos com os maiores números de decretos de situação de emergência por estiagem foram 2004, 2005 e 2012, onde observou-se que 82,45, 84,01 e 84,21% dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, respectivamente, decretaram situação de emergência (Figura 13). Além destes, nos anos de 1991 e 2009 mais de 50% dos municípios do Estado foram afetados pelas estiagens de acordo com os decretos de situação de emergência registrados.

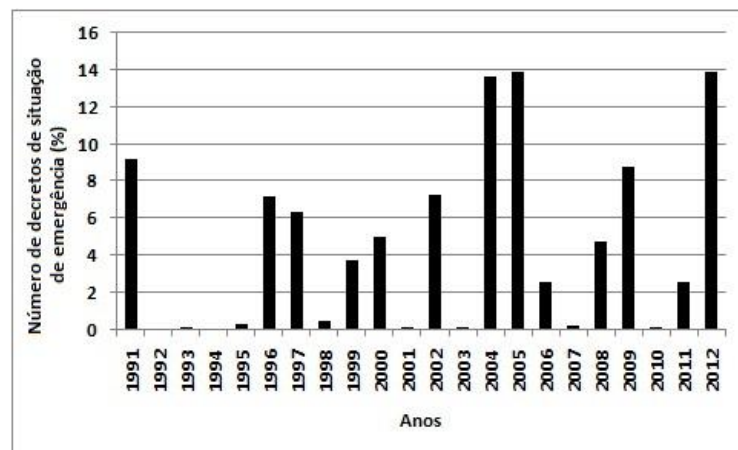


Figura 13 — Percentuais de decretos de situação de emergência em decorrência de estiagem por ano do período de 1991 a 2012 no Rio Grande do Sul.

Fonte dos dados: Defesa Civil - RS.

Considerando os critérios para decretação de situação de emergência, cerca de 92% dos decretos foram registrados por municípios que tem mais de 10% do PIB no setor da economia agropecuária (IBGE, 2010) e somente aqueles que tem mais de 30% registraram 68,6% dos 3005 decretos avaliados (Figura 14). Destaca-se que prejuízos a partir de 10% do PIB, são caracterizados como situação de emergência pela Secretaria Nacional de Defesa Civil. A agropecuária é um dos primeiros setores econômicos a verificarem danos na ocorrência de estiagem, desencadeando a seca socioeconômica NDMC (2011). Esta pode ser considerada a consequência mais grave em decorrência de déficit hídrico e que provavelmente perdura de uma safra de grãos a outra, promovendo acúmulos de danos, ou seja, a próxima safra pode servir para cobrir os prejuízos da anterior.

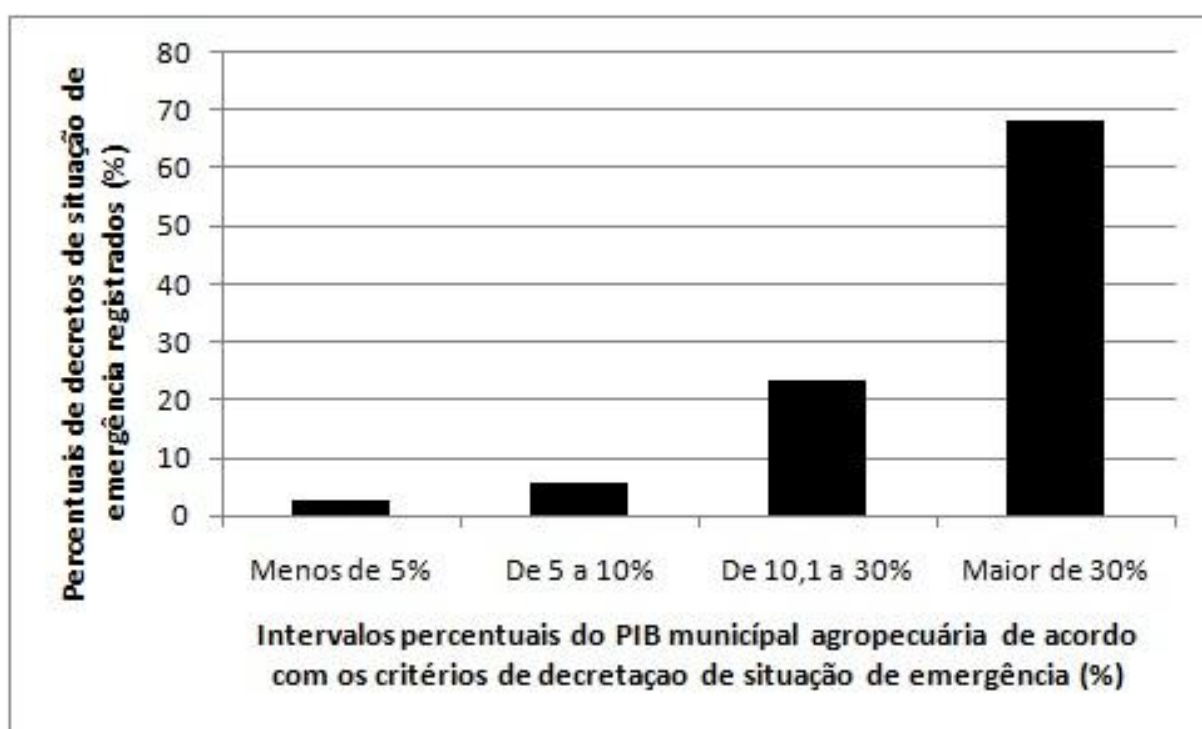


Figura 14 — Número de decretos de situação de emergência por municípios do Estado do Rio Grande do Sul de 1991 a 2012, considerando a contribuição do setor da economia agropecuária no PIB municipal, por intervalos percentuais do PIB de acordo com os critérios para decretação de situação de emergência.

Fonte dos dados: Defesa Civil - RS.

Com relação as atividades econômicas desenvolvidas no setor agropecuário, cabe ressaltar que dos 3005 decretos de situação de emergência registrados no período de análise, 90% foram efetuados por municípios que tem a soja e o milho como a principal cultura agrícola em área plantada (Figura 15). Destaca-se que estes municípios, somam uma

população rural de 1.194.965 habitantes de acordo com dados do IBGE no ano de 2010 e que provavelmente verificaram danos e prejuízos em suas atividades econômicas.

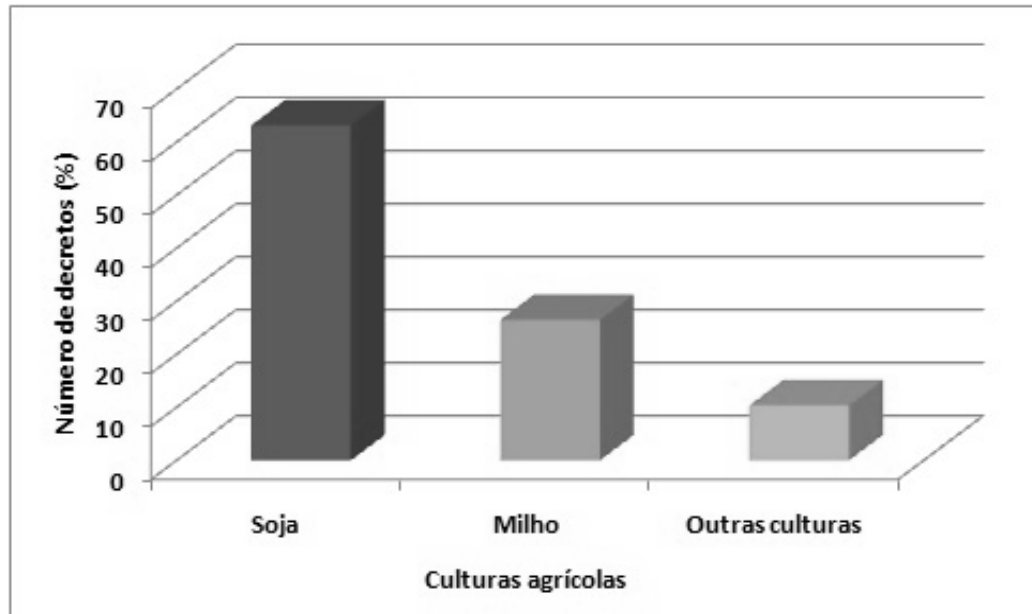


Figura 15 — Percentuais de decretos de situação de emergência registrados nos municípios do Estado Rio Grande do Sul de 1991 a 2012, considerando nos mesmos as principais culturas agrícolas em área plantada. Fonte dos dados: Defesa Civil - RS e IBGE.

6.2. Análise dos dados de precipitação

A primeira avaliação efetuada com relação aos dados precipitação pluviométrica, foi a análise de consistência dos mesmos. Na Figura 16 estão expostos os resultados da dupla massa para os dados das estações localizadas nos municípios de Sananduva, Ijuí, Dom Pedrito e Arroio Grande no Estado do Rio Grande do Sul, onde de acordo com Bertoni & Tucci (2002) não haveria consistência dos dados devido ao não alinhamento dos pontos segundo uma reta. No entanto, todos os coeficientes de correlação são altos segundo Cohen (1988) e significativos para $\alpha=0,001$, indicando a existência de uma correlação linear positiva entre os dados, pois aplicando-se o teste *t de Student* para o menor coeficiente de correlação observado (0,866) com $n = 264 - 2$ graus de liberdade e $t_{crítico,\infty} = 3,290$, obteve-se $t_{calc} = 28,1$ o que possibilitou a rejeição da hipótese H_0 e pela conclusão pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

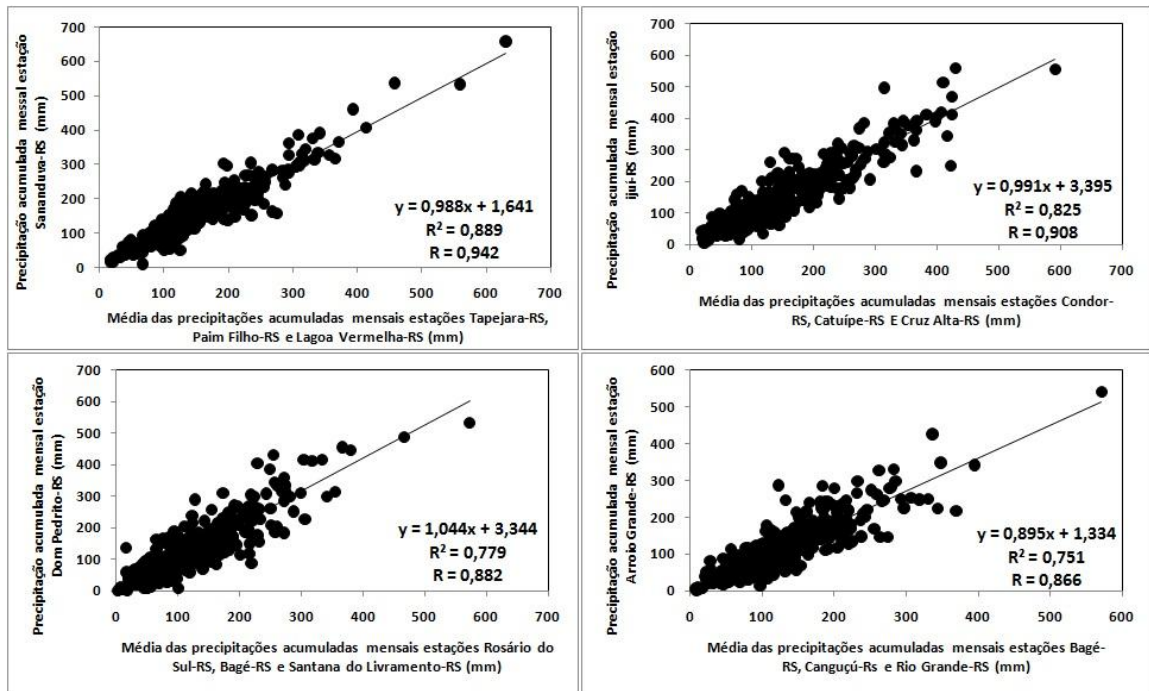


Figura 16 — Verificação da consistência dos dados das estações de Sananduva-RS, Ijuí-RS, Dom Pedrito-RS e Arroio Grande-RS pela técnica da Dupla Massa.

A menor distância entre as estações pluviométricas, das quais utilizou-se os dados para a verificação de sua consistência pela técnica da Dupla Massa é de 19 km (estações de Ijuí-RS e Catuípe-RS) e a maior de 140 km (estações de Arroio Grande-RS e Bagé-RS). Neste sentido, destaca-se que provavelmente a inconsistência observada na aplicação da técnica da Dupla Massa deve-se a regimes pluviométricos diferentes, ressaltando-se que Barnetche (2006) encontrou resultados similares na aplicação desta técnica, no correlacionamento dos dados de 3 postos pluviométricos instalados na Bacia hidrográfica do Rio Inferninho em Biguaçu-SC com dados de estações meteorológicas em localidades adjacentes a bacia, com distâncias de 12 até 36 km entre estações pluviométricas. Destaca-se de acordo com Garcez *et al.* (2012) que a técnica da Dupla Massa é apreciável principalmente quando as estações meteorológicas ou postos pluviométricos são bastante próximas umas das outras.

Desta maneira, para verificar o grau de proporcionalidade entre os dados, ou seja, a verificação da existência ou não de uma tendência linear entre os dados de determinada estação com as suas vizinhas realizou-se uma análise de correlação linear em função da distância entre estações meteorológicas. Para esta análise, como salientado na metodologia foram gerados coeficientes de correlação entre os dados de precipitação das estações meteorológicas, totalizando 1596 coeficientes e estes foram correlacionados com as distâncias (km) entre as mesmas para a verificação da existência ou não de coeficientes de correlação

altos de acordo com a classificação de Cohen (1988) entre os dados de estações meteorológicas mais próximas, o que indicaria maior ou menor proporcionalidade, e provavelmente a consciência dos mesmos.

Na Figura 17 fica demonstrado que as correlações entre os dados de estações meteorológicas mais próximas geraram maiores coeficientes de correlação, e desta maneira pode-se inferir em princípio pela similaridade entre os dados de estações vizinhas. Observou-se no diagrama uma maior coesão entre os pontos referentes as estações mais próximas em relação a reta da equação. Esta avaliação resultou em um coeficiente de correlação (R) de 0,868 classificado como grande de acordo com Cohen (1988). Aplicando-se o teste *t de Student* para $n = 1596 - 2$ graus de liberdade, $\alpha = 0,001$ e $t_{critico;\infty} = 3,290$ obteve-se $t_{calc} = 70$ o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 , concluindo-se pela existência de correlação linear negativa entre os dados. Em princípio, quanto menor a distância entre as estações meteorológicas maior é a correlação entre os dados de precipitação.

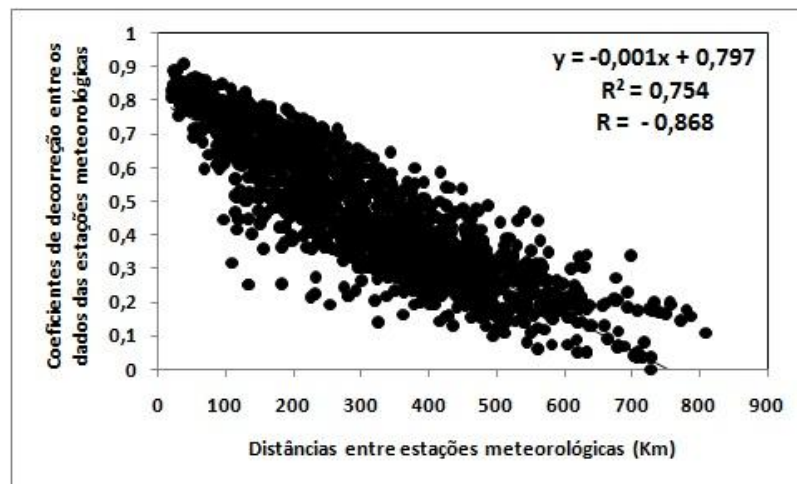


Figura 17 — Correlação entre coeficientes de correlação gerados a partir dos dados de precipitação das estações pluviométricas e as distâncias entre as mesmas.

Uma amostra (56 pares amostrais) também foi coletada nas *Tabelas A e B do Anexo 1* - CD para verificação de similaridade entre os dados de estações mais próximas. Nesta avaliação considerou-se as correlações entre os dados da estação meteorológica localizada no município de Alegrete-RS e os dados das demais estações, e as distâncias (km) entre as mesmas.

Os resultados estão expostos na Figura 18 onde fica demonstrado a alta correlação entre os dados de estações mais próximas e consequentemente menores correlações entre os

dados de estações distantes. Esta avaliação resultou em um coeficiente de correlação de 0,951 classificado como grande de acordo com Cohen (1988). Aplicando-se o teste *t de Student*, para $n = 56 - 2$ graus de liberdade, $\alpha = 0,001$ e $t_{crítico;54} = 3,496$ obteve-se $t_{calc} = 22,6$ o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 , concluindo-se pela existência de correlação linear negativa entre os dados. Quanto menor a distância entre as estações meteorológicas, maior é a correlação entre os dados de precipitação.:

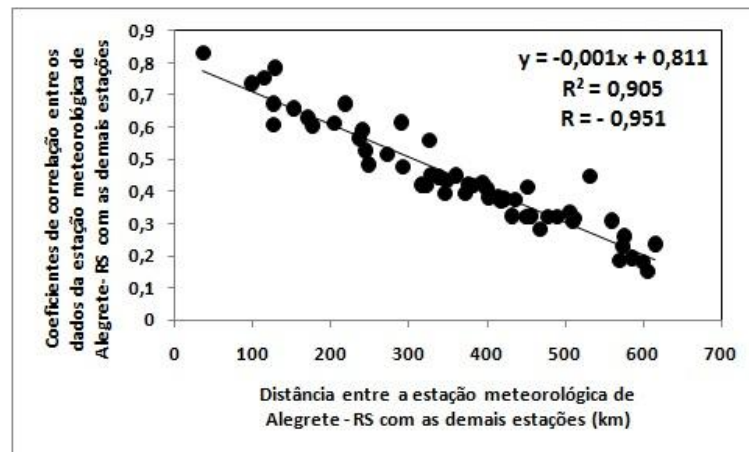


Figura 18 — Relação entre os coeficientes de correlação gerados a partir dos dados de precipitação da estação pluviométrica de Alegrete-RS com as demais estações e as respectivas distâncias entre as mesmas.

Como já salientado, a menor distância observada entre duas estações meteorológicas em todos os correlacionamentos foi de 19 km, entre as estações localizadas nos municípios de Catuípe-RS e Ijuí-RS, e também Sarandi-RS e Chapada-RS. Além destas também destacam-se as correlações que geraram os maiores coeficientes observados, entre os dados das estações de Lagoa Vermelha-RS e Sananduva-RS (distância entre estações de 40 km) e entre os dados das estações de Sananduva-RS e Tapejara-RS (distância entre estações de 25 km). Os dados de precipitação destas estações meteorológicas foram correlacionados. Os resultados destes correlacionamentos estão expostos na Figura 19 em diagramas de dispersão, onde fica evidenciado os altos coeficientes de correlação entre os dados de estações próximas, no entanto, com pode ser verificado na Figura 19, os coeficientes nem sempre obedecem o fator distância, mas os dados avaliados tendem a uma maior similaridade em função deste fator, o que esta de acordo com a teoria de Tobler (1970) " Todas as coisas estão relacionadas, mas as coisas mais próximas se relacionam melhor do que coisas distantes.". Aplicando-se o teste *t de Student* para o menor coeficiente de correlação observado 0,886 (Figura 19-D) e para $n = 264 - 2$ graus de liberdade, $\alpha = 0,001$ e $t_{crítico;\infty} = 3,290$ obteve-se $t_{calc} = 30,9$ o

possibilitou rejeitar a hipótese H_0 , concluindo-se pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

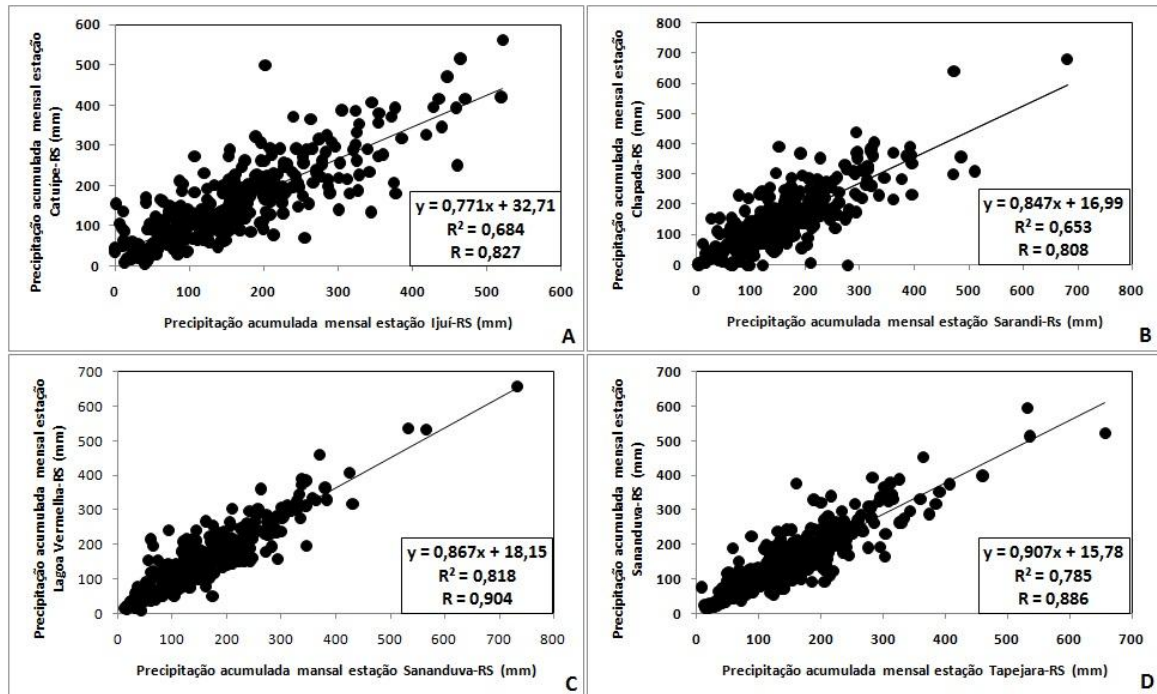


Figura 19 — Coeficientes de correlação gerados entre os dados de precipitação das estações com as menores distâncias verificadas (A e B), e os maiores coeficientes de correlação linear observados (C e D).

6.3. Avaliações referentes ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

As médias obtidas dos dados de precipitação das 57 séries históricas avaliadas, e utilizadas para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva, estão expostas na Tabela 7, onde observou-se que o maior valor médio de precipitação mensal foi de 175,4 mm e refere-se a estação meteorológica localizada no município de Timbé do Sul - SC. No Estado do Rio Grande do Sul, a maior média de precipitação mensal calculada é de 170,7 mm verificada na série histórica da estação meteorológica localizada no município de Erebangó na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense.

As menor média calculada foi de 88 mm e refere-se a série histórica de dados de precipitação pluviométrica coletados na estação meteorológica localizada no município de Barra do Quaraí - RS. A diferença entre a maior e a menor média calculada para o Estado do Rio Grande do Sul, é de 82,7 mm. Estes fatos evidenciam a grande variabilidade das

precipitações no Estado observadas no período de 1991 a 2012 com a metade Norte do Estado com altas médias de precipitação pluviométrica e Sul com as menores médias observadas.

Tabela 6 — Médias mensais dos dados de precipitação para séries históricas avaliadas, utilizadas para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

Municípios de Localização das Estações	Precipitação média da série histórica (mm)	Localização das Estações	Precipitação média da série histórica (mm)
Alegrete	126,50	Mondaí	174,60
Anita Garibaldi	154,20	Montenegro	124,40
Arroio Grande	116,40	Mostardas	100,50
Bagé	117,40	Osório	129,20
Barra Do Quarai	88,60	Paim Filho	153,00
Bom Jardim da Serra	129,40	Palmeiras das Missões	150,70
Camaquã	120,70	Palmitos	159,30
Candelária	150,70	Praia Grande	156,90
Canguçu	152,00	Rio Grande	116,40
Carazinho	168,10	Rosário do Sul	131,80
Casca	163,20	Sananduva	156,60
Catuípe	161,10	Santa Vitória do Palmar	99,00
Caxias Do Sul	142,50	Santana do Livramento	120,60
Chapada	159,30	Santiago	153,20
Condor	165,10	Santo Antônio das Missões	155,00
Cruz Alta	138,60	São Borja	159,90
Dom Pedrito	132,10	São Francisco de Paula	138,00
Encrizilhada do Sul	134,30	São José do Cerrito	141,70
Erebango	170,70	São Sepé	131,50
Ijuí	157,00	Sarandi	152,00
Ipumirim	164,20	Sombrio	132,90
Iraí	123,40	Tapejara	157,80
Itatiba Do Sul	152,20	Timbé do Sul	175,40
Joaçaba	150,20	Três Passos	143,20
Lages	144,20	Tucunduva	154,70
Lagoa Vermelha	159,50	Tupaciretã	157,50
Liberato Salzano	166,20	Ubirici	134,50
Manoel Viana	132,20	Uruguaiana	125,40
Meleiro	138,50	-----	-----

Fonte dos dados de precipitação: Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As médias calculadas e apresentadas na Tabela 7 foram especializadas e interpoladas pelo método de *krigagem* sobre o território do Estado do Rio Grande do Sul. Na Figura 20 é apresentado o variograma e a seguir a tabela com os dados referente a análise estatística para os dados utilizados na krigagem.

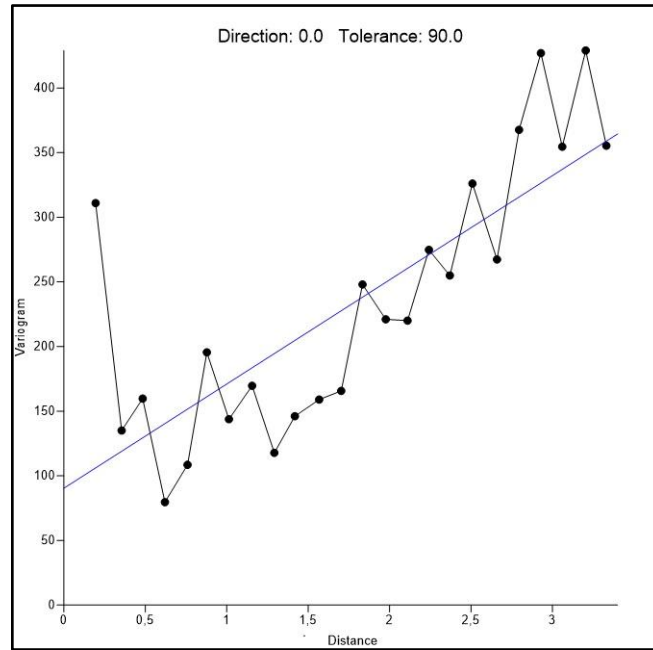


Figura 20 — Variograma referente as médias das séries históricas de dados de precipitação.

Variograma

Distância Máxima Lag: 3.4

Efeito pepita: (Erro variância = 90.4) (Micro variância= 0)

Divisões angulares: 180

Divisões radiais: 100

Estatística uni-variada

	X	Y	Z
Mínimo:	-57.64219	-33.74725	88.6
Mediana:	-52.794788	-28.645684	150.2
Máximo:	-49.592862	-27.071329	175.4
Centro do inter. de variação:	-53.617526	-30.4092895	132
Alcance:	8.049328	6.675921	86.8
Faixa Interquartís:	2.413846	1.889032	26
Desvio mediano:	1.265875	0.955824	13
Média:	-52.783281982456	-29.010094754386	143.23157894737
Desvio padrão	1.912800405687	1.4936556843768	19.385295954618
Varição:	3.6588053919964	2.2310073034712	375.78969924812
Coefficiente de variação:		0.13534233230607	
Coefficiente de assimetria:		-0.62445721036393	

Da avaliação das médias das séries históricas de dados de precipitação resultou o mapa da Figura 21, onde ficam demonstradas as diferenças de precipitação observadas nas metades Sul e Norte do Estado. No Norte ocorreram as maiores médias, cerca de 150 mm pelo menos para a maioria das estações meteorológicas, e na metade Sul as precipitações possibilitaram o cálculo de médias inferiores. Neste sentido, destaca-se que determinado volume pluviométrico tido com normal na metade Sul do Estado pode ser considerada anormal na

metade Norte, o que provavelmente indica ambientes adaptadamente diferenciados, principalmente com relação aos seus aspectos naturais e para com estes, os aspectos antrópicos.

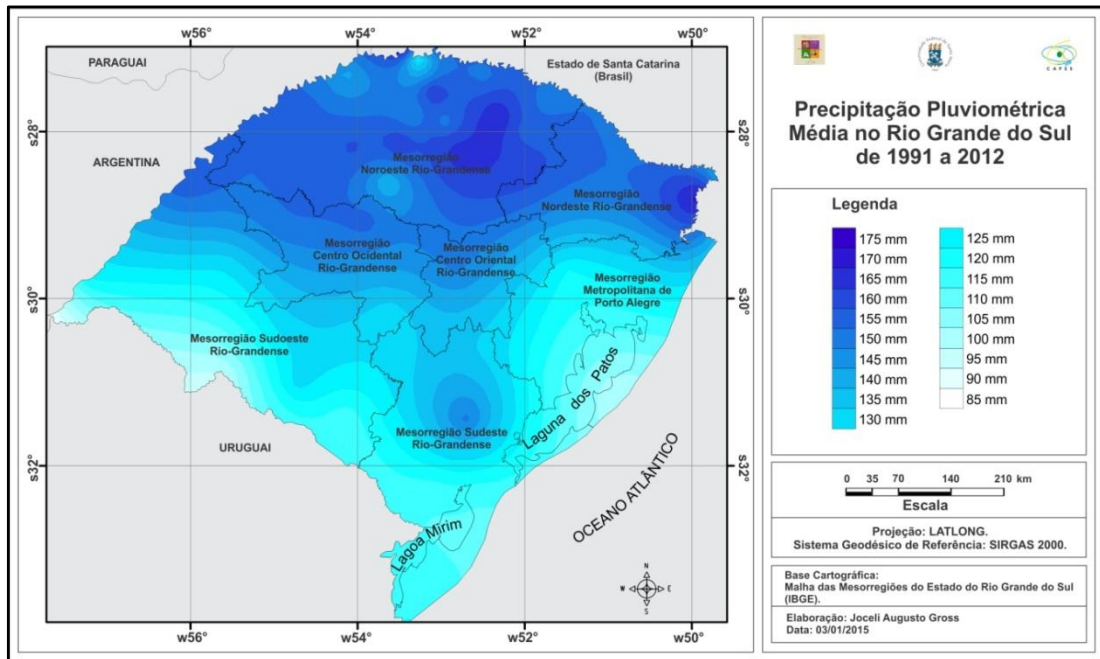


Figura 21 — Precipitação pluvial média no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012. Fonte dos dados de precipitação: Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Com a utilização das médias das séries históricas de precipitação, efetuou-se o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e sobre este uma das avaliações realizadas consistiu na obtenção de valores do IAC representativos das anomalias de precipitação para todo o Estado para cada mês do ano em todo período de análise de todas as séries históricas de dados de precipitação. Desta maneira calculou-se as médias dos Índices de Anomalia de Chuva de todas as séries históricas, o que possibilitou a observação das ocorrências de anomalias negativas de precipitação no decorrer do período de análise e um maior número de meses secos na última década.

Neste sentido, o período de 1991 a 2012 foi dividido em dois para melhor apresentação dos resultados. Na Figura 22 esta exposto os dados referentes ao período de 1991 a 2001 onde verificou-se uma maior alternância entre períodos secos e úmidos, e as menores diferenças entre os números de meses com ocorrência de anomalias negativas e positivas de precipitação. Este fato justifica os resultados observados na figura 29 da página

67, onde verificou-se menores números de meses com estiagem por município neste período. De 1991 a 2001 analisou-se 132 meses, e destes 86 apresentaram anomalias negativas de precipitação e 46 anomalias positivas com uma diferença de 40 meses.

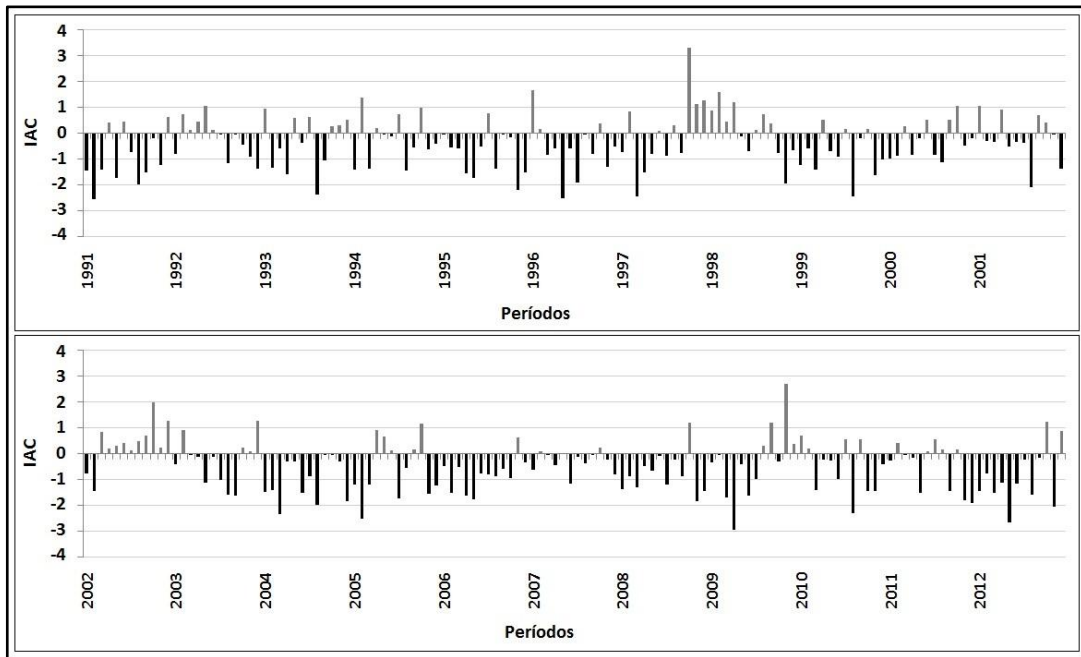


Figura 22 — Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal médio do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012. Cada coluna refere-se a um mês do ano.

Fonte dos dados para o cálculo do IAC: Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Destaca-se de acordo com o *Nacional Weather Services - Climate Prediction Center* (<http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/>) dois eventos do fenômeno El Niño Oscilação Sul em sua fase fria o La Niña de 1995 a 1996 e de 1998 a 2001 com intensidades variando de fraco a forte, que provavelmente influenciaram nos índices negativos de precipitação observados nos anos de 1996 a 1997 e do final do ano de 1998 até o início do ano de 2000, porém estes ainda com intercalações de meses úmidos.

No período de 2002 a 2012 observou-se menor alternância entre meses úmidos e secos predominando os últimos, com ocorrência de períodos maiores de precipitações abaixo da média, em meses consecutivos (Figura 21). Neste período obteve-se 93 meses secos e 39 úmidos de um total de 132 meses, com uma diferença observada de 54. Considerando apenas a última década, de 2003 a 2012 observou-se 29 meses úmidos e 91 secos o que indica uma diminuição das precipitação neste período, onde verificou-se pelo menos dois grandes eventos de La Niña conforme o *Nacional Weather Services - Climate Prediction Center*, de

2007 à 2009 e de 2010 a 2012 com intensidades variando de fraco a forte, que provavelmente estão associados aos períodos de anomalias negativas de precipitação de acordo com o IAC observados a partir do final do ano de 2007 até o mês de julho de 2009 e novembro de 2011 à outubro de 2012. Destaca-se que nos anos de 2004 e 2005 foi observada ocorrência da fase quente do El Niño Oscilação Sul, o El Niño que ocasionaria maiores pluviosidades. Neste sentido, as intensas estiagens verificadas naqueles dois anos, provavelmente tiveram influências de outras massas de ar que incidiram sobre o Estado do Rio Grande do Sul.

A partir da observação de um maior número de meses secos na última década do período de análise, e para a verificação de uma tendência negativa com relação aos volumes precipitados neste período, foi calculado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual. Nesta avaliação fica demonstrado a ocorrência de um ponto de inflexão do ano de 2002, mudando significativamente a climatologia da precipitação pluvial do Estado do Rio Grande do Sul na última década do período de análise, com a predominância das anomalias negativas de precipitação de acordo com o IAC. A partir do ano de 2003 foram observados 7 anos secos e 3 úmidos, e nos 12 anos anteriores de 1991 a 2002, 8 anos úmidos e 4 secos (Figura 23).

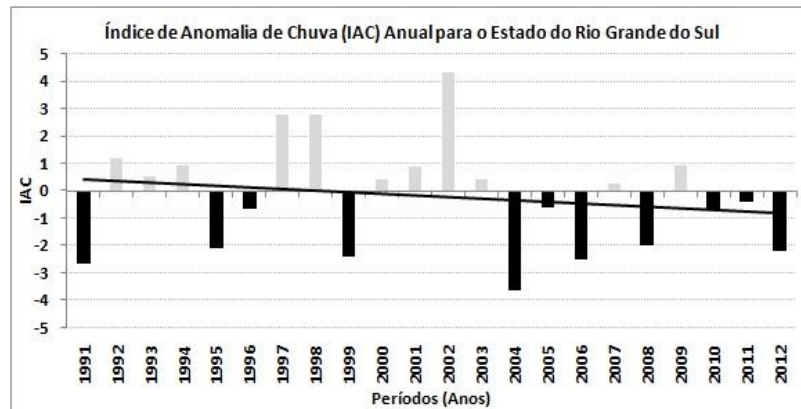


Figura 23 — Índice de Anomalia de Chuva anual do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1991 a 2012.

6.4. Espacialização do Índice de Anomalia de Chuva no Estado do Rio Grande do Sul

Como já salientado na metodologia, para os valores de anomalia de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foram utilizadas as classificações de intensidades dos eventos de estiagem determinadas por Rooy (1965). Além disso gerou-se uma escala de cores para representar as classificações na espacialização dos dados sobre o território do Estado do Rio Grande do Sul, conforme Figura 24.

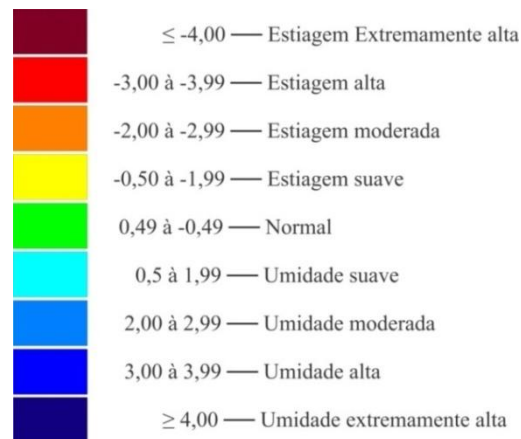


Figura 24 — Escala de cores utilizada na espacialização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) conforme a classificação estabelecida por Rooy (1965).

Os valores mínimo e máximo do IAC observados foram de -3,6 e 7,2 ocorridos nos meses de Maio e Julho de 1995 e classificados como seca alta e umidade extremamente alta, respectivamente. Neste sentido, destaca-se que na grande maioria dos casos, as ocorrências de estiagem tiveram intensidades variando de suave à moderada. Com relação aos eventos de anomalias negativas de precipitação de alta intensidade destaca-se os meses de maio de 1996, onde verificou-se que todo o território da Mesorregião Sudeste Rio-Grandense e parte das mesorregiões Sudoeste Rio-Grandense, Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental Rio-Grandense e Centro Oriental Rio-Grandense foram afetadas, e o mês de abril de 2009 quando principalmente, partes das mesorregiões Sudeste Rio-Grandense, Metropolitana de Porto Alegre e Noroeste Rio-Grandense foram atingidas por estiagem de alta intensidade.

Em 8 dos 264 meses avaliados, todo o Estado do Rio Grande do Sul foi afetado por anomalias negativas de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), sendo eles, fevereiro de 1991, julho de 2005, abril de 2009 e destacando-se duas ocorrências no ano de 2012 nos meses de maio e novembro, além de três ocorrências em meses de agosto nos anos de 1999, 2004 e 2010. Em outros meses também foram verificadas grandes áreas afetadas por anomalias negativas de precipitação com apenas pequenos pontos do Estado onde as precipitações mostraram-se um pouco superiores acarretando em classificações do IAC indicativas de umidade ou de normalidade das precipitações.

Nas Figuras 25 e 26 estão expostos uma série de cartogramas com a distribuição das anomalias de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva calculado para o Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012 e posteriormente a avaliação quantitativa das áreas de ocorrências de anomalias negativas de precipitação.

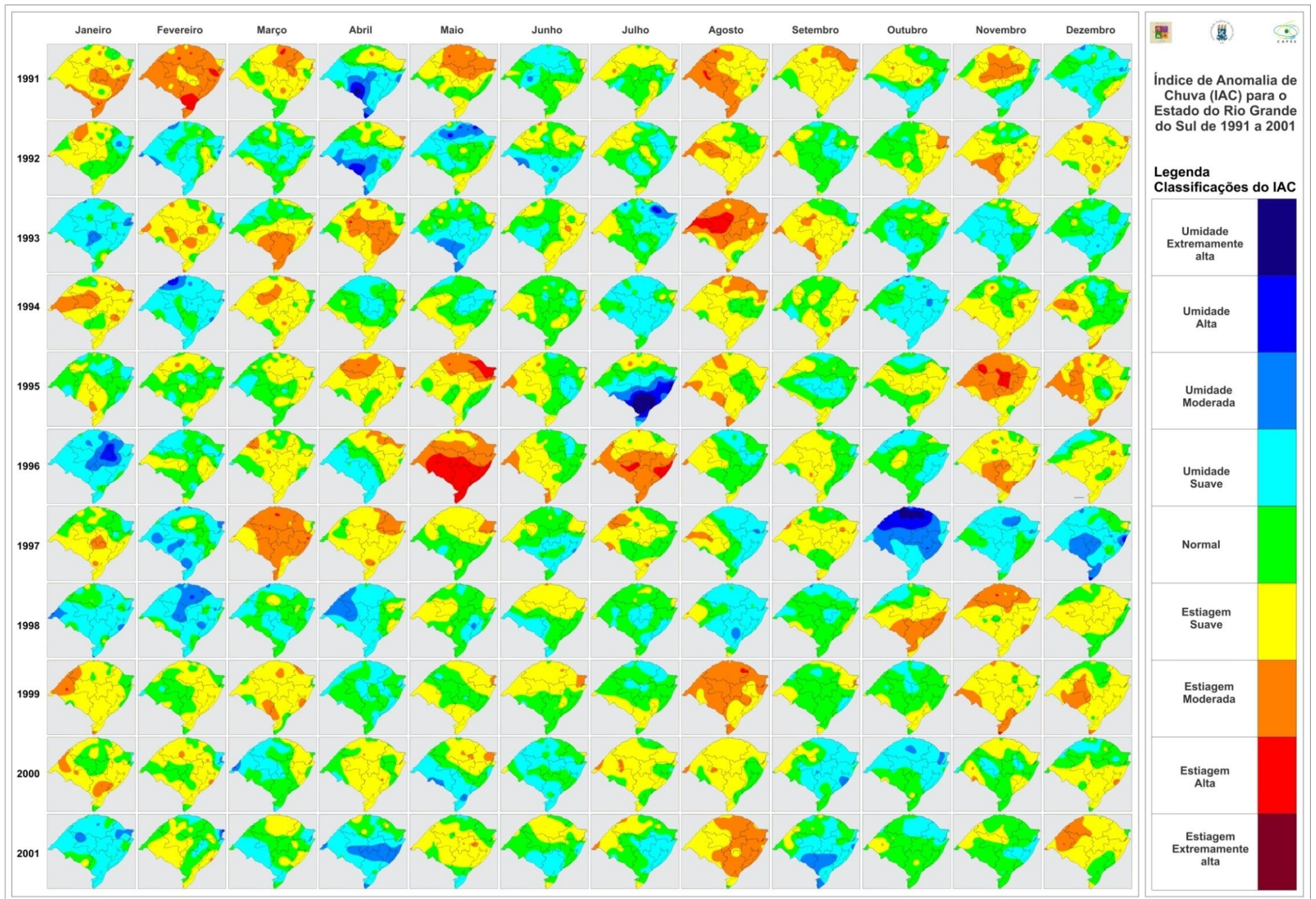


Figura 25 — Índice de Anomalia de Chuva do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2001.

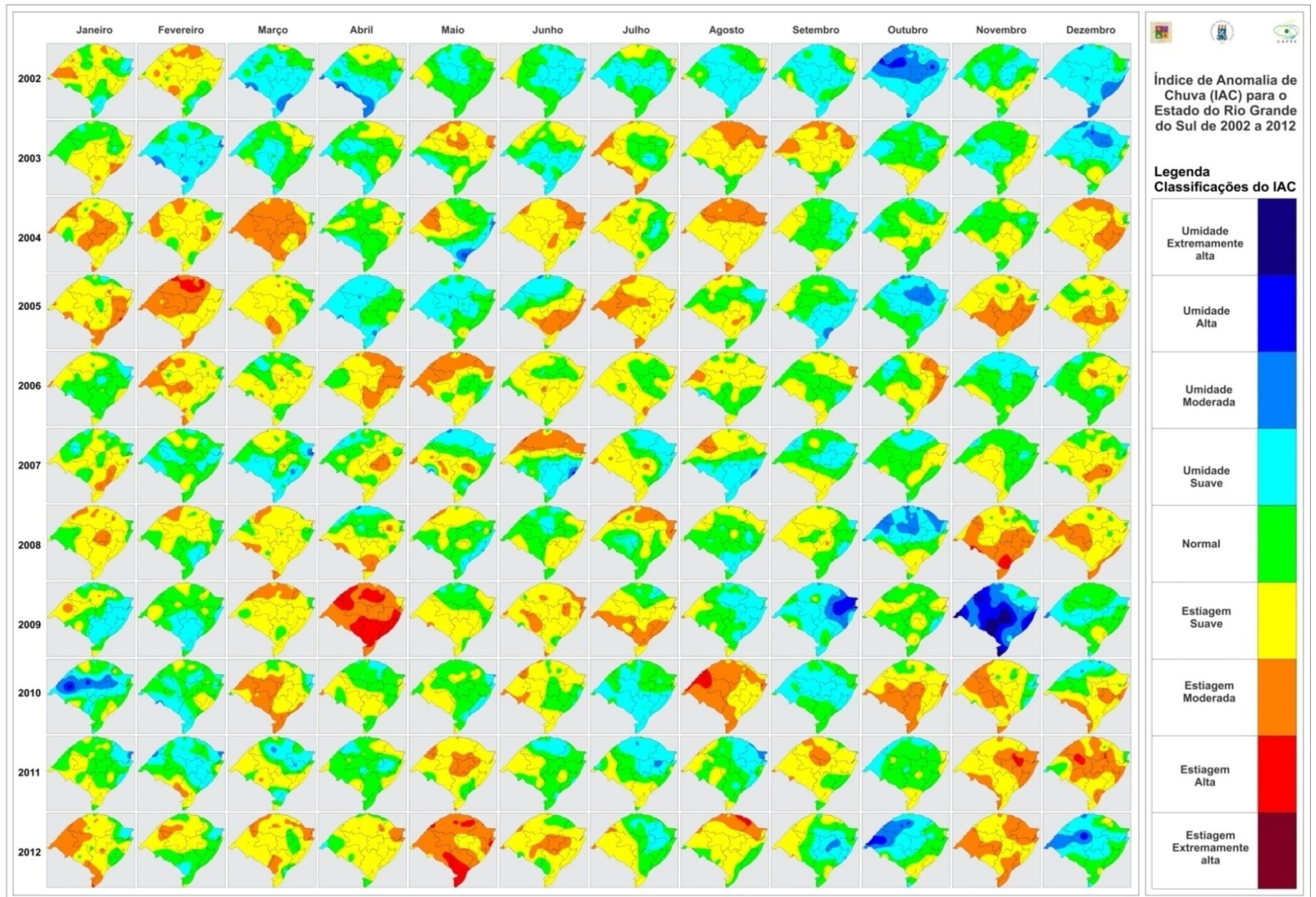


Figura 26 — Índice de Anomalia de Chuva do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2002 a 2012.

Como salientado na metodologia do presente trabalho buscou-se verificar no Estado do Rio Grande do Sul como um todo, as extensões de áreas afetadas pelas estiagens, independentemente das suas intensidades de acordo com os dados gerados a partir do cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Neste sentido, considerando todo o território do Estado do Rio Grande do Sul, como já salientado anteriormente, em 8 dos 264 meses avaliados, 100% de sua área foi afetada por anomalias negativas de precipitação, destacando-se o ano de 2012 com duas ocorrências e os meses de agosto com 3 ocorrências observadas (Figura 27).

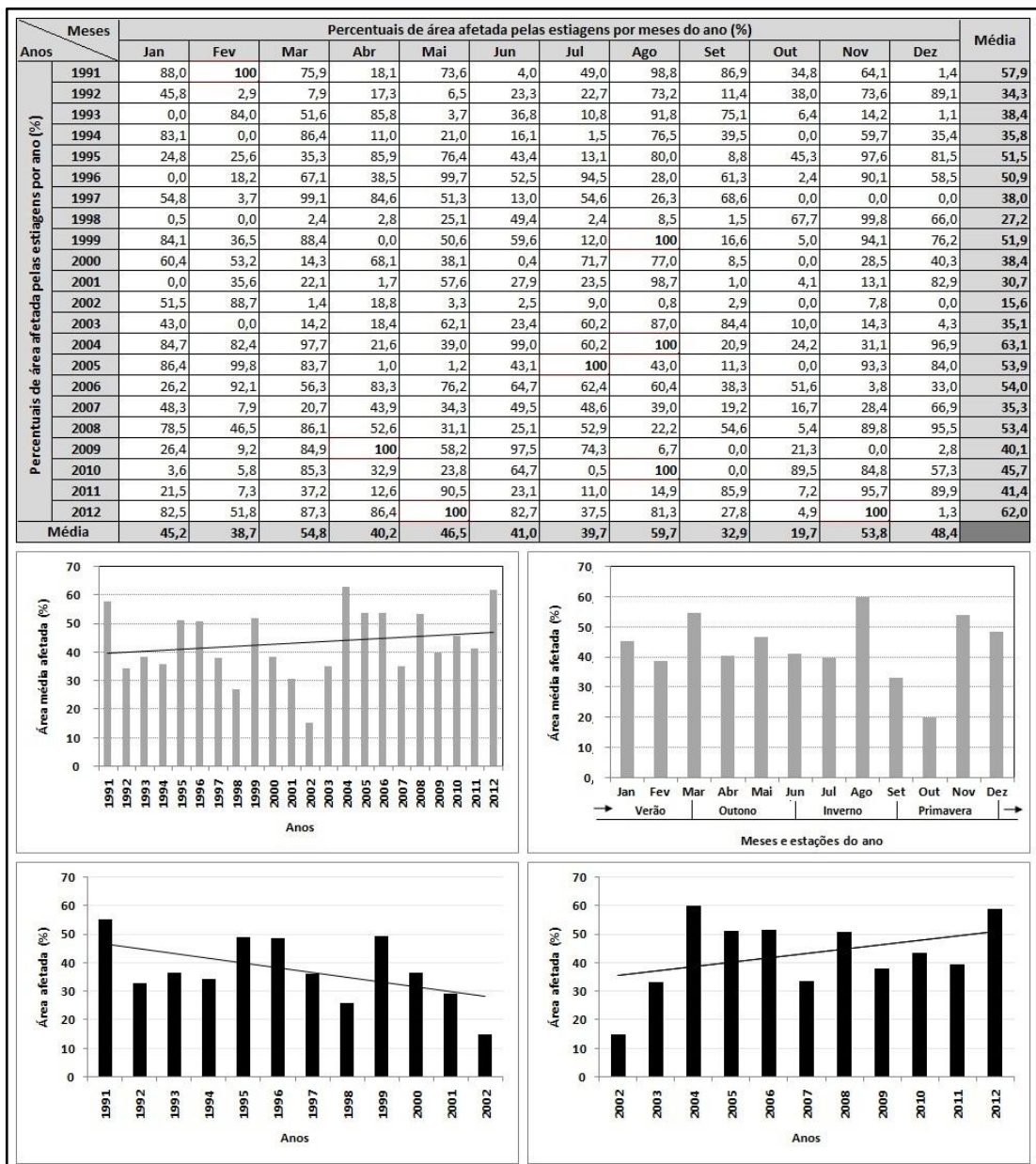


Figura 27 — Percentuais de área afetada pelas estiagens no Estado do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012 de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva.

Em termos de valores médios de área afetada por ano, destacam-se os de 2004 e 2012 com mais de 60% do território do Estado sob estiagem. Os meses ano com as maiores médias de área afetada foram os de março, agosto e novembro, com mais de 50% do território do Estado sob estiagem destacando-se aqueles de agosto com 59,7% e os meses de outubro com as menores áreas, cerca de 20%. Das estações do ano, no verão, outono e inverno observou-se similaridade entre as médias de áreas afetadas, ultrapassando na maioria dos casos os 40%, somente na estação da primavera os percentuais de área afetada foram significativamente menores, quando comparadas com as demais, chegando a menos de 20% no mês de outubro.

Das menores médias anuais de áreas afetadas por anomalias negativas de precipitação, destaca-se o ano de 2002, com cerca de 15% (Figura 27). Este ano pode ser visto como um ponto inflexão para maiores percentuais de extensões de áreas afetadas na última década do período de análise. Neste sentido, ressalta-se a ocorrência de uma tendência de aumento das áreas de ocorrência de anomalias negativas de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul principalmente após o ano de 2002. Este fato já foi observado, na análise do Índice de Anomalia de Chuva anual e médio mensal, onde verificou-se uma significativa mudança nos regimes pluviométricos no Estado do Rio Grande do Sul a partir do ano de 2003.

Neste sentido, destaca-se que em média as maiores áreas afetadas por anomalias negativas de precipitação foram observadas após o ano 2002, principalmente nos anos de 2004 e 2012 fazendo com que a linha de tendência mantenha-se positiva. A média geral de área afetada para o período de 1991 a 2001 foi 39,5% e para o período de 2002 a 2012 obteve-se um percentual médio de 43,3% o que indica um pequeno aumento e não constante, já que ocorreram anos na segunda metade do período de análise em que a média de área afetada chegou a um máximo de 35,3%. Desta maneira, considerando o ano de 2002, como um ponto de inflexão, obteve-se um tendência de diminuição das áreas afetadas no período de 1991 a 2002 e um tendência de aumento das mesmas de 2002 a 2012 com oscilações dos percentuais em ambos os períodos, como pode ser verificado na Figura 27.

6.5. Caracterização dos municípios no Estado, segundo a frequência, períodos de duração e intensidades das estiagens de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

O cruzamento das espacializações do Índice de Anomalia de Chuva sobre o Estado do Rio Grande do Sul com a malha municipal do mesmo, possibilitou a verificação dos municípios e áreas do Estado com maior frequência de eventos de Estiagem. Neste sentido,

destaca-se o setor Oeste do Rio Grande Sul, onde determinados municípios, como Alegrete, Itaqui, Quaraí, Santana do Livramento e Uruguai, foram afetados pelas estiagens em mais de 60% dos 264 meses avaliados, com um máximo de 172 meses com anomalias negativas de precipitação no município de Alegrete (Figura 28). De maneira geral, os municípios da Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense e Centro Ocidental Rio-Grandense foram os mais afetados, tais como o já citado município de Alegrete, e os de Uruguai, Itaqui, Quaraí e Santana do Livramento. Os municípios com o menor número de meses com ocorrência de estiagem, localizam-se em partes das mesorregiões Centro Oriental Rio-Grandense, Nordeste Rio-Grandense, Metropolitana de Porto Alegre e Noroeste Rio-Grandense.

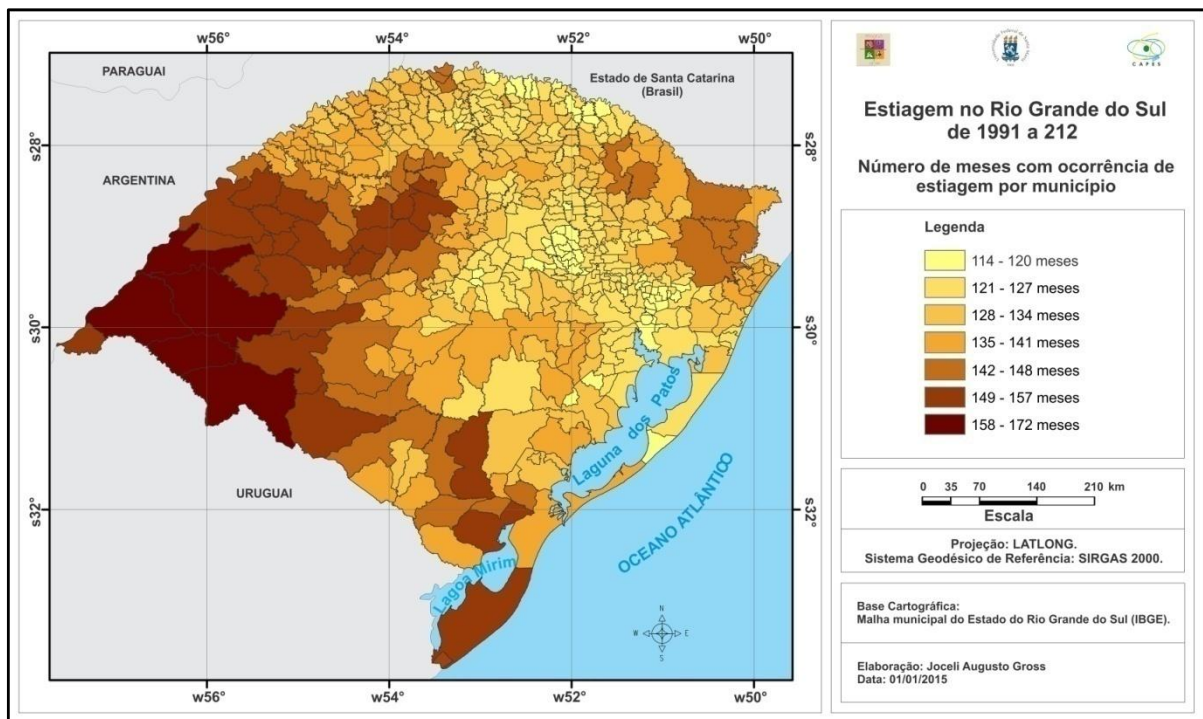


Figura 28 — Número de meses com ocorrência de estiagem por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

Na análise das extensões de áreas afetadas por estiagem, e do Índice de Anomalia de Chuva anual no Rio Grande do Sul salientou-se sobre uma tendência de aumento de áreas com ocorrência de anomalias negativas de precipitação após o ano de 2002 e uma modificação significativa na climatologia da precipitação pluvial, com 7 anos secos para apenas 3 úmidos de acordo com o IAC anual calculado. Neste sentido, para verificar a ocorrência ou não de um maior número de meses com estiagem por município principalmente na última década do período de análise em comparação com o maior número de meses secos observados na Figura 22 da página 59 na última década, dividiu-se o período de análise em

dois, sendo o primeiro a partir de 1991 até 2001 e o segundo de 2002 a 2012 para avaliar nos mesmos a frequência de meses com estiagem por município.

Com esta avaliação fica demonstrado que o número de meses em que os municípios do Estado foram afetados por anomalias negativas de precipitação foi maior no período de 2002 a 2012 pelo menos para a maioria dos casos (Figura 29). No entanto, mesmo com a diferença observada, o setor Oeste do Estado do Rio Grande do Sul mantém-se como aquele com o maior número de ocorrências de anomalias negativas de precipitação, tanto de 1991 a 2001 como de 2002 a 2012. Destaca-se, que este maior número de meses com ocorrência de estiagem após o ano de 2002 justifica os 2098 decretos de situação de emergência registrados, principalmente nos anos de 2004, 2005, 2009 e 2012, por municípios do Estado em decorrência dos danos e prejuízos verificados, de acordo com dados da Defesa Civil - RS.

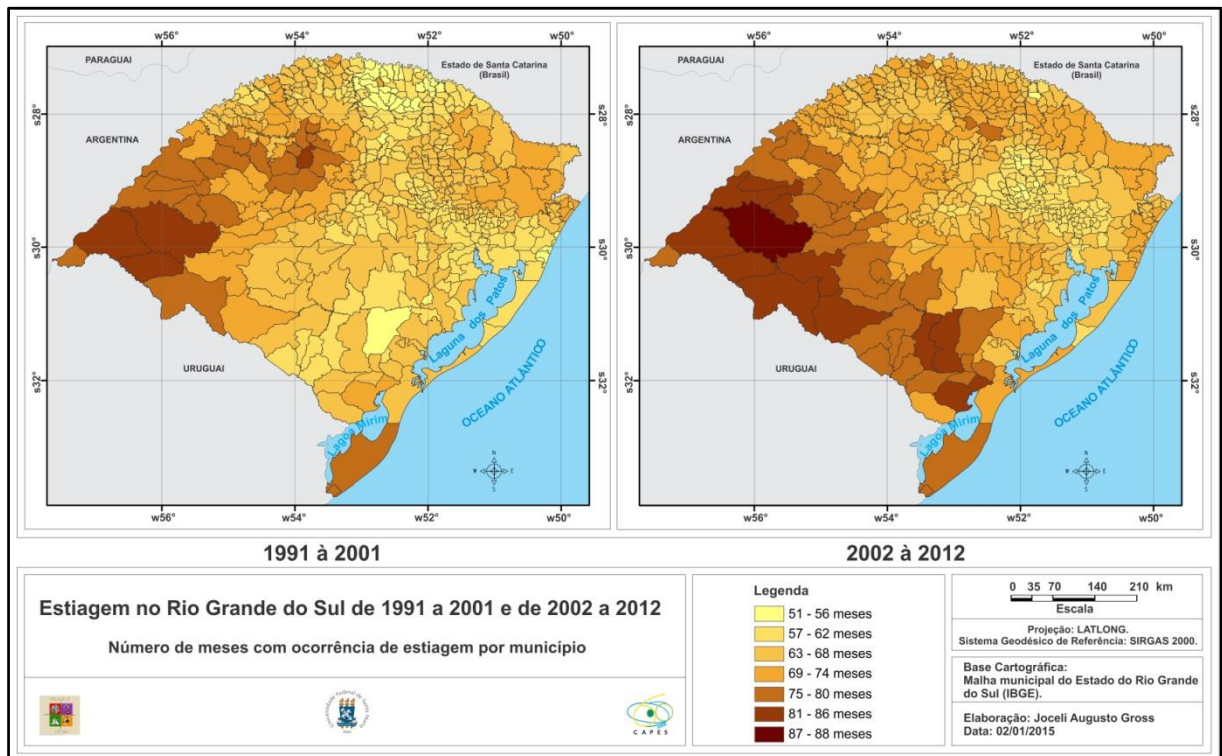


Figura 29 — Número de meses com ocorrência de estiagem por município de 1991 a 2001 e de 2002 a 2012 no Estado do Rio Grande do Sul.

Também foi realizada uma avaliação com relação ao número de meses com ocorrência de estiagem por município por estação do ano, onde ficou demonstrado as diferenças sazonais nos números de meses com ocorrência de anomalias negativas de precipitação nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 30). Na estação do verão praticamente todo o Estado foi grandemente afetado, somente nos municípios da Mesorregião Nordeste Rio-Grandense, a

frequência de meses com estiagens é visivelmente menor, o que se modifica na estação do outono, quando os municípios desta mesma mesorregião foram grandemente afetados pelas estiagens. Destaca-se os municípios do setor Oeste, onde a frequência de meses com estiagem já tinha sido alta no verão, aumentou na estação do outono e novamente no inverno aparecem como aqueles com o maior número de meses com ocorrência de estiagens. Na primavera, os municípios mais afetados foram os localizados no setor Sul, destacando-se ainda nesta estação do ano, a Mesorregião Noroeste com as menores ocorrências de estiagem.

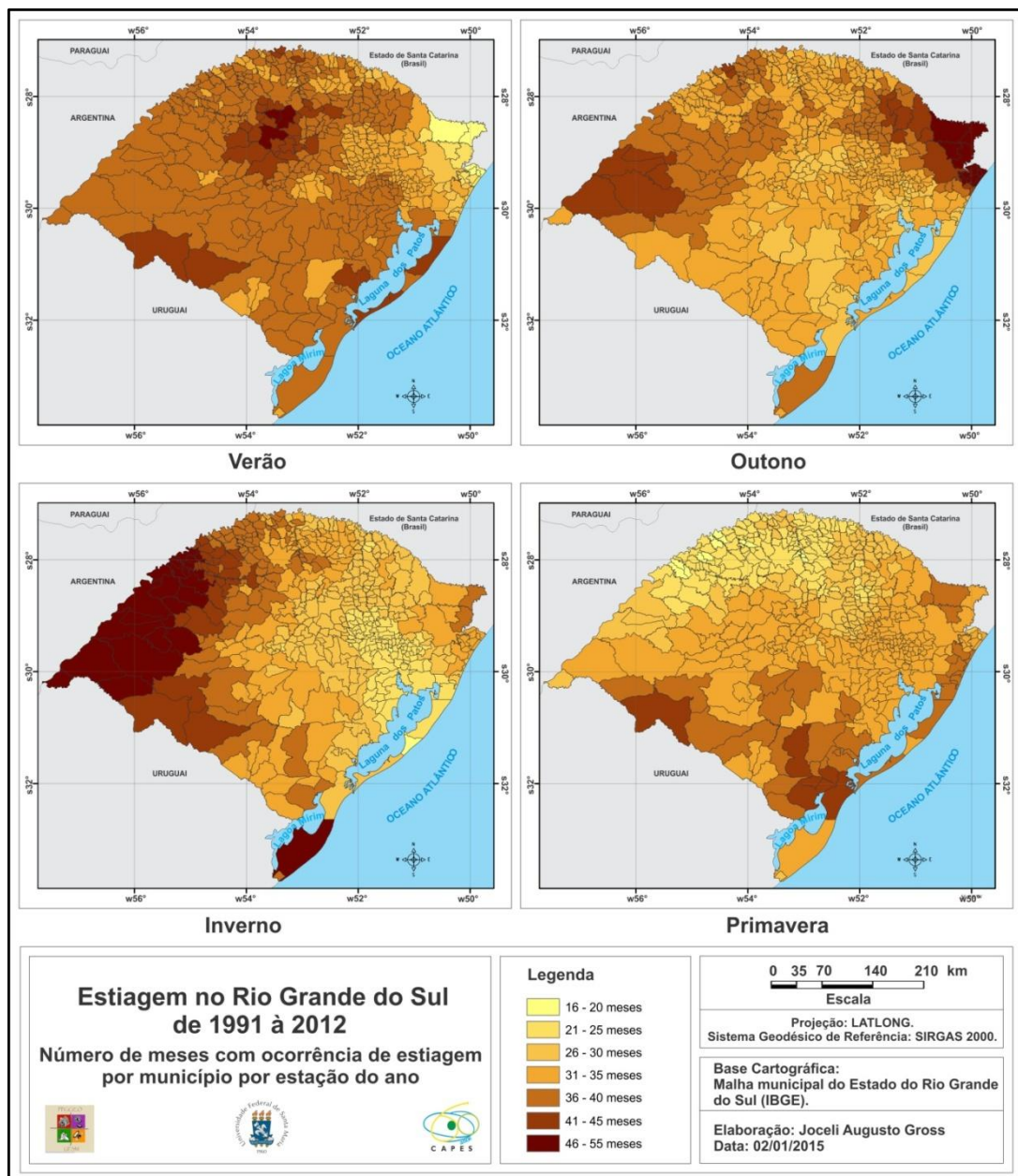


Figura 30 — Número de meses com ocorrência de estiagem por município por estação do ano no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

6.6. Número de meses com estiagem por município por intensidade do fenômeno climático

Nas avaliações sobre as intensidades das estiagens por município e a frequência de ocorrência das mesmas, foram verificadas seis das classificações determinadas na metodologia no decorrer do período de análise, sendo elas a estiagem suave, normal à estiagem suave, moderada, suave à moderada, alta e moderada à alta. Para as condições de precipitação classificadas como estiagem suave, destaca-se os municípios de Mata e Nova Esperança do Sul com 100 ocorrências observadas. De maneira geral, os municípios localizados nas mesorregiões Centro Oriental e Centro Ocidental Rio-Grandense foram grandemente afetados por estiagem suave (Figura 31).

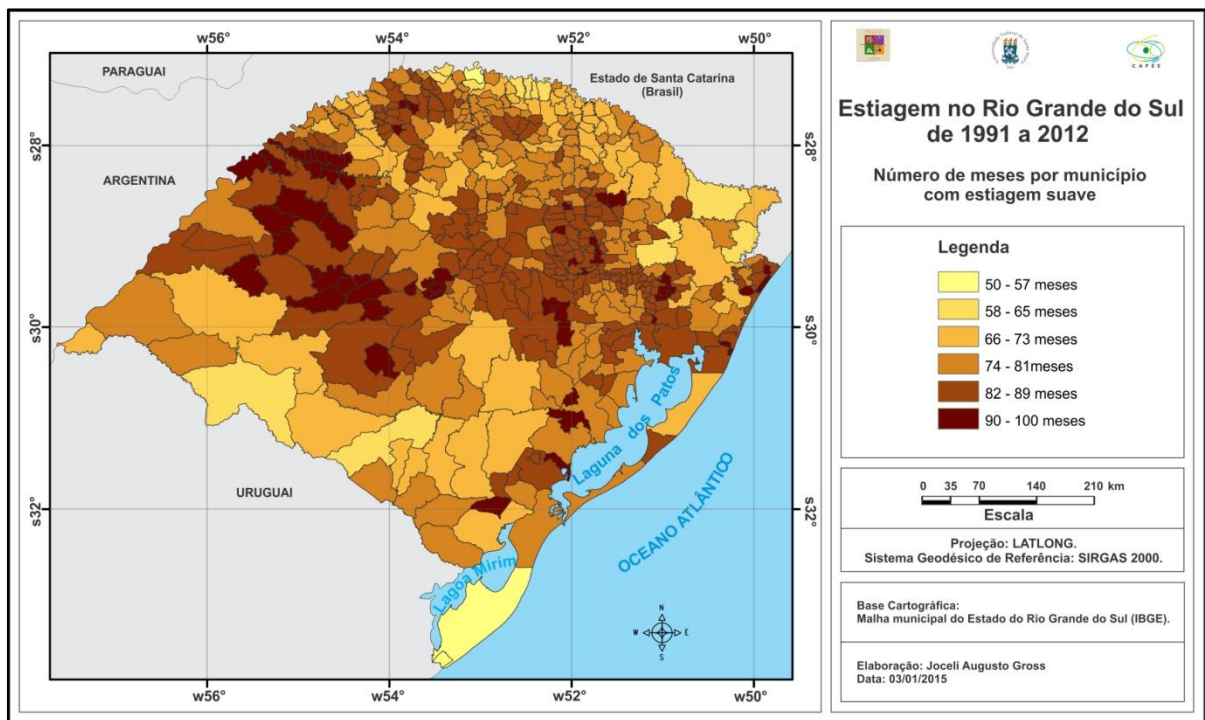


Figura 31 — Número de meses com ocorrência de estiagem suave por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

A classificação de condições de precipitação consideradas normais à estiagem suave, afetaram principalmente os municípios da Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense (Figura 32). O número máximo e mínimo de meses com ocorrência nos municípios foram de 62 e 3 meses, respectivamente, destacando-se os municípios de Santa Vitória do Palmar com 62 e Alegrete com 56 ocorrências. Nas demais regiões do Estado os municípios de Caiçara e Vicente Dutra

localizados no Noroeste Rio-Grandense, tiveram 54 e 52 meses com ocorrências de condições de precipitação classificadas como normal a estiagem suave, respectivamente. Destaca-se ainda os municípios de Bom Jesus e São Francisco de Paula no setor Nordeste do Estado com até 47 ocorrências.

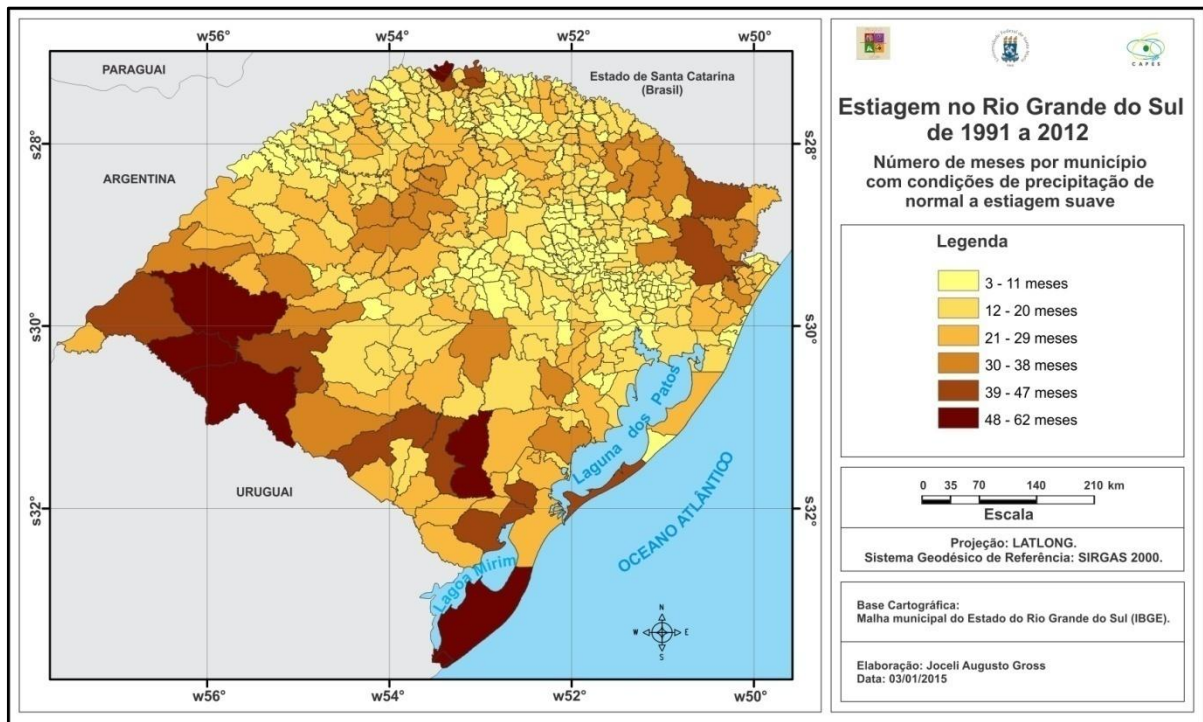


Figura 32 — Número de meses com ocorrência de condições de precipitação normal a estiagem suave por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

Os eventos de estiagem com intensidade moderada ocorreram principalmente em municípios localizados na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense destacando-se os de Porto Mauá, Novo Machado e Porto Vera Cruz, com 43, 42 e 40 meses com ocorrências de estiagem de intensidade moderada (Figura 33). Os números máximo e mínimo de meses com estiagem moderada nos municípios foram de 10 e 43, respectivamente. As menores frequências de ocorrências foram verificadas nos municípios localizados no setor Sul do Estado, chegando ao um máximo de 19 para a maioria dos municípios. Na Mesorregião Sudoeste destaca-se o município de Barra do Quaraí com até 43 ocorrências.

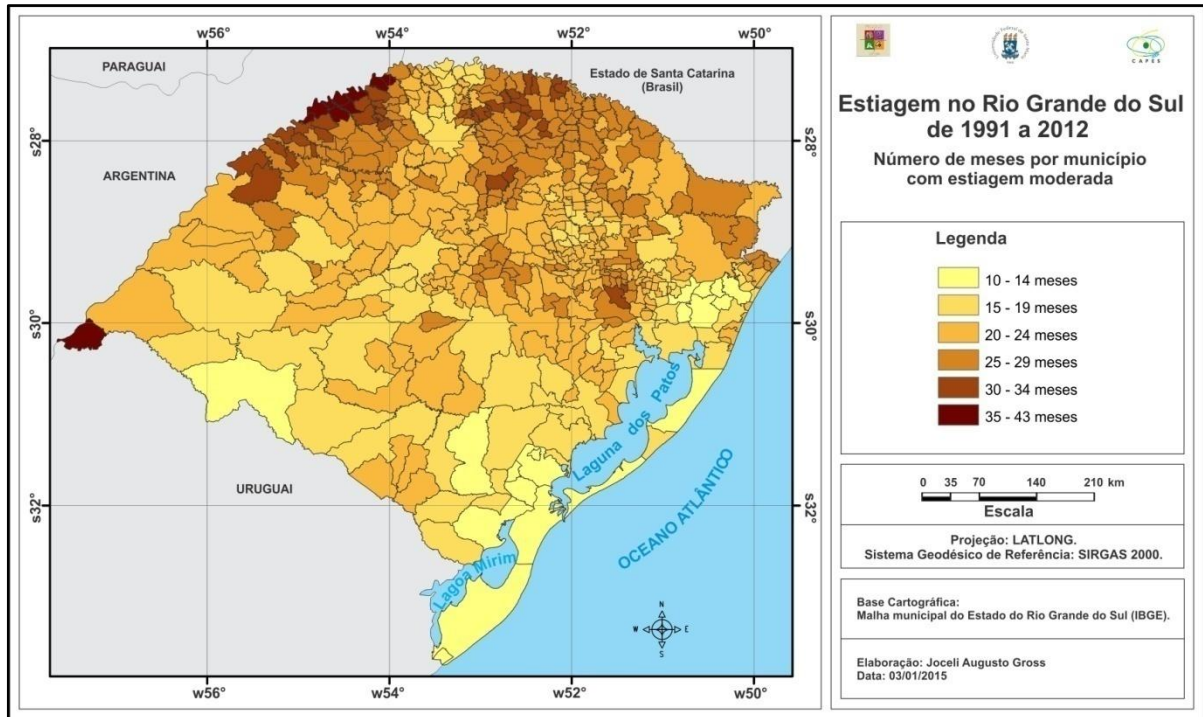


Figura 33 — Número de meses com ocorrência de estiagem moderada por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

A classificação de intensidade das estiagens de suave à moderada foi observada com maior frequência principalmente nos municípios da Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense (Figura 34). O máximo de ocorrências foram de 30 meses destacando-se os municípios de Uruguaiana, Dom Pedrito, São Borja, Bagé, Santa Vitória do Palmar e Rosário do Sul com 30, 29, 27, 27, 26 e 25 meses com ocorrências de anomalias negativas de precipitação classificadas como estiagem suave à moderada, respectivamente. Nas demais Regiões do Estado do Rio Grande do Sul destacam-se os municípios de Encruzilhada do Sul, localizado na Mesorregião Sudeste Rio-Grandense com 22 ocorrências, o município de Alpestre com 21 ocorrências de estiagem suave à moderada e situado na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense, além do município de Ijuí também localizado nesta última mesorregião citada e com 21 meses com ocorrências de anomalias negativas de precipitação classificadas como estiagem suave à moderada. E ainda na Mesorregião Nordeste Rio-Grandense destaca-se o município de Caxias do Sul com 24 ocorrências observadas.

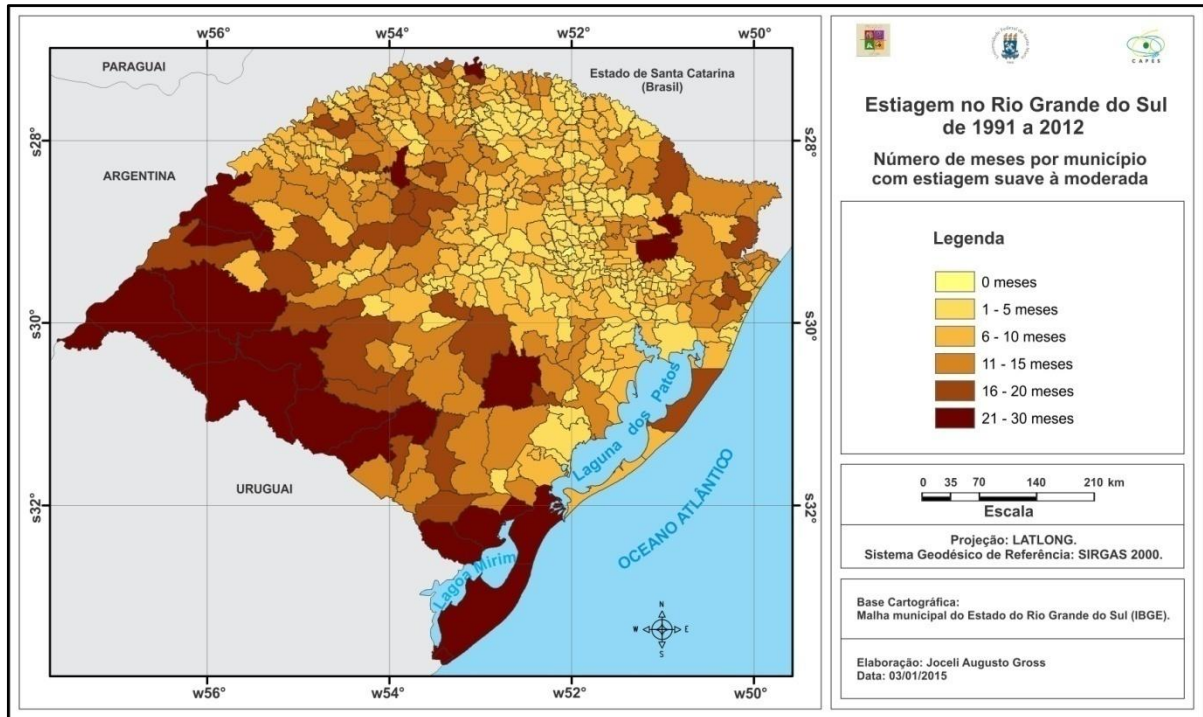


Figura 34 — Número de meses com ocorrência de estiagem suave à moderada por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

As estiagens de alta intensidade foram observadas principalmente no Sudeste Rio-Grandense, sendo os municípios de Arroio Grande, Pedro Osório, Capão do Leão e Cerrito aqueles com o maior número de ocorrências, sendo 5 no total por município (Figura 35). O número máximo e mínimo de ocorrências observadas por município em todo o período de análise foram de 5 e 1, respectivamente. Destaca-se também os municípios de Heval, Jaguarão, Morro Redondo e Tramandaí com 4 ocorrências verificadas em cada município. Além destes, os municípios de Maçambará, Unistalda, Nova Esperança do Sul, Capão do Cipó e Garruchos localizados nas Mesorregiões Centro Ocidental e Sudoeste Rio-Grandense nas proximidades da fronteira com a República Argentina, tiveram 3 ocorrências de estiagem de alta intensidade observadas no período de 1991 a 2012. Na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense, também com 3 ocorrências de estiagem de alta intensidade no decorrer do período de análise, destaca-se os municípios de Novo Barreiro, São José das Missões, São Pedro das Missões, Barra Funda, Coqueiros do Sul, Pontão, Ibiaçá, Charrua, Santo Expedito do Sul e São João da Urtiga. Dos municípios com uma à duas ocorrências de estiagem de alta intensidade, destaca-se que foram afetados:

- 63,43% dos municípios da Mesorregião Noroeste Rio-Grandense;
- 61,11% dos municípios da Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense;

- 90,32% dos municípios da Mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense;
- 50% dos municípios da Mesorregião Centro Oriental Rio-Grandense;
- 57,69% dos municípios da Mesorregião Sudeste Rio-Grandense;
- 44,90% dos municípios da Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre;
- 58,49% dos municípios da Mesorregião Nordeste Rio-Grandense;

Os municípios onde não foram observadas ocorrências, somam ao todo 165 e localizam-se principalmente nas mesorregiões Metropolitana de Porto Alegre e Noroeste Rio-Grandense, os quais estão representados no mapa da Figura 34 com a tonalidade de cor mais clara.

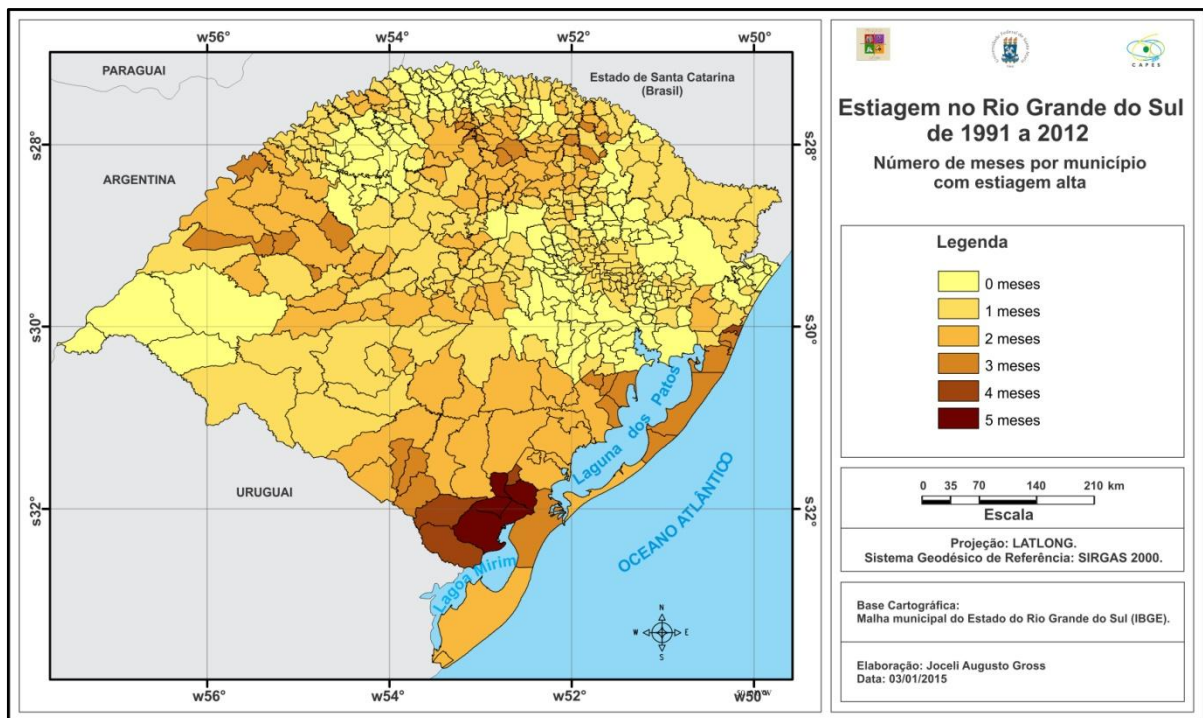


Figura 35 — Número de meses com ocorrência de estiagem alta por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

Para as condições de precipitação consideradas como estiagem moderada à alta, observou-se números máximo e mínimo de ocorrências de 6 e 1, destacando-se o município de Alegrete, localizado na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense, com seis ocorrências (Figura 36). Além deste, os municípios de Santiago no Sudoeste Rio-Grandense e Osório na Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre, tiveram ao todo 5 ocorrências de anomalias negativas de precipitação classificadas como moderada à alta. Na Mesorregião Noroeste Rio-

Grandense, o maior número de meses com estiagem moderada à alta foram observados nos municípios de Sarandi, Quatro Irmãos, Floriano Peixoto, Sananduva e Lagoa Vermelha, todos com 4 ocorrências verificadas no período de 1991 a 2012. De uma à três ocorrências de estiagem moderada à alta, observou-se que foram afetados:

- 58,33% dos municípios da Mesorregião Noroeste Rio-Grandense;
- 77,78% dos municípios da Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense;
- 64,52% dos municípios da Mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense;
- 35,19% dos municípios da Mesorregião Centro Oriental Rio-Grandense;
- 42,41% dos municípios da Mesorregião Sudeste Rio-Grandense;
- 36,53% dos municípios da Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre;
- 46,17% dos municípios da Mesorregião Nordeste Rio-Grandense;

Os municípios que não foram afetados por estiagem classificada com intensidades variando de moderada à alta somam ao todo 234, e estão representados na tonalidade de cor mais clara no mapa da Figura 35.

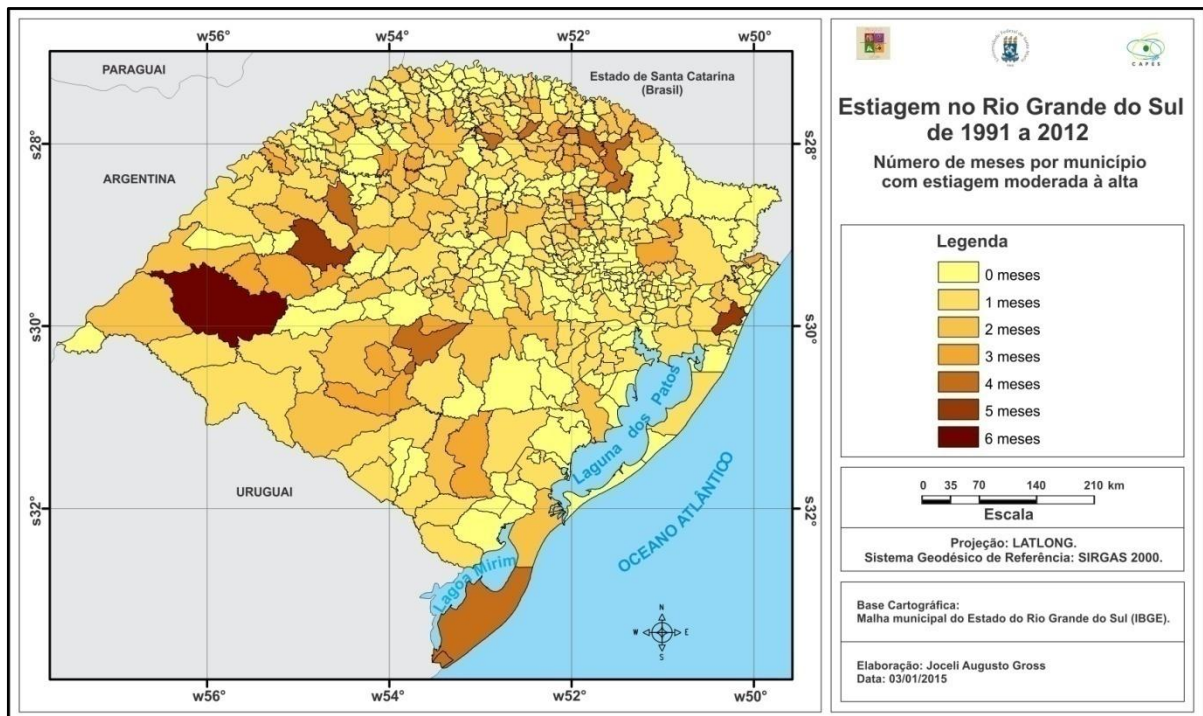


Figura 36 — Número de meses com ocorrência de estiagem moderada à alta por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

6.7. Períodos de duração dos eventos de estiagem em meses por município

Com relação aos períodos de duração dos eventos de estiagem em meses consecutivos de ocorrência e independentemente de suas variações de intensidades observou-se períodos de anomalias negativas de precipitação de até 17 meses consecutivos, este verificado no município de São Francisco de Assis, localizado na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense. De maneira geral, no setor Oeste do Estado foram verificados os maiores períodos de duração das estiagens, destacando-se que somente períodos de 6 meses consecutivos foram os de menor ocorrência naqueles municípios (Figura 36).

Os períodos de 1, 2, 3, 4 e 5 meses, foram os mais frequentes. Aqueles períodos de um mês de anomalia negativas de precipitação, entre meses úmidos, ocorreram principalmente nos setores Norte e Nordeste do Estado. Os períodos de dois meses consecutivos de estiagem incidiram sobre todo o Estado de maneira mais ou menos similar, com uma frequência um pouco mais acentuada em municípios do Noroeste e Sudeste. Três meses consecutivos de estiagem foram observados em maior número na metade Sul do Rio Grande do Sul onde os municípios de Cachoeira do Sul e Santana da Boa Vista verificaram 16 ocorrências. Para os períodos com 4 meses consecutivos de estiagem, destaca-se o setor Oeste do Estado, onde verificou-se até 9 ocorrências no município de Uruguaiana. Os períodos de 5 meses consecutivos de estiagem foram observados principalmente no setor Oeste destacando-se os municípios de Alegrete e São Borja com 8 ocorrências, e no Sul os municípios de Arroio Grande e Herval com 7 ocorrências (Figura 36).

Os períodos de 6 meses de estiagem ocorreram principalmente em municípios do setor Sul, e aqueles com 7 meses consecutivos de anomalias negativas de precipitação foram observados nos setores Oeste e Norte destacando-se neste último os municípios de Lagoa Vermelha e Capão Bonito do Sul com 4 ocorrências. Para os períodos de 8 meses consecutivos de estiagem verificou-se maiores incidências no setor Oeste e Central do Estado com um máximo de duas ocorrências em determinados municípios (Figura 36).

As ocorrências de períodos de estiagem a partir de 9 meses consecutivos foram verificados principalmente no setor Oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Em alguns municípios do Norte e Sul também verificou-se ocorrências. Destaca-se além do município de São Francisco de Assis, já citado com 17 meses consecutivos de estiagem, os municípios de Santa Vitória do Palmar com um período de 15 meses consecutivos e Nova Esperança do Sul, Jguarí e Santiago com um período de 14 meses consecutivos de estiagem (Figura 36).

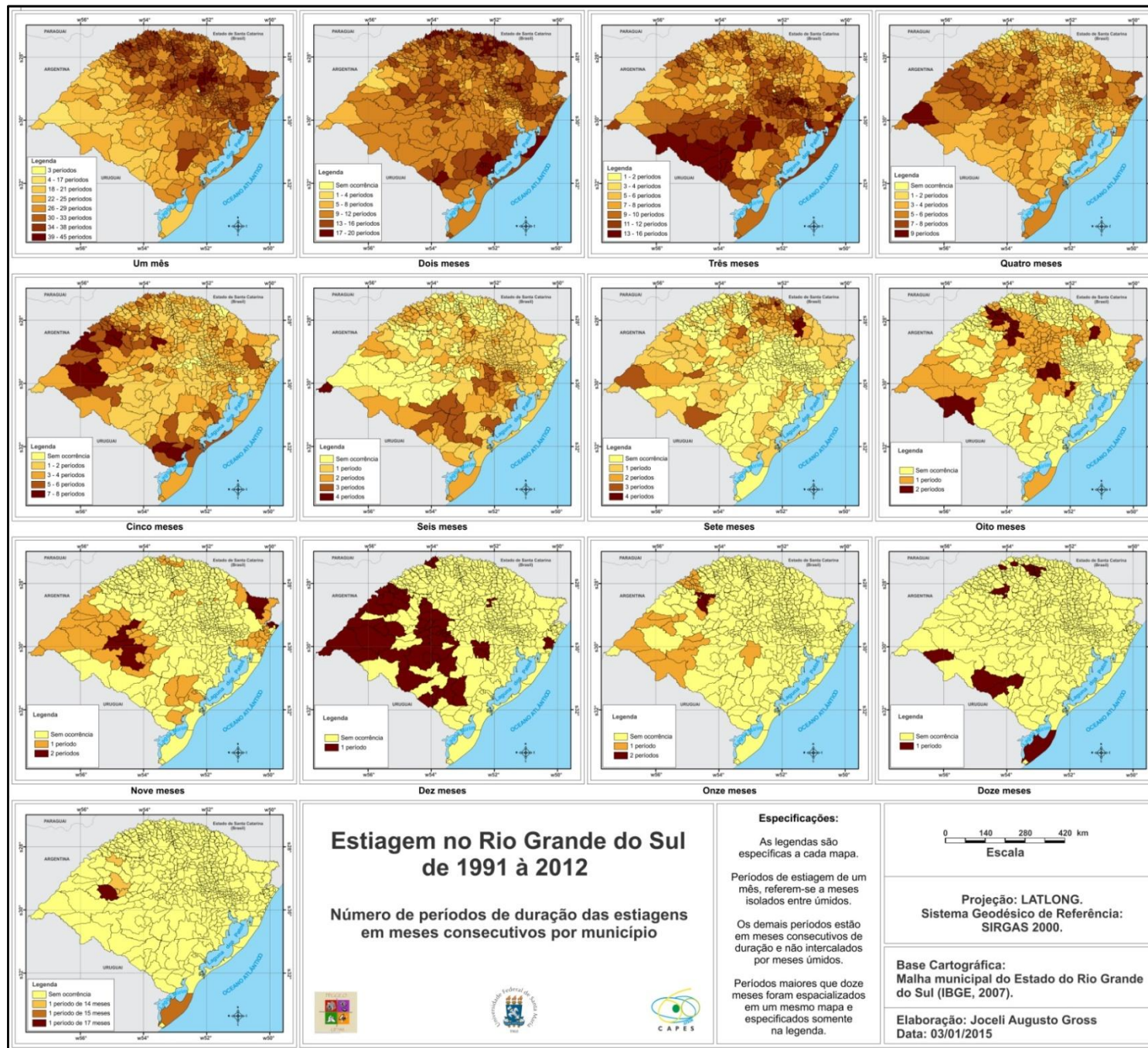


Figura 37 — Número de períodos de estiagem em meses consecutivos de duração, por município do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1991 a 2012.

6.8. Número de decretos de situação de emergência por período de duração das estiagens e por intensidades do fenômeno climático

Nestas avaliações foram verificados os períodos de duração (em meses consecutivos) das estiagens até a data (mês) de registro dos decretos de situação de emergência e as variações de intensidades das anomalias negativas de precipitação no decorrer de tais períodos, por município. Neste sentido, observou-se que a maioria dos decretos foram registrados após três meses consecutivos de estiagem, totalizando 45,77% dos decretos registrados em todo o período de análise de 1991 a 2012 e também após 2 e 4 meses consecutivos, porém, com menores percentuais cerca de 26 e 11% respectivamente (Figura 38).

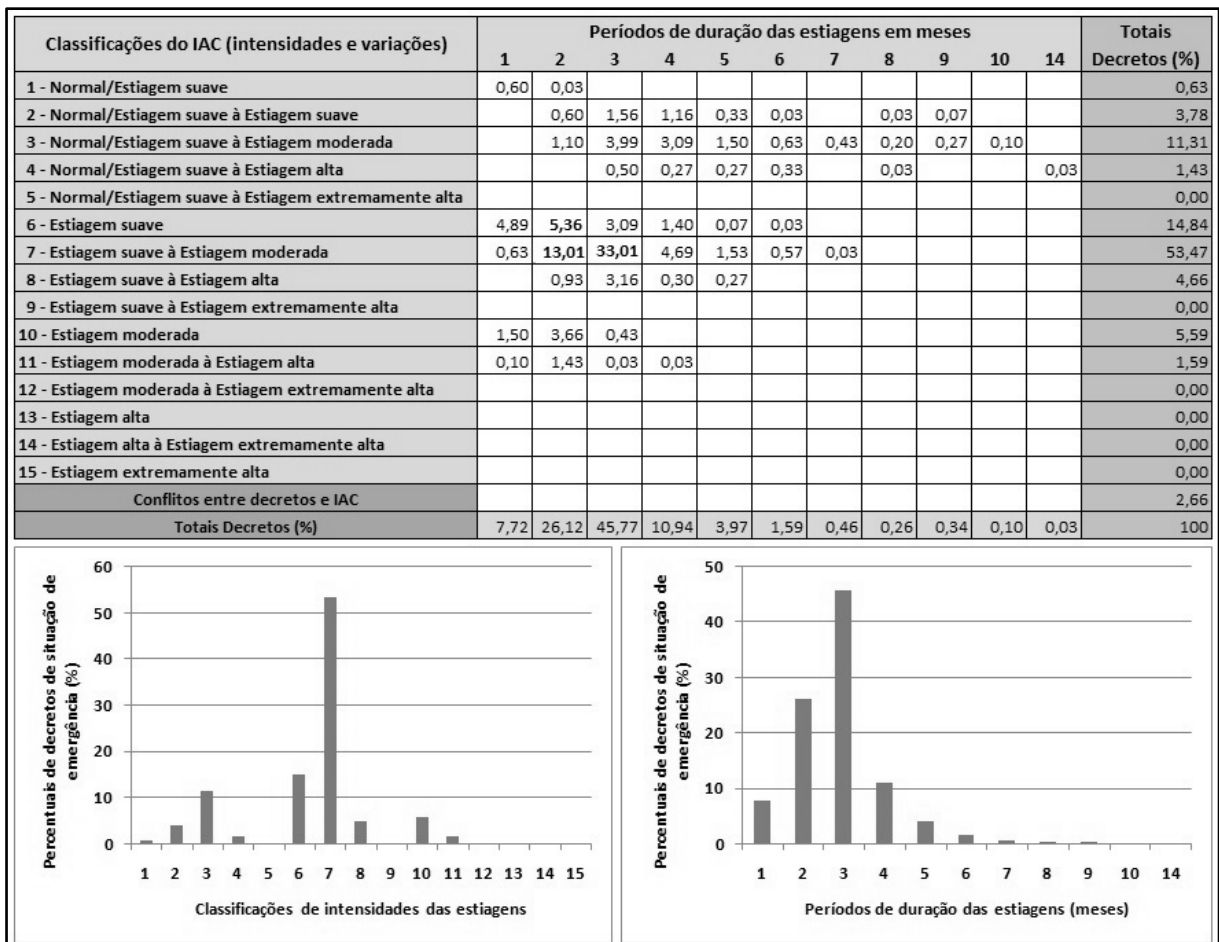


Figura 38 — Percentuais de decretos de situação de emergência por período de duração e intensidades das estiagens.

Com relação as intensidades das anomalias negativas de precipitação e suas variações no decorrer dos períodos, após os quais os municípios decretaram de situação de emergência,

destaca-se que a maioria dos decretos foram registrados após períodos de estiagem com intensidades variando de suave a moderada, totalizando 53,47% dos decretos (Figura 38). Decretos registrados após períodos de estiagem com variações de intensidade chegando a alta, somam cerca de 3%. Em nenhum caso foi observado decretos de situação de emergência registrados somente sob estiagem de alta intensidade. Estes eventos extremos, foram pouco frequentes de acordo com os dados gerados pelo cálculo do Índice de Anomalia de Chuva.

O maior período de estiagem em meses consecutivos de duração observado até a data de decretação de situação de emergência, foi de 14 meses, sendo este referente ao município de São Luiz Gonzaga localizado na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense. No entanto, este mesmo município também registrou decretos após 1, 2, 3, 4 e 5 meses consecutivos de anomalias negativas de precipitação. Este fato ocorreu para a grande maioria dos municípios que decretaram situação de emergência, com exceção daqueles que registraram apenas um decreto em todo período de análise (Figura 38). Os únicos municípios que tiveram a totalidade de seus decretos registrados após determinado período de duração das estiagens foram Camaquã, Dois Irmãos, Garibaldi e Taquara que registraram dois decretos após 2 meses consecutivos de estiagem, e os municípios de Campestre da Serra, Charqueadas, Cristal e Forquetinha com três decretos após 3 meses consecutivos de estiagem, além dos municípios de Dilermando de Aguiar, Paulo Bento e Santa Maria que registraram quatro decretos após 4 meses consecutivos de estiagem.

Com relação a comparação entre os dados de decretos de situação de emergência e aqueles referentes ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC) ressalta-se que dos 3005 decretos de situação de emergência registrados pelos municípios do Estado, 97,34% tiveram concordância com as ocorrências de estiagem observadas nos dados do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e apenas 2,66% conflitaram com os mesmos (Figura 38). Com este resultado e considerando a metodologia e o número de séries históricas utilizadas sobre a área de estudo, pode-se inferir pela eficiência do IAC para análises de dados de precipitação e monitoramento de eventos extremos de estiagem no Estado do Rio Grande do Sul.

Nas Figuras 39 e 40, são apresentadas as espacializações dos dados que levou aos resultados expostos na Figura 37, onde fica demonstrado que a maioria dos decretos de situação de emergência foram registrados por municípios após 3 meses consecutivos de estiagem, com intensidades variando de suave à moderada e com ocorrência similar em praticamente todas as Regiões do Estado, com exceção da Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre e parte da Mesorregião Nordeste Rio-Grandense.

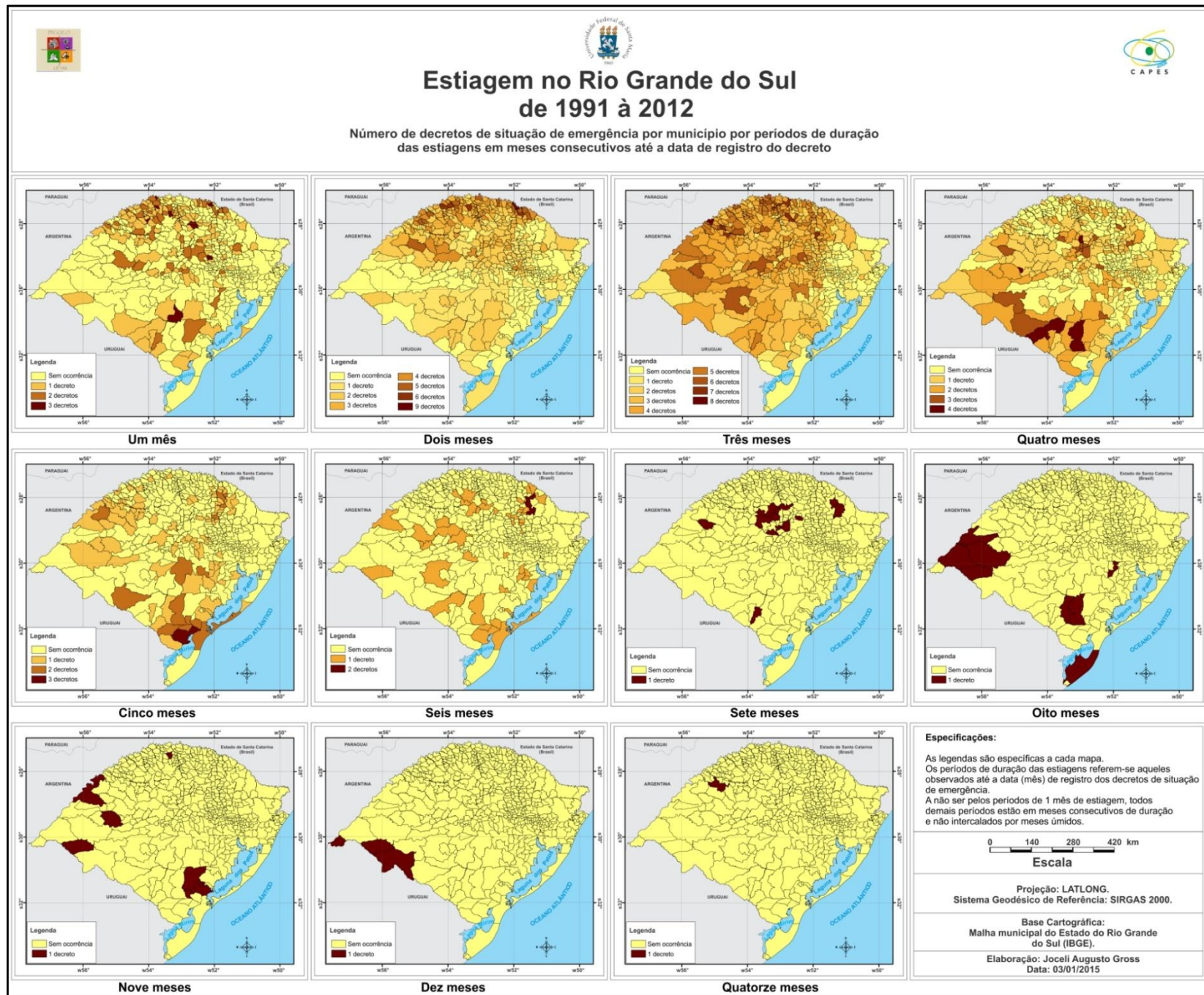


Figura 39 — Número de decretos de situação de emergência por município por período de duração das estiagens em meses consecutivos até a data de registro dos decretos de situação de emergência

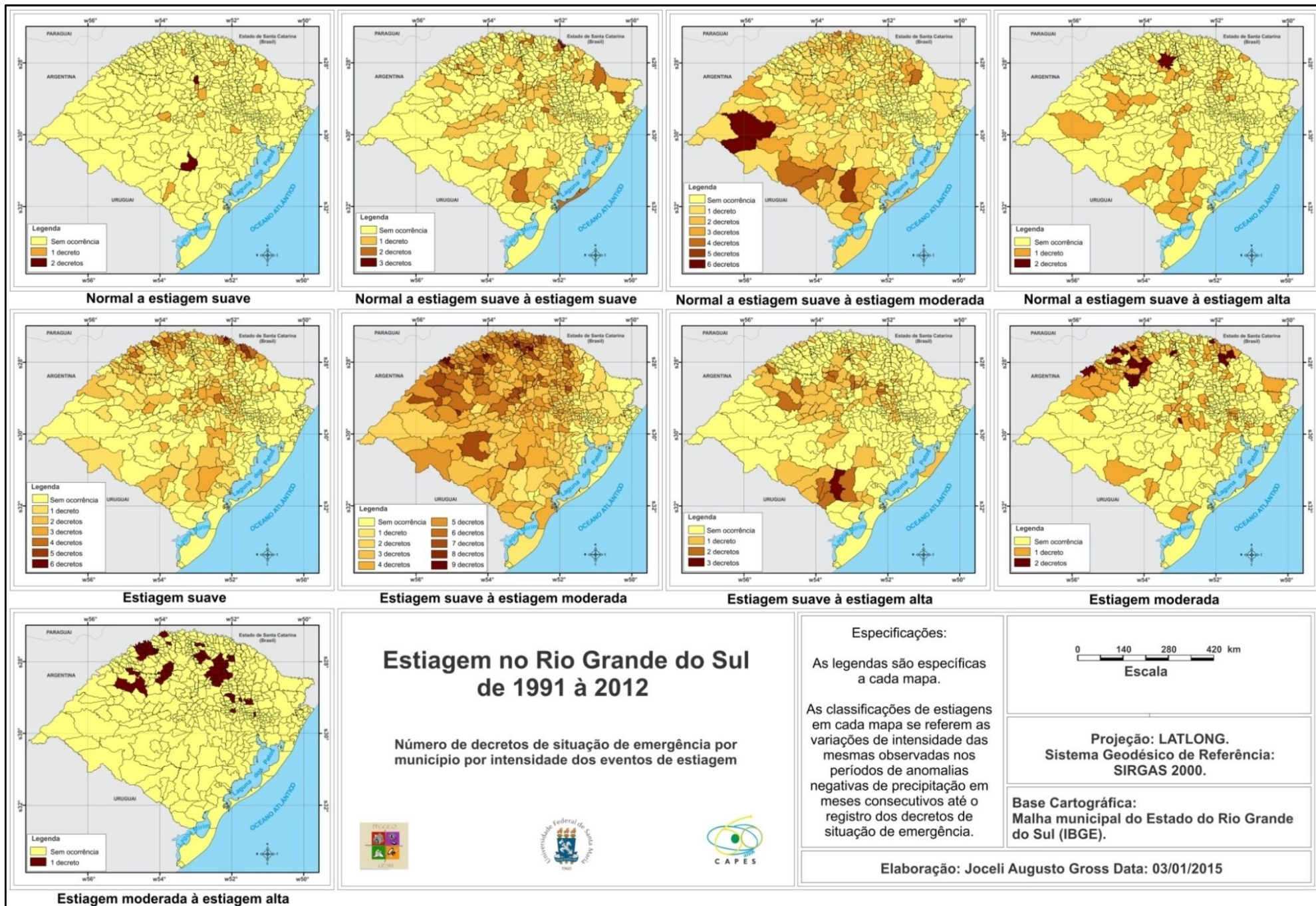


Figura 40 — Número de decretos de situação de emergência por município por intensidade dos eventos de estiagem.

6.9. Relação entre o número de decretos de situação de emergência e número de meses com estiagem de acordo com o IAC por município

Para esta avaliação, foram considerados os números de meses com estiagem por município como a variável fator e os decretos de situação de emergência a variável resposta. A análise de correlação linear resultou em um coeficiente de 0,260 (Tabela 8). De acordo com Cohen (1988) este coeficiente é considerado pequeno, quer dizer, a relação entre as variáveis é baixa. No entanto, aplicando-se o teste *t de student* para $n = 496 - 2$ graus de liberdade, $\alpha = 0,001$ e $t_{crítico;\infty} = 3,290$ obteve-se $t_{calc} = 5,98$ o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 , concluindo-se pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

Tabela 7: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município, $n = 496$.

	<i>Nº decretos</i>	<i>Nº meses com estiagem</i>
<i>Nº decretos</i>	1	
<i>Nº meses com estiagem</i>	0,260	1

A partir do resultado antagônico obtido na análise de correlação, com um coeficiente linear baixo de acordo com Cohen (1988) e com o teste *t de student* demonstrando a existência de correlação positiva a um alto nível de significância, provavelmente devido ao n muito grande, buscou-se efetuar a mesma análise com uma amostra menor, porém estatisticamente significativa para observar um resultado similar ou não ao primeiro obtido.

Na Tabela 9 está exposto o resultado do correlacionamento entre os número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município, para a amostra com $n = 285$ sobre a qual obteve-se um coeficiente de correlação = 0,241. Aplicando-se o teste *t de Student* obteve-se: $t_{calc} = 4,184 > t_{0,001;\infty} = 3,290$, o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 e concluir pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

Tabela 8: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 285$.

	<i>Nº decretos</i>	<i>Nº meses com estiagem</i>
<i>Nº decretos</i>	1	
<i>Nº meses com estiagem</i>	0,241	1

Na Tabela 10 está exposto o resultado do correlacionamento entre os número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município, para a amostra com $n = 120$ sobre a qual obteve-se um coeficiente de correlação = 0,340. Aplicando-se o teste *t de Student* obteve-se $t_{calc} = 3,930 > t_{0,001;118} = 3,316$, o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 e concluir pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

Tabela 9: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 120$.

	<i>Nº decretos</i>	<i>Nº meses com estiagem</i>
<i>Nº decretos</i>	1	
<i>Nº meses com estiagem</i>	0,340	1

Na Tabela 11 está exposto o resultado do correlacionamento entre os número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município, para a amostra com $n = 30$ sobre a qual obteve-se um coeficiente de correlação = 0,198. Aplicando-se o teste *t de Student* obteve-se $t_{calc} = 1,068 < t_{0,001;28} = 3,674$, o que possibilitou a aceitação da hipótese H_0 e concluir pela não existência de correlação linear positiva entre os dados.

Tabela 10: Análise de correlação linear entre o número de meses com estiagem e o número de decretos de situação de emergência por município para uma amostra com $n = 30$.

	<i>Nº decretos</i>	<i>Nº meses com estiagem</i>
<i>Nº decretos</i>	1	
<i>Nº meses com estiagem</i>	0,198	1

Como demonstrado na análise de correlação linear, somente quando a amostra foi razoavelmente reduzida ($n = 30$) aceitou-se a hipótese H_0 e pela não existência de correlação entre os dados das variáveis. Neste sentido, destaca-se o resultado da Figura 41, onde está exposto o correlacionamento entre as variáveis considerando toda a população, ou seja, $n = 496$. Neste diagrama de dispersão, os pontos que representam os municípios que registraram entre 1 e 3 decretos situaram-se na faixa de 110 à 135 meses com estiagem na maioria dos casos e, os pontos que representam os municípios que registraram a partir de 4 decretos situaram-se na faixa de 120 e 150 meses com estiagem na maioria das observações. Neste sentido, a nuvem de pontos estabeleceu-se mais ou menos alongada horizontalmente conforme o número de decretos por município aumenta. Além disso, os pontos ficaram

alinhados horizontalmente conforme cada grupo de municípios e respectivos números de decretos registrados no período de análise, sendo que as médias de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens em cada grupo e as médias de decretos por cada grupo, podem gerar um melhor resultado no que se refere ao coeficiente de correlação obtido na correlacionamento entre as variáveis apresentado na Figura 41 e na Tabela 8, que de acordo com Cohen (1988) é tido como um coeficiente pequeno.

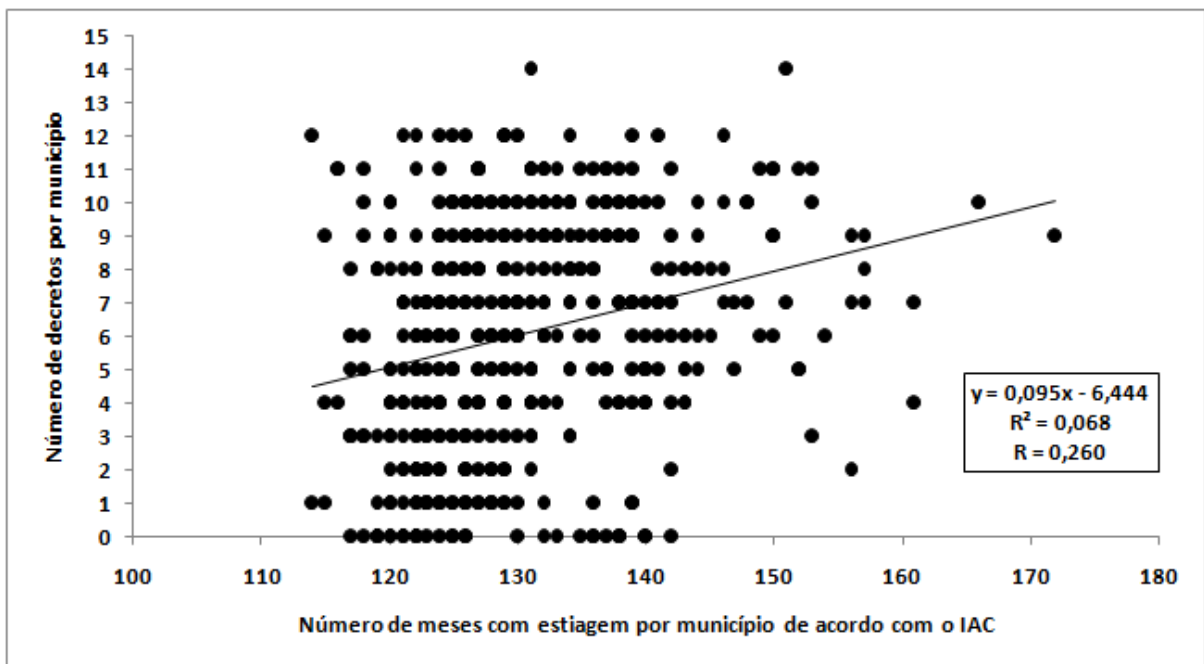


Figura 41 — Gráfico de dispersão entre número de decretos e número de meses com estiagem por município de acordo com o IAC.

As constatações acerca dos resultados expostos na Figura 40 levaram a análise das médias do número de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens, por grupos de municípios de acordo com seus respectivos números médios de decretos de situação de emergência. Desta maneira buscou-se observar a existência ou não de variação das médias de números de meses que os municípios foram afetados pelas estiagens, entre os grupos de municípios de acordo com respectivos números de decretos, e na existência de variação observar, se esta proporciona uma tendência, que no caso das variáveis aqui avaliadas deve ser positiva, logo, um aumento em X deverá ocasionar um aumento em Y e vice versa.

Visando a análise de variância ANOVA, os dados foram testados quanto a sua normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk* e quanto a homogeneidade das variâncias utilizando do teste de *Barlett*:

- O teste de normalidade foi realizado para $\alpha = 0,05$ obtendo-se:
 $P\text{-valor} = 1,28E-13 < \alpha = 0,05$ o que possibilitou a rejeição da hipótese de normalidade dos dados.
- O teste de homogeneidade das variâncias foi realizado para $\alpha = 0,05$, onde obteve-se:
 $P\text{-valor} = 0,059296832 > \alpha = 0,05$ o que possibilitou a aceitação da hipótese H_0 , concluindo-se pela homogeneidade das variâncias.

Mesmo com um resultado negativo referente ao teste de normalidade dos dados a análise de variância ANOVA foi realizada, e posteriormente realizou-se também uma análise para dados não-paramétricos.

A ANOVA foi realizada com fator único (número de meses com estiagem por município) e para $\alpha = 0,05$. Na Tabela 12 está exposto o resultado da ANOVA, que demonstrou a existência de variância entre as médias, referentes aos números de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens, pois $P\text{-valor} = 1,05E-13 < \alpha = 0,05$ e, $F_{\text{crítico}} = 1,739072 < F_{\text{calc}} = 7,534865$. Destaca-se novamente, que as médias analisadas referem-se aos números de meses que os municípios foram afetados, em cada grupo de municípios e respectivos números de decretos de situação de emergência.

Tabela 11: Resultado ANOVA para os dados referentes aos números de meses em que os município foram afetados pelas estiagens de acordo com o IAC em cada grupo de municípios e respectivos números de decretos de situação de emergência.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	8197,459	13	630,5737	7,534865	1,05E-13	1,739072
Dentro dos grupos	43350,11	518	83,68746			
Total	51547,56	531				

Tendo em vista que os critérios para a realização da ANOVA não foram totalmente atendidos, e como já salientado, foi realizada uma análise para dados não-paramétricos. Esta compreende o teste de *Kruskal-Wallis* para verificar a hipótese de igualdade entre as médias

referentes aos números de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens de acordo com o IAC.

O teste de *Kruskal-Wallis* foi aplicado para $\alpha = 0,05$ considerando os dados de cada grupo de municípios e respectivos números de decretos, que se referem aos números de meses em que os mesmos foram afetados pelas estiagens de acordo com o IAC. Na Tabela 13 esta exposto o resultado do teste, que possibilitou a rejeição da hipótese H_0 ou nula de que, em média os grupos de municípios de acordo com seus respectivos números de decretos de situação de emergência, tiveram números iguais ou similares de meses com estiagem no decorrer do período de análise, pois, $P\text{-valor} = 1,23E-08 < \alpha = 0,05$.

Tabela 12: Teste de Kruskal-Wallis para as médias dos números de meses em que os municípios de cada grupo, referentes aos números de decretos de situação de emergência registrados, foram afetados pelas estiagens.

<i>Informação</i>	<i>Valor</i>
Graus de Liberdade	13
P-valor	4,23E-08

Na Figura 42 está exposto o gráfico de efeitos referente ao teste de *Kruskal-Wallis*, onde observou-se que os grupos de municípios que registraram de 1 à 3 decretos de situação de emergência, e aqueles que não decretaram, tiveram em média de 125 à 126 meses com estiagem no decorrer do período de análise. Os grupos de municípios que registraram a partir de 4 até 12 decretos de situação de emergência tiveram em média de 129 à 133 meses com estiagem. Os municípios que registraram 14 decretos de situação de emergência no decorrer do período de análise, tiveram em média 141 meses com estiagem de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva. No gráfico de efeitos, fica demonstrado uma tendência positiva com relação ao número de meses com estiagem e o número de decretos, quer dizer que, em média quanto maior o número de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) maior foi em média o número de decretos de situação de emergência. Neste sentido, os valores médios do número de meses com estiagem e o número médio de decretos de situação de emergência, por grupo de municípios e respectivos número de decretos foram plotados em um plano cartesiano para observar o coeficiente de correlação entre os mesmos.

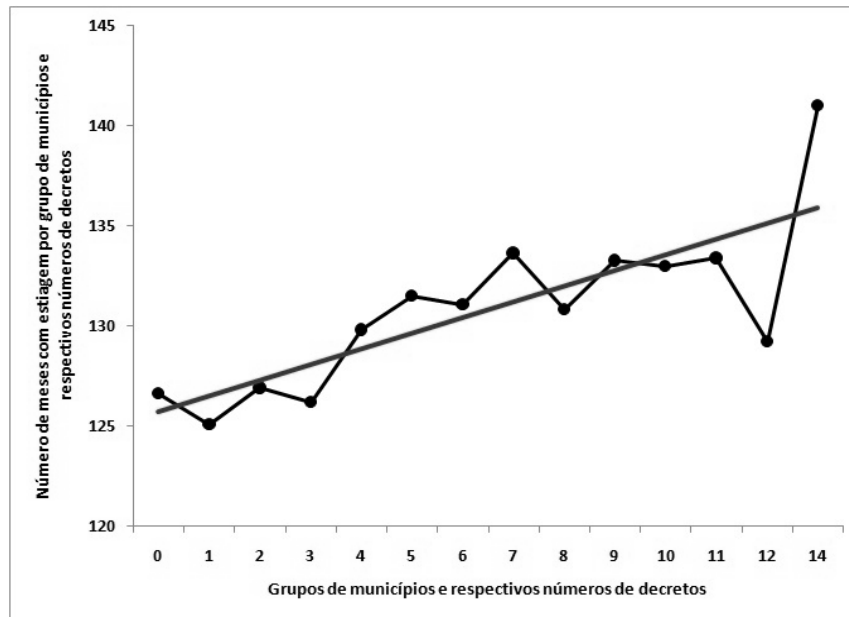


Figura 42 — Gráfico de efeitos relacionados aos resultados do teste de Kruskal-Wallis.

Neste sentido, as médias dos números de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens e as médias dos números de decretos, por grupo de municípios e respectivos número de decretos foram correlacionados, resultando em um coeficiente de 0,817 considerado grande de acordo com Cohen (1988) (Figura 42). Aplicando-se os *teste t de Student* para $n = 14 - 2$ graus de liberdade e $\alpha = 0,001$ e obteve-se $t_{calc} = 4,911$ o que possibilitou rejeitar a hipótese H_0 e concluir pela existência de correlação linear positiva entre os dados.

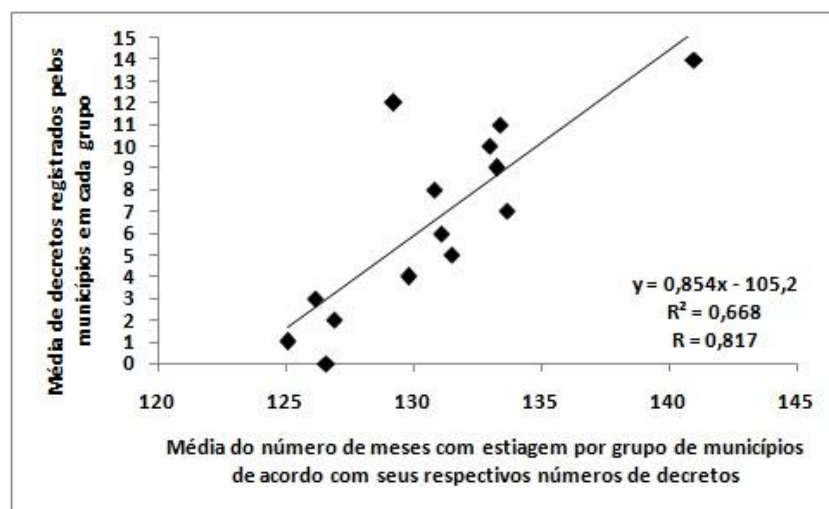


Figura 43 — Correlação linear entre as médias de decretos de situação de emergência e as médias dos números de meses com estiagem, por grupos de municípios e respectivos números de decretos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho de pesquisa objetivou-se analisar as relações entre os municípios do Estado do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens de acordo com os decretos de situação de emergência emitidos pelo mesmos e o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) no período de 1991 a 2012. Neste sentido, os resultados das avaliações realizadas no presente trabalho demonstraram que na maioria dos casos, os decretos de situação de emergência foram registrados por municípios com a economia apoiada no setor da economia agropecuária, tendo como principais atividades agrícolas o cultivo da soja e do milho. Unidos a estes fatos, destaca-se que a grande parte das ocorrências de estiagem nos municípios foram verificadas nos meses de verão, sendo esta, a estação de cultivo das culturas agrícolas citadas, que provavelmente foram prejudicadas pelas estiagens, condicionando os danos e prejuízos e as consequentes respostas das comunidades afetadas ao evento adverso, na forma de decretos de situação de emergência.

A avaliação das médias de precipitação mensais utilizadas para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) demonstrou as diferenças nos volumes de precipitação pluviométrica entre as metades Norte e Sul do Estado. Este fato indica, além de volumes pluviométricos distintos, a possibilidade de sistemas ambientais adaptadamente diferentes ou em adaptação, para se manterem estáveis frente as baixas pluviosidades, como é o caso da metade Sul do Estado, e as precipitações de maior volume na metade Norte do Rio Grande do Sul. Com estes resultados, infere-se que pode ser de relevância a divisão do Estado para estudos futuros sobre as precipitações pluviométricas, em suas metades Norte e Sul para uma melhor compreensão destes diferentes ambientes provavelmente adaptados a regimes pluviométricos distintos.

Verificou-se na análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) médio para o Estado do Rio Grande do Sul, que na maioria dos meses avaliados ocorreram anomalias negativas de precipitação, principalmente na última década do período de análise, sendo este com os maiores períodos em meses consecutivos de anomalias negativas de precipitação. Este fato, teve maior consistência na análise do IAC anual para o Estado, onde observou-se uma significativa mudança na climatologia da precipitação pluvial após o ano de 2003, com a predominância de anos secos e, além de que, nas avaliações do número de meses com estiagem por município, as maiores frequências foram verificadas na segunda metade do período de análise. Destaca-se ainda, as avaliações das áreas afetadas pelas estiagens no

Estado, onde observou-se uma tendência de aumento das mesmas, para todo período de análise, e considerando o ano de 2002 como um ponto de inflexão, obteve-se duas tendências, sendo a primeira negativa de 1991 a 2002 com a diminuição das áreas afetadas, e a segunda positiva demonstrando o aumento das áreas de ocorrência de anomalias negativas de precipitação de 2002 a 2012.

As avaliações referentes ao número de meses com estiagem por município possibilitou a identificação do setor Oeste do Estado como sendo o mais afetado pelas estiagens principalmente nas estações do verão, outono e inverno. Soma-se a este mesmo setor, os maiores períodos das estiagens em meses consecutivos de duração, e ainda um considerável número de decretos de situação de emergência registrados pelos municípios que lá se localizam.

A relação entre o número de decretos de situação de emergência registrados pelos municípios e o número de meses que os mesmos foram afetados pelas estiagens de acordo com o IAC, no período de análise, mostrou-se mais significativa somente quando considerou-se as médias de decretos e de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens por grupo de municípios e respectivos número de decretos. A análise dos dados originais, referentes a cada um dos 496 municípios avaliados gerou resultados pouco satisfatórios com relação aos coeficientes de correlação calculados. De maneira geral, pode-se inferir que existiu uma tendência de que, em média aqueles municípios que foram grandemente afetados pelas estiagens foram os que registraram os maiores números de decretos, no entanto, isto não é válido para todos os casos, já que foram verificados municípios que tiveram um grande número de decretos, e porém, os menores números de meses com estiagem observados. Estes fatos indicam que o número de decretos de situação de emergência está relacionado também a outros fatores, sejam eles meteorológicos, físico ambientais, ou como demonstrado nas avaliações do presente trabalho, as condições econômicas municipais, além do período de ocorrência das anomalias negativas de precipitação, coincidindo com o cultivo das principais culturas agrícolas no Estado. Neste sentido, o menor número de meses em que os municípios foram afetados pelas estiagens (114 meses) deve também ser considerado significativo, pois totalizou mais de 40% do total de meses avaliados no período de análise, e dependendo de seus períodos de ocorrência podem ter ocasionado danos o suficiente para a decretação de situação de emergência por parte dos municípios.

A análise integrada das variáveis, referentes aos decretos de situação de emergência e ocorrência de anomalias negativas de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de

Chuva (IAC), demonstrou que a grande maioria dos decretos de situação e emergência foram registrados após três meses consecutivos de anomalias negativas de precipitação com intensidades variando de suave à moderada. Neste sentido, infere-se que mesmo os maiores períodos de estiagem observados, não foram necessários para a decretação de situação de emergência por parte dos municípios, mas sim a estação ou estações do ano de ocorrência dos mesmos, já que a grande maioria dos decretos foram registrados nos meses de verão e outono, onde provavelmente, além dos déficits de precipitação, outras características intrínsecas a estas estações, como por exemplo, as temperaturas mais elevadas, menor umidade relativa do ar, maior evaporação e evapotranspiração, favoreceram a um acentuado déficit de água do solo, prejudicando as culturas agrícolas.

Apesar de que os resultados obtidos com a aplicação da técnica da Dupla Massa terem demonstrado uma inconsistência dos dados, provavelmente devido a regimes pluviométricos distintos e decorrentes das distâncias entre as estações pluviométricas, os correlacionamentos dos dados de precipitação das estações meteorológicas em função da distância entre as mesmas, resultou em coeficientes de correlação altos de acordo com Cohen (1988). Neste sentido, presume-se, em princípio, pela consistência dos dados de precipitação utilizados no presente trabalho, já que a técnica da Dupla Massa, conforme Garcez (2012) somente é apreciável, se as estações de coleta de dados pluviométricos estiverem bastante próximas uma das outras, o que não foi o caso das estações observadas no presente trabalho.

Por fim, destaca-se que a análise comparativa entre os dados de decretos de situação de emergência e aqueles referentes ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC) demonstrou que na grande maioria dos casos, as variáveis concordaram entre si, quer dizer, as ocorrências de estiagens nos municípios de acordo com os decretos de situação de emergência, foram também observadas nos dados do IAC. Com este resultado e considerando a metodologia utilizada, pode-se inferir pela eficiência do Índice de Anomalia de Chuva para análises de dados de precipitação e monitoramento de eventos extremos de estiagem no Estado do Rio Grande do Sul.

Recomenda-se:

- Que sejam feitas análises das precipitações pluviométricas nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul com a mesma metodologia utilizada no presente trabalho, e para os dados da década após o ano de 2012, para fins de comparações com os resultados

obtidos no presente trabalho e a verificação ou não das mesmas áreas com maior ocorrência de estiagem de acordo com o Índice de Anomalia de chuva (IAC);

- Que sejam feitas também análises observando regiões homogêneas em se tratando das precipitações pluviométricas mensais, já que, foram verificadas médias de precipitações pluviométricas significativamente distintas entre o Norte e Sul do Estado do Rio Grande do Sul.
- O cálculo do Índice de Anomalia de Chuva pode também ser realizado sobre os dados das séries históricas das precipitações pluviométricas por meses do ano. O cálculo dos índices estarão atrelados as médias das séries históricas de precipitação de cada mês do ano, o que resultará nas séries históricas de precipitação e índices calculados para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. Folha de São Paulo Online - Sessão Cotidiano. Chuva deve começar a aliviar a seca no Sul na próxima semana, prevê Defesa Civil. 08/05/2009. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br>> Acesso em 5 jan. 2012.

ALCANTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries. Geomorphology, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 22 de Mar. de 2012.

Alley, W. M. The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. J. Climate and App. Meteo. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984. Disponível em: <<http://www.engr.colostate.edu/~jsalas/classes/ce624/Handouts/Palmer%20Index-alley%201984.pdf>> Acesso em: 02 Jan. 2014.

American Meteorological Society (AMS) – **Meteorological Drought** - Disponível em: <<http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>> Acesso em: 10 nov. 2012.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br> > Acesso em: 17 Out. 2013.

ANDRIOTTI, J. L. S. Notas de Geoestatística. CPRM, Serviço Geológico do Brasil e UNISINOS, 2002.

APOSTILA DE HIDROLOGIA APLICADA. Ministério da Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de construção Civil (DACOC) - Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br.pdf>> Acesso em: 05 de Jan. 2014.

ARAÚJO, L. E. DE.; AZEVEDO, P. V. DE.; SILVA, M. B. R.; NETO, J. D. Bacia do Alto Paraíba: Análise da precipitação da região que receberá as águas da transposição do rio São Francisco. Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011.

AYOADE, J. O Introdução a climatologia para os trópicos. 5ª ed. trad. Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1998.

BALESTRASSI, P. P.; PAIVA, A. P. de. Estatística Aplicada. UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá. Instituto de Engenharia de Produção & Gestão. Itajubá, 2007

BARNETCHE, D. Hidrologia das águas superficiais do rio Inferninho, Biguaçu-SC. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina na Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais e Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos, Florianópolis - SC, Julho de 2006.

BHALME, H.N.; MOOLEY, D.A. Large-scale drought / flood and monsoon circulation: Mon. Weath. Rev. 108, 1197, 1980.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes> > Acesso em: 8 jul.2012.

BERLATO, A. B; FONTANA, D. C. **EL NIÑO E LA NIÑA: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul** - Aplicações de previsões climáticas na agricultura. UFRGS - 2004

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002, 943p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; vol. 4).

BYUN, H. R.; WILHITE, D. A. Objective quantification of drought severity and duration. Journal of Climate, Boston, v. 12, n. 9, p. 2747-2756, Sept. 1999. Disponível em: <http://weather.ou.edu/~spark/AMON/v1_n5/Byun/Byun.html> Acesso em: 25/12/2013.

CAMPOS, J. N. B.; NETO, J. F. V.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v. 2, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br> > Acesso em: 25 Dez. 2013.

CARGNIN, A. P.; BERTÊ, A. M. de A.; LEMOS, B. O.; CUNHA, L. F.; OLIVEIRA, S. B. de. ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional (SEPLAN). ed. Eletrônica, 2013. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/>> Acesso em: 12 de Dez. 2013.

CARVALHO, J. R. P. de.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.9, p.1235-1242, set. 2012.

CARVALHO, O. A economia política do Nordeste (seca, irrigação e desenvolvimento). Rio de Janeiro, Brasília: Campus. ABID. 1988.

CASTRO, A. L. C. FERREIRA, P. A. S.; CALHEIROS, L. B.; COSTA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. da C.; MOURA, A. Z. B.; BEZERRA ANDRÉ, M. H. Manual Para Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública. v. 1, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília, 2007.

CASTRO, A. L. C. FERREIRA, P. A. S.; CALHEIROS, L. B.; COSTA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. da C.; MOURA, A. Z. B.; BEZERRA ANDRÉ, M. H. Manual Para Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública. v. 2, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília, 2007.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres**. Volume I. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Secretaria Nacional de Defesa Civil - 2003. V.1.174p.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2° ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.

CUNHA, A. de M.; LANI, J. L.; SANTOS, G. R. dos.; FILHO, E. I. F.; TRINDADE, F. S.; SOUZA, E. de. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.9, p.1179-1191, set. 2013.

DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_bra=153508>. Acesso em 19 ago. 2012.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>> Acesso em: 29 de Dez. 2012.

DEVORE, Jay L. Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências. 1ª Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

DING, Y.; HAYES, M. J.; WIDHALM, M. J. Measuring Economic Impacts of Drought: A Review and Discussion. *Disaster Prevention and Management*, 2011.

DUARTE, L. R. Os CONSEGs e a Redução de Riscos. Florianópolis: CPED/UFSC, 2008.

FAO - Food and Agricultural Organization - Governo de Moçambique, 2009. Quadro das Demandas e Propostas de Guiné-Bissau para o Desenvolvimento de um Programa Regional de Cooperação entre Países da CPLP no domínio da Luta contra a Desertificação e Gestão Sustentável das Terras. TCP CPLP/FAO - MADRRM, orgs: Mosquito, d. Samo, G. e De Deus, N.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>> Acesso em: 25 de Out. 2013.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. da.; AMORIM, A. de O.; CARDOSO, A. S. Índices para a quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Disponível em: <http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/downloads/downloads/publicacoes/artigos/doc_244.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2013.

FILHO, D. B. F.; SILVA JUNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, Vol. 18, n. 1, 2009.

FRAGOSO Jr, C. R.; NEVES, M. G. F. P. das. Hidrologia I – Módulo 3 – Precipitação. Cetec – Ufal, 2012. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/carlosruberto/disciplinas/pos-graduacao/hidrologia-i>> Acesso em 10 Jan. 2014.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. 2004, Puerto Iguazú. *Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses*. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1, p. 1-1, 2004. Disponível em: Disponível em: <<http://www.45graus.com.br/artigos-marcos-airton-de-sousa-freitas->

engenheiro-civil-especialista-em-recursos-hidricos,verdeveredas,105706.html> Acesso em: 25 Set. 2013.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005. Disponível em: <<http://www.45graus.com.br/artigos-marcos-airton-de-sousa-freitas-engenheiro-civil-especialista-em-recursos-hidricos,verdeveredas,105706.html>> Acesso em: 25 Set. 2013.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. São Paulo, 2º ed. Edgard Blucher LTDA, 2012, 291p.

GEODESASTRES-SUL do Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE). Disponível em: <<http://www.inpetrov.ru/index-3.htm>> Acesso em: 22 de Dez. 2013.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. *Ambiência*, Guarapuava, 2013. v.9, n.1, p.145-172.

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980 – 2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.773-786. Disponível em:<http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%204_OK/4-60.pdf> Acesso em: 22 Set. 2012.

GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; ARAÚJO, H. A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semiárida da bacia hidrográfica do São Francisco, XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais... Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-1c443ff8096e5e5f7fb432a665a26331.pdf>> Acesso em: 20 Nov. 2013.

GROSS, J. A.; REIS, J. T.; SAUSEN, T. M. Avaliação socioeconômica dos municípios afetados pela estiagem no Rio Grande do Sul de 2000 a 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 2012, São Paulo, Rio Claro, 2012.

GROSS, J. A. Uso da Terra e Economia nos Estabelecimentos Agropecuários dos Municípios do Rio Grande do Sul Afetados Pelas Estiagens. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Santa Maria - RS, 2013.

GURJÃO C. D. DE S.; CORREIA, M. DE F.; CHAVES FILHO, J. B.; ARAGÃO, M. R. DA S. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas. 2012.

HERRMANN, M. L de P. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: Florianópolis-SC, IOESC 2006.

INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 17 de Jul. 2013.

JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. UNICAMP/NEPO. Trabalho apresentado no XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, realizado em Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil de 4 a 8 de novembro de 2002.

KEYANTASH, J.; DRACUP, J. A. The quantification of drought: An analysis of drought indices, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 83(8), 1167 – 1180, 2002.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais**: Conceitos básicos: Curitiba – PR. 1ª Ed. 2006.

KOBIYAMA, M. Relação entre desastres naturais e floresta. *Revista Geonorte*, V.1, N.6, p.17 – 48, 2012.

KULMAN, D.; REIS, J. T. SOUZA, A. C.; PIRES, C. A. da F.; SAUSEN, T. M. Ocorrência de Estiagem no Rio Grande do Sul no Período de 1981 a 2011. *Revista Ciência e Natura*, v. 36 n. 3 set-dez. 2014, p. 441– 449.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. UNESP/campus de Rio Claro Departamento de Geologia Aplicada - IGCE Laboratório de Geomatématica Texto Didático, 2002.

LAZZARI, M. R. **Safra 2004/2005 de grãos de verão do RS**: produção e preços em baixa. *Indic. Econ. FEE*, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 47-64, set. 2005.

LOPES, L. F. D. Caderno didático: estatística geral. Santa Maria: UFSM, 2 ed., CCNE, 2007.

LOUKAS, A.; VASILIADES, L.; DALEZIOS, N. R. Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece, *International Conference on Environmental Science and Technology Lemnos island, Greece*, 2003.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H.M. Distribuição Espaço- temporal e Sazonalidade das Chuvas no estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2011. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios_05e094005ad87e847fe7774a03761a6e_a8659dfa8ea2ed55fbd1bd11ed970df1.pdf> Acesso em: 15 de Nov. 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do Estado do Tocantins. *Revista Geo-Ambiente online*, 2012. Disponível em:<http://revistas.jatai.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/1363#.Urwz_PRDsao> Acesso em: 09 Set. 2013.

MENDONÇA, A. S. F. Hidrologia. Centro Tecnológico - Departamento de engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, 2009 Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAvToAC/apostila-hidrologia>> Acesso em: 14 de Nov. 2013.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. Types of Drought. University of Nebraska Lincoln, 2011. Disponível em: <<http://drought.unl.edu/DroughtBasics/WhatIsDrought.aspx>> Acesso em: 20 jan. 2012

NETO, P. L., de O., C. Estatística. São Paulo, Edgard Blücher, 1977.

NIKOLOVA, N.; VASSILEV, S. Variability of Summer-Time Precipitation in Danube Plain, Bulgaria. Geographical Institute “Jovan Cvijic” Sasa. Collection of Papers, n° 54, 2005.

OLADIPO, E. O. A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. *Journal of Climatology*, 1985.

PALMER, W. C. Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., 65p., 1965.

PIRES, C. A. da F.; STRIEDER, A. J. DAL'ASTA, A. P. Geoestatística - Caderno Técnico - Série Naturais e Exatas. Laboratório de Geologia Ambiental, Grupo de pesquisa quantificação aplicada à ciências da terra e meio ambiente, 2011.

PONCE, V. M. **Three Issues of Sustainable Management in The Ojos Negros Valley Baja California, México.** Disponível em: <http://ponce.tv/three_issues_portal.html> Acesso em: 29 mar 2012.

REIS, J. T.; MADRUGA, R. A. SAUSEN, T. M. Sistematização de ocorrências de estiagem na Região Sul do Brasil em 2011. CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 14 a 17 de maio de 2012, Rio Claro, SP.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, Carlos Afonso. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998.

RODRIGUES, R.; SANTOS, M. A.; CORREIA, F. N. A seca na perspectiva da investigação hidrológica. Simpósio Catástrofes Naturais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1993.

ROOY, M.P. van, 1965: A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, *Notos*, 14, 43.

SANTOS, G. E. de O. Cálculo amostral: calculadora on-line. 2009. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: 04 Fev. 2015.

SANTOS, J. M. J. Caracterização e monitorização das secas. Instituto da Água – Direção de serviços de Recursos Hídricos - 1998.

Disponível em: <http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/caract_secas.pdf> Acesso em: 8/Jun/2012.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B.; SILVA, R. R.; ROSA, J. L. A estiagem do verão de 2005 no RS: causas e impactos socioeconômicos na microrregião geográfica de Santa Maria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7., 2006, Rondonópolis. **Anais Rondonópolis: UFMT, 2006**

TASSI, R.; COLLISCHONN, W. Notas de Aula de Hidrologia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande Departamento de Física – Setor de Hidráulica e Saneamento e Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2010.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p. Disponível em: <<http://books.google.com.br>> Acesso em: 22 Nov. 2013.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the detroit region. **Economy Geography**, v. 46, n. 2, 1970.

TSAKIRIS G.; LOUKAS A.; PANGALOU D.; VANGELIS H.; TIGKAS D.; ROSSI G.; CANCELLIERE A. Drought characterization. School of Rural and Surveying Engineering, National Technical University of Greece. in. Iglesias A.; Moneo M.; López-Francos A. Drought management guidelines technical annex, 2007. Disponível em: <<http://om.ciheam.org/om/pdf/b58/00800535.pdf>> Acesso em: 12 Mai. 2012.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (org.). **Desastres Naturais Conhecer para Prevenir**: São Paulo: Instituto Geológico, 1º Ed. 2009. 196 p.

UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em Dez. de 2012.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. How to Make Cities More Resilient: A Handbook For Local Government Leaders. Genebra, 2012.

VAZ, A.C. Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas, Publicação instituto Superior Técnico/Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1993.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975. 245p.

WANDERS, N.; VAN LANEN, H. A. J.; VAN LOON, A. F. Indicators for drought characterization on a global scale. WATCH Technical Report No. 24, 2010.

YEVJEVICH, V. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrological drought, Hydrology Paper nº 23, Colorado State University, Fort Collins, 1967.