

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
UNIDADE ACADÊMICA HUMANIDADES, CIÊNCIAS E  
EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**BRUNO DE PELLEGRIN COAN**

**CARACTERIZAÇÃO E PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA  
DE ESTIAGENS E PERÍODOS CHUVOSOS NO ESTADO DE  
SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back

**CRICIÚMA  
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C652c Coan, Bruno De Pellegrin.

Caracterização e probabilidades de ocorrência de estiagens e períodos chuvosos no estado de Santa Catarina / Bruno De Pellegrin Coan; orientador: Álvaro José Back. – Criciúma, SC : Ed. do Autor, 2014.

108 p : il. ; 21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, SC, 2014.

1. Precipitação (Meteorologia) – Variabilidade. 2. Chuvas – Frequência da intensidade. 3. Secas. 4. Variação sazonal. I. Título.

CDD. 22<sup>a</sup> ed. 551.5773

Bibliotecária Rosângela Westrupp – CRB 14º/364

Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão  
Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

---

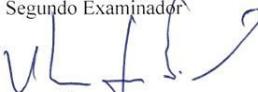
## PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Mestrado) reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO apresentada pelo candidato **BRUNO DE PELLEGRIN COAN** sob o título: “**Caracterização e probabilidades de ocorrência de estiagens e períodos chuvosos no estado de Santa Catarina**”, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Criciúma, SC, 19 de agosto de 2014.

  
**Prof. Dr. Tadeu de Souza Oliveira**  
Primeiro Examinador

  
**Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes**  
Segundo Examinador

  
**Prof. Dr. Álvaro José Back**  
Presidente da Banca e Orientadora



## AGRADECIMENTOS

À Deus por ajudar nos momentos difíceis.

Ao professor orientador Dr. Álvaro José Back, pela valiosa contribuição neste estudo, persistindo no ingresso do mestrado, incentivando a pesquisa e elaboração deste trabalho.

Ao Eng<sup>o</sup>. Anderson V. Bonetti, pelo apoio na elaboração dos mapas utilizados neste trabalho.

Aos meus pais, pelo carinho dispensado ao longo de todos esses anos.

Agradeço a compreensão da minha noiva, Fernanda Castello Branco, pela paciência e cumplicidade nos momentos de ausência.

Aos colegas de trabalho da Companhia Siderurgia Nacional (CSN), pelo firme auxílio em tudo o que me foi necessário.

Agradeço aos professores Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes e Dr. Tadeu de Souza Oliveira, por aceitarem participar da banca examinadora.



## RESUMO

A chuva é um dos fatores meteorológicos que apresenta grande variação espacial e temporal. Diversos trabalhos ao ar livre são afetados de forma direta e indireta pela sua ausência ou excesso de precipitação. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a frequência e distribuição da precipitação mensal e anual bem como a frequência de ocorrência de períodos secos e chuvosos no Estado de Santa Catarina. Foram utilizados os dados de precipitação diária do período de 1970 a 2012 de 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina, monitoradas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Com o teste de Kolmogorov-Smirnov, foram avaliadas as aderências das distribuições mensais a distribuição gama e para as precipitações totais anuais avaliou-se a aderência para distribuição normal e gama. Para a estimativa da sequência de dias secos e chuvosos foi usada a distribuição geométrica, em que os parâmetros foram obtidos das matrizes de transição entre dias secos e chuvosos segundo a cadeia de Markov de primeira ordem e dois estados. O critério adotado como dia seco foi valor de precipitação inferior a 1,0 mm. Para avaliar a aderência da distribuição Geométrica às sequências observadas de dias secos e chuvosos foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5%. Para representar a variação espacial e sazonal da precipitação foram gerados mapas das variáveis analisadas usando o software ArcGIS. Com base nos dados, observou-se que a distribuição Gama se mostrou adequada para estimar as probabilidades de chuva mensal e também para as séries anuais, sendo que em 75% das estações o ajuste obtido com a distribuição gama foi melhor que a distribuição normal. Foram determinados os mapas mensais de precipitação com probabilidades de 25%, 50 e 75 %, em que se pode observar a variação sazonal e também espacial da precipitação no estado de Santa Catarina. Nos meses de outubro a março as maiores precipitações mensais ocorrem na região do litoral norte e menor no litoral sul. Nos meses de abril a setembro observa-se maiores precipitações na região oeste do estado. A distribuição geométrica se mostrou adequada para estimativa das sequências de dias secos e chuvosos para todas estações analisadas. Foram determinados os mapas de probabilidade de ocorrência de 3, 5 e 7 dias chuvosos consecutivos e também a probabilidade de ocorrência de 7, 10 e 15 dias secos consecutivos.

**Palavras-Chave:** Cadeias de Markov. Dias secos e chuvosos. Mapas Probabilidade



## ABSTRACT

Rain is one of the meteorological factors that have large spatial and temporal variation. Several outdoor activities are directly or indirectly affected by the precipitation absence or its excess. This study aimed to characterize the frequency and distribution of monthly and annual precipitation and the frequency of occurrence of dry and wet periods in the State of Santa Catarina. We used data of daily precipitation from the period between 1970-2012 of 92 rainfall stations distributed in the state of Santa Catarina, monitored by the National Water Agency (ANA). With the Kolmogorov-Smirnov test we evaluated the adhesions of the monthly gamma distribution and the total annual precipitation we evaluated the adhesion to normal and gamma distribution. To estimate the sequence of dry and wet days we used the geometric distribution, where the parameters were obtained from the transition matrices between wet and dry days according to Markov chains of first order and two states. The adopted criterion as dry day was a value of precipitation less than 1,0 mm. To evaluate the Geometric distribution adhesion to the observed sequences of dry and wet days we used the Kolmogorov-Smirnov test to the level of significance of 5%. Maps of analyzed variables were generated to represent the spatial and seasonal precipitation variation using ArcGIS software. Based on data we observed that Gamma distribution seemed adequate to estimate the probabilities of monthly rain and also to annual series, being that in 75% of the stations the obtained adjust with the gamma distribution was better than the normal distribution. The monthly maps of precipitation were determined with probabilities of 25%, 50% and 75%, in which we can observe the seasonal variation and also spatial variation of the precipitation in the state of Santa Catarina. From October to March the biggest monthly precipitations occur by the North and less by the South. From April to September it is observed a higher rainfall level in the Western Region of the state. The geometric distribution seemed adequate to estimate the sequences of dry and rainy days for all stations analyzed. The probability maps of occurrence of 3, 5 and 7 rainy days were determined as the probability of occurrence of 7, 10 e 15 consecutive dry days were so.

Key words: Markov chain. Dry and rainy days. Probability Maps



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aderência das distribuições mensais de janeiro a junho à distribuição Gama para a estação Abelardo Luz (02652000).....	46
Figura 2 - Aderência das distribuições mensais de julho a dezembro à distribuição Gama para a estação Abelardo Luz (02652000).....	47
Figura 3 - Aderência da precipitação total anual da estação Abelardo Luz (02652000) à distribuição Gama e Normal. ....	48
Figura 4 - Box-Plots dos valores de precipitação média mensal das 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina. ....	50
Figura 5 - Box-Plots do número de dados das séries de precipitações mensais das estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina. ....	51
Figura 6 - Box-Plots dos valores de $D_{\max}$ do teste de Kolmogorov-Smirnov para a aderência das séries de precipitações mensais a distribuição Gama ajustada. ....	52
Figura 7 - Localização mesoregiões do estado de Santa Catarina.....	54
Figura 8 - Distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de 75 % para os meses de janeiro a junho. ....	55
Figura 9 - Distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de 75 % para os meses de julho a dezembro. ....	56
Figura 10 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 50 % para os meses de janeiro a junho.....	58
Figura 11 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 50 % para os meses de julho a dezembro.....	59
Figura 12 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 25 % para os meses de janeiro a junho.....	61
Figura 13 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 25 % para os meses de julho a dezembro.....	62
Figura 14 - Box-Plots do número de dias de chuva mensal para as estações pluviométricas trabalhadas.....	69
Figura 15 - Box-Plots das probabilidade de sequência seco seguido de dia seco (POO) para estações pluviométricas de diferentes regiões hidrográficas de Santa Catarina.....	71
Figura 16 - Box-Plots das probabilidade de sequência chuvoso seguido de dia seco (PIO) para estações pluviométricas de diferentes regiões hidrográficas de Santa Catarina.....	72
Figura 17 - Sequência de dias secos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de janeiro a junho para estação Aberlardo Luz (02652000).....	73

Figura 18 - Sequência de dias secos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de julho a dezembro para estação Abelardo Luz (02652000). .....	74
Figura 19 - Sequência de dias chuvosos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de janeiro a julho para estação Abelardo Luz (02652000). .....	75
Figura 20 - Sequência de dias chuvosos observadas e estimadas com a distribuição geométrica dos meses de a julho a dezembro para estação Abelardo Luz (02652000). .....	76
Figura 21 - Box-Plots dos valores de $D_{max}$ do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência da sequência de dias secos consecutivos, a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.	78
Figura 22 - Box-Plots dos valores de $D_{max}$ do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência da sequência de dias chuvosos consecutivos a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.	79
Figura 23 - Probabilidade de ocorrência de 3 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	80
Figura 24 - Probabilidade de ocorrência de 3 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: julho a dezembro...	81
Figura 25 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	83
Figura 26 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: junho a dezembro.	84
Figura 27 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	86
Figura 28 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: julho a dezembro...	87
Figura 29 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	89
Figura 30 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro. ....	90
Figura 31 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	92
Figura 32 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro. ....	93
Figura 33 - Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	95
Figura 34 - Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro. ....	96
Figura 35 - Probabilidade de ocorrência de 15 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho. ....	98

Figura 36 - Probabilidade de ocorrência de 15 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro. ....99



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações pluviométricas selecionadas para estudo de chuvas intensas de Santa Catarina.....	33
Tabela 2 - Precipitação entre os meses de Janeiro e Julho da estação de Abelardo Luz (02652000).....	41
Tabela 3 - Precipitação entre os meses de Agosto e Dezembro e Anual da estação de Abelardo Luz (02652000).....	43
Tabela 4. Resumo estatístico e parâmetros da distribuição Gama para precipitação total mensal e anual da estação 20652000.....	44
Tabela 5 - Precipitação provável para estação Abelardo Luz (02652000).....	49
Tabela 6 - Dias de chuva mensal e anual da estação de Abelardo Luz (02652000).....	64
Tabela 7 - Dias de chuva média mensal para as 92 estações pluviométricas do estado de Santa Catarina.....	65
Tabela 8 - Resumo estatístico das séries do número de dias de chuva para as 92 estações pluviométricas estudadas.....	68
Tabela 9 - Valores das matrizes de transição em dias secos e dias chuvosos da estação Abelardo Luz (02652000).....	70



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>22</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DO ESTADO DE SANTA CATARINA .....	22
3.2 CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA .....	24
3.3 DIFERENCIAÇÃO DE DIAS SECOS E DIAS COM CHUVAS..	26
3.4 MODELOS ESTOCÁSTICOS DE PRECIPITAÇÃO .....	27
3.5 CADEIAS DE MARKOV .....	28
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
4.1 DADOS TRABALHADOS .....	33
4.2 PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL.....	38
4.3 MODELAGEM DA OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO .....	39
4.4 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA .....	40
<b>5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
5.1. PRECIPITAÇÃO MENSAL.....	41
5.2 MAPAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA MENSAL .....	53
5.3. NÚMERO DE DIAS DE CHUVA .....	63
5.4. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS .....	69
5.5 MAPAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS CHUVOSOS E SECOS .....	79
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>101</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre as condições ambientais e em quase todas as atividades produtivas desenvolvidas no campo. A ocorrência da precipitação, bem como sua quantidade e intensidade, podem determinar o sucesso ou o fracasso do empreendimento. Levando em conta este aspecto, existe um grande esforço no sentido de medir a quantidade de chuva bem como prever suas ocorrências nos mais variados locais.

Algumas características de precipitação de um local podem ser extraídas da análise dos registros do que aconteceu no passado. Entretanto, em vários locais os registros históricos de chuva são relativamente curtos e em muitas situações apresentam falhas, impossibilitando assim inferências estatísticas seguras. Em tais situações pode-se utilizar a modelagem matemática para descrever e fazer inferências desejadas.

A chuva é um dos fatores meteorológicos que apresenta grande variação espacial e temporal. Diversos trabalhos de engenharia são afetados de forma direta ou indireta, tanto pela ocorrência da chuva, como por sua ausência. A distribuição e a variação da precipitação, no tempo e no espaço, são as principais características climáticas de uma região (KELLER FILHO ET AL., 2006). No estado de Santa Catarina é comum a ocorrência de precipitação intensa, gerando cheias ou enchentes, que causam prejuízos à sociedade e a economia do estado. Vários trabalhos foram realizados com objetivo de caracterizar e estimar as chuvas intensas, destacando-se os trabalhos de Nerilo (2002), Back (2002), Back et al. (2012).

Além da ocorrência de chuvas intensas, a sequência de dias chuvosos pode trazer prejuízos à agricultura, à indústria e afetam as atividades praticadas ao ar livre, como a execução de obras de engenharia. Por sua vez, longos períodos de estiagem também podem trazer consequências ao meio ambiente; entretanto a caracterização dos períodos sem chuva pode ser útil ao planejamento de atividades no campo e no dimensionamento de estruturas para captação e armazenamento da água da chuva.

Embora nas últimas décadas tenha sido noticiada a ocorrência de estiagens no estado de Santa Catarina, existem poucos estudos no sentido de caracterizar e quantificar a duração e intensidade destes eventos. Apesar da grande importância dos dados de chuva no planejamento e dimensionamento de obras de engenharia, a observação e aferição dos dias potencialmente úteis ao trabalho com máquinas,

torna-se um fator limitante decorrente das condições meteorológicas, afetando cronogramas previamente estabelecidos (FERNADES et al., 2002).

Existe uma grande disponibilidade de dados de precipitação, gerando muitas vezes dúvidas na determinação dos valores de chuva a serem utilizados no dimensionamento dos projetos de engenharia ou na caracterização do fator climático. Comumente são empregados valores ditos “médios” ou valores “práticos”, que podem não ser condizentes com as características climáticas do local. Havendo dificuldade na coleta de dados, a pesquisa foi desenvolvida para obter informações mais precisas sobre a ocorrência de chuvas no estado de Santa Catarina.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo caracterizar a frequência e a duração das chuvas, bem como gerar informações sobre as ocorrências de sequência de dias secos e chuvosos para o estado de Santa Catarina.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar um modelo matemático para descrever a probabilidade de ocorrências de dias secos e dias chuvosos;
- Determinar a variação sazonal da ocorrência de dias secos e chuvosos no estado de Santa Catarina;
- Determinar a variação espacial da ocorrência de dias secos e chuvosos no estado de Santa Catarina;
- Elaborar mapas com as probabilidades de ocorrência de períodos secos consecutivos no estado de Santa Catarina;
- Elaborar mapas com as probabilidades de ocorrência de períodos chuvosos consecutivos no estado de Santa Catarina.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

O Estado de Santa Catarina está situado na Região Sul do Brasil e possui uma área oficial de 95.483 km<sup>2</sup>, com mais 502 km<sup>2</sup> de águas territoriais, totalizando 95.985 km<sup>2</sup>, correspondente a 1,12 % da área brasileira e 16,61% da Região Sul. O território catarinense está situado entre as latitudes 26°00'S e 30°00'S, e longitudes 48°30'W e 54°00'W (PANDOLFO *et al*, 2002).

Segundo Vianello (1991), na definição clássica de clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos, que caracterizam o estado médio da atmosfera, em um determinado ponto da superfície da Terra. Evidentemente, referindo-se à média de elementos meteorológicos, como a precipitação pluvial, a temperatura do ar, a velocidade do vento e demais variáveis meteorológicas, em um longo período de observação.

Os fenômenos relacionados com a dinâmica da atmosfera (frentes meteorológicas) e fatores geográficos, como a orografia, a continentalidade e a maritimidade, são os determinantes das principais características climáticas do extremo sul do Brasil. (Vianello, 1991)

Segundo a classificação de KÖPPEN (Herrmann, 1997), o Estado de Santa Catarina foi classificado como o de clima mesotérmico úmido (sem estação seca) - Cf, incluindo dois subtipos, Cfa e Cfb, que são descritos a seguir:

- Cfa - Clima subtropical: temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida;
- Cfb - Clima temperado propriamente dito: temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.

A precipitação total anual no estado de Santa Catarina varia de 1220 a 2200 mm, sendo os valores mais altos observados no litoral norte do Estado, e no extremo oeste. A região do litoral sul do estado é

caracterizada pelos menores valores de precipitação total anual, variando de 1.220 a 1.660 mm, com o total anual de dias de chuva entre 98 e 150 dias (EPAGRI, 1999). No geral, a precipitação está bem distribuída durante o ano devido às características do relevo e à atuação da Massa de ar Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica, que por sua constância fazem com que não ocorra uma estação seca (SANTA CATARINA, 1996).

Os menores valores observados no litoral sul de Santa Catarina, refletem a atuação de corrente fria das Malvinas e as modificações locais da circulação atmosférica, determinadas pela passagem livre de ventos vindos do oceano, que na sua rota do mar até as encostas da Serra Geral, perdem umidade (ORSELLI, 1991). O litoral centro-sul de Santa Catarina recebe diretamente os ventos polares de sul e sudeste trazidos pelo anticiclone polar e sua frente (NIMER, 1979).

No litoral centro-norte os valores pluviométricos mostram-se relativamente mais elevados. Particularmente, esta região sofre influência direta na Massa Tropical Marítima (Tm), fato que pode ser explicado pela forma de relevo adquirido, voltado para a direção da fluência dos ventos originários da (Tm). Com seu anticiclone localizado na região sudeste do Brasil, os ventos que se originam desta, fluem do nordeste, na região centro-norte catarinense (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

Segundo Monteiro (1968), a Tm torna-se mais instável no inverno, devido à subsistência superior do centro de ação (Anticiclone). No verão, quando as massas polares encontram-se enfraquecidas, esta massa adquire considerável umidade, tornando-se instável. Esta instabilidade provém do aquecimento basal que sofre ao contato com o continente, e também pelo efeito orográfico do conjunto Atlântico.

Observa-se uma acentuada variação na precipitação pluviométrica dentro da região sul catarinense, em geral a pluviosidade é menor na planície litorânea e os maiores valores de pluviosidade, são observados próximos à encosta. Essa variação se explica em parte pelo efeito da orografia na origem das chuvas (Santa Catarina, 2000).

Quanto às características das precipitações, observa-se algumas diferenças sazonais. Os meses de dezembro a março são caracterizados por chuvas mais frequentes e de maior intensidade. Por outro lado, os meses de maio a setembro são caracterizados pela menor intensidade e frequência das chuvas.

No território catarinense, evidenciam-se as características subtropicais, sendo que os valores de temperatura sofrem forte influência da altitude, com os menores valores registrados nos pontos de

cota mais elevada. Segundo EPAGRI (1999), na região Sul a temperatura média anual varia de 17,0 a 19,3 °C. A temperatura média das máximas varia de 23,4 a 25,9 °C, e das mínimas de 12,0 a 15,1 °C. Podem ocorrer, em termos normais, de 0,3 a 11,0 geadas por ano. Os valores de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2 °C são relativamente baixos (de 164 a 437 horas acumuladas por ano). A insolação total normal anual varia de 1.855 a 2.182 horas nesta sub-região (THOMÉ et al, 1999).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

A precipitação é o resultado de um complexo processo atmosférico, intimamente ligado à ascensão das massas de ar, onde a água proveniente do vapor d'água da atmosfera é depositada na superfície terrestre na forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Neste trabalho será considerada a precipitação sob a forma de chuva e os dois termos serão usados sem distinção. Existem muitas publicações sobre os processos atmosféricos e os mecanismos físicos geradores das precipitações, entre eles o trabalho de Occhipinti (1989).

Conforme o motivo que causa a ascensão das massas de ar, as chuvas se classificam em três formas:

- Precipitações Frontais ou ciclônicas: Resultam da ascensão do ar quente sobre o ar frio, na zona de contato entre duas massas de ar, com características diferentes. Quando a massa de ar frio se move em direção a massa de ar quente, a frente é conhecida como “frente fria”, e ao contrário é dita “frente quente”. Em Santa Catarina as frentes frias assumem grande importância na distribuição das chuvas durante o ano todo. As precipitações frontais se caracterizam por chuvas de intensidade média, porém com longa duração, abrangendo grandes áreas e podendo assim causar inundações em grandes bacias;
- Precipitações Orográficas: Chuvas causadas pelo resfriamento da massa de ar úmido, que ao encontrar uma barreira de montanhas é forçada a se elevar. São chuvas de intensidade variável e grande duração, abrangendo áreas relativamente pequenas e caracterizam-se por serem frequentes. Em Santa Catarina, as chuvas orográficas determinam os maiores totais pluviométricos próximo à Serra do Mar (BACK, 2002);

- **Precipitações Convectivas:** São chuvas causadas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando uma elevação brusca da massa de ar à grandes altitudes. São características das tempestades ou trovoadas, ocorrendo com maior frequência nos meses de verão. Essas chuvas são em geral de curta duração e alta intensidade, abrangendo áreas relativamente pequenas, causando, portanto, alagamento em pequenas bacias hidrográficas (TUCCI, 1993).

É necessário lembrar que a ocorrência de um dos tipos de chuva, não exclui o outro. O efeito orográfico pode se fazer sentir tanto para as perturbações dos sistemas frontais, quanto para as trovoadas de convecção térmica. Na região Sul, é comum nos meses mais quentes, as frentes frias virem acompanhadas de trovoadas. Observando-se pancadas de chuvas fortes seguidas de chuvas de menor intensidade e maior duração. As chuvas mais intensas e persistentes, tendem a ocorrer quando a atividade convectiva é associada à frente fria. Nestas situações ocorrem as chuvas pré-frontais, em que elevados volumes são precipitados em curtos intervalos de tempo, funcionando a convecção térmica como o início da instabilidade (UGGIONI, 2005).

Os principais instrumentos utilizados para medir a chuva, são o pluviômetro e o pluviógrafo. Os pluviômetros são aparelhos mais simples, que acumulam a água da chuva no interior de um recipiente. A altura pluviométrica é dada pela relação entre o volume de água coletado e a área da superfície do pluviômetro, sendo geralmente expressa em milímetros (mm). Os pluviógrafos são instrumentos que registram a altura pluviométrica e a duração da chuva em gráficos, tendo a vantagem de fornecer a intensidade da chuva. (UGGIONI, 2005)

A precipitação é um dos elementos climáticos que apresenta maior variação temporal e espacial, determinada principalmente pela movimentação contínua das massas de ar. Embora exista um número relativamente grande de postos pluviométricos com registros de chuva, em muitos casos as séries históricas são relativamente curtas e apresentam diversas falhas nos registros. A modelagem matemática é uma ferramenta que pode ser importante na ausência de dados de chuva ou quando as séries de dados não são adequadas. (UGGIONI, 2005)

Segundo Clarke (1988), os modelos hidrológicos podem ser usados para diferentes propósitos, tais como: fazer estimativas de frequências de eventos extremos; fazer investigação de regras de operação de sistemas hídricos; para estender séries curtas de dados

hidrológicos, ou ainda, para fornecer seqüências sintéticas como parâmetros de entrada em modelos.

### 3.3 DIFERENCIAÇÃO DE DIAS SECOS E DIAS COM CHUVAS

Existe na literatura uma conceituação confusa na definição de dias sem chuva (dias “secos”) e, na definição de dias com chuva: é necessário se estabelecer o critério de distinção. A seca, no entendimento de Monteiro (1968) é considerada como uma condição em que a quantidade de água disponível no solo é inferior àquela necessária para a planta atender à demanda atmosférica. E, portanto, dependente das condições do solo, da planta e da atmosfera. Mas a busca de simplificação tem levado alguns autores, a considerarem dia sem chuva como dia seco como Amir et al. (1977) entre outros. Já Silva et al. (1977) e Wolf (1977) definiram dia seco como o dia em que a chuva não excedia a evapotranspiração.

Na grande maioria dos trabalhos, considera-se dias sem chuva como sendo os dias com precipitação pluviométrica menor ou igual a 0,1 mm (FEYERHERM; BARK, 1967). Tal valor é equivalente a menor quantidade registrada pelo pluviógrafo. Valores superiores a 0,1mm também são considerados (ROBERTSON, 1976), dependendo da finalidade do estudo. Na avaliação da ocorrência de “períodos secos” em Brasília, Wolf (1977), por exemplo, considerou como dias chuvosos com no mínimo 5,0 mm de chuva, assumindo este valor como representativo da evapotranspiração média da região. Já Milde (1983) utilizou como limite o valor de 0,5 mm, num estudo sobre chuva na região cacauzeira, o arredondamento dos valores de precipitação pluvial.

Mas na comparação entre dias sem chuva e chuvosos é importante observar (WILLIAMS, 1952) que a expressão “um dia sem chuva” significa no mínimo 24 horas sem chuva; “dois dias sem chuvas”, significa no mínimo 48 horas sem chuva e assim por diante. Por outro lado “um dia chuvoso”; pode representar desde 1,0 minuto até 24 horas sem chuva; “dois dias chuvosos” consecutivos podem ocorrer com apenas alguns minutos de chuva, que podem inclusive ocorrer na hora de separação entre dias sucessivos. Assim, um pequeno período de chuva que ocorre em alguns minutos pode transformar um dia chuvoso em dois. Naturalmente o mesmo raciocínio não é verdadeiro para dias sem chuva.

Os dados de chuva tanto do ponto de vista da sua ocorrência, quanto da sua quantidade, podem ser analisados mediante a obtenção das frequências observadas dos seus registros históricos, ou através da

elaboração de um modelo teórico. A modelagem teórica da chuva com vistas ao planejamento ambiental apresenta algumas vantagens sobre os modelos empíricos, ou seja, os baseados em dados. Stern & Coe (1982), discutem estes aspectos, evidenciando o fato de que o modelo teórico apresenta a grande vantagem de resumir os dados de uma série histórica de forma bastante concisa. Os modelos teóricos também permitem a utilização de técnicas de simulação (LARSEN; PENSE, 1982; RICHARDSON, 1981) e, com isso, a obtenção de séries climatológicas bem maiores do que as históricas.

### 3.4 MODELOS ESTOCÁSTICOS DE PRECIPITAÇÃO

Os modelos estocásticos de precipitação foram discutidos por Kelman (1987), Waymire e Gupta (1981) e Foufoula-Georgiou (1985). Clarke (1988) apresenta uma revisão de alguns métodos estocásticos, aplicados à hidrologia nos últimos 30 anos, período em que a potência de disponibilidade de computadores cresceu rapidamente, concomitante com os métodos de modelagem de séries temporais.

Utilizaram a cadeia de Markov de primeira ordem, considerando dois estados para modelar a chuva em algumas estações pluviométricas do Estado de São Paulo (Rão & Biazi, 1981). Também Pompeu e Rightto (1983) utilizaram a cadeia de Markov de primeira ordem para modelar a precipitação diária e horária da Bacia do Rio Jacaré-Guaçu, SP. No trabalho 1,0 mm foi o limite observado, para mostrar que não houve chuva no dia em estudo. Procurou-se adotar uma distribuição de probabilidades condicionadas, que mais se adaptassem as frequências dos dados históricos. Os resultados obtidos, devido ao reduzido número de chuvas de duração superior a sete horas, tanto as estimativas feitas a partir da amostra histórica quanto os resultados das gerações, não puderam ser adequadamente interpretadas.

A utilização da modelagem matemática para geração de precipitações extremas foi utilizada por Kelma (1987) para auxiliar no dimensionamento de barragens na bacia do Rio Uruguai. Já Sansigolo (1988) utilizou a modelagem estocástica, para chuva diária de Piracicaba SP, na simulação da quantidade e ocorrência de chuvas, com objetivos de um melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

A modelagem matemática pode ser empregada para modelar indiretamente a vazão por meio de modelos de transformação de chuva, em vazão. O método indireto pode ser vantajoso nas regiões em que se disponha de um registro pluviométrico de melhor qualidade, do que o fluviométrico, o que é frequente acontecer (UGGIONI, 2005).

### 3.5 CADEIAS DE MARKOV

O método das Cadeias de Markov ou Markovianas analisa as séries temporais de chuvas diárias, considerando dias secos e chuvosos e, portanto, podem ser vistas como séries binárias de “0”s e “1”s, com o “0” representando um dia seco e o “1” representando um dia chuvoso.

A cadeia de Markov tem sido o método mais utilizado por não apresentar complexidade. A mesma utiliza dois estados (dia seco ou chuvoso), podendo ser de primeira ordem, segunda ordem e terceira ordem, sendo esta última muito pouco utilizada, pois conforme os dados, fica normalmente impossível de operar.

Uma cadeia de Markov é uma sequência de variáveis aleatórias discretas ( $X_n$ ) e é dita de ordem “k” se “k” é o menor inteiro positivo que satisfaz, para todo “n” a seguinte equação de probabilidades condicionais:

$$P(X_n / X_{n-1}, X_{n-2}, \dots, X_{n-k}) \quad (1)$$

Formalmente, a cadeia de Markov de primeira ordem de dois estados, adequada para descrever se o estado do tempo em um dia qualquer, é seco ou chuvoso, pode ser completamente especificada pela matriz de probabilidade de transição:

	0	1	
0	P <sub>00</sub>	1 - P <sub>00</sub>	(2)
1	1 - P <sub>00</sub>	P <sub>11</sub>	

As probabilidades de transição P<sub>00</sub> e P<sub>11</sub> podem ser definidas, respectivamente, como as probabilidades de um dia seco ser seguido de um dia seco e de um dia chuvoso ser seguido de um dia chuvoso. Definindo-se a variável aleatória  $S_t$  (estado do tempo em um dia qualquer) como:

$S_t = 0$ , para dia seco;

$S_t = 1$ , para dia chuvoso,

As probabilidades de transição acima definidas podem ser expressas por:

$$P_{00} = P [S_{t+1} = 0 / S_t = 0] \quad (3)$$

$$P_{11} = P [S_{t+1} = 1 / S_t = 1] \quad (4)$$

As probabilidades  $P_{00}$  e  $P_{11}$  podem ser estimadas através das chuvas observadas:

$$P_{00} = N_{00} / (N_{00} + N_{01}) \quad (5)$$

$$P_{11} = N_{11} / (N_{10} + N_{11}) \quad (6)$$

Onde:

$N_{00}$  = Número de dias secos seguidos por dias secos;

$N_{01}$  = Número de dias secos seguidos por dias chuvosos;

$N_{10}$  = Número de dias chuvosos seguidos por dias secos;

$N_{11}$  = Número de dias chuvosos seguidos por dias chuvosos.

As cadeias de Markov podem ser homogêneas ou não. No primeiro caso os parâmetros são constantes no tempo e, no segundo, os mesmos são variáveis. Adotando-se a abordagem sazonal e considerando-se o processo estacionário dentro de cada estação, pode-se adotar uma cadeia de Markov homogênea. No caso contrário, considerando-se o processo não estacionário, adota-se uma cadeia de Markov não homogênea e, neste caso, os parâmetros são variáveis no tempo.

O princípio básico no qual se baseia o método é de que a probabilidade de um determinado dia encontrar-se em um estado particular depende exclusivamente do estado dos dias precedentes. O número de dias precedentes considerados determina o grau da cadeia. Os mesmos autores relatam que a cadeia tem como premissa que a probabilidade de um determinado dia encontrar-se em um estado particular, está sujeito unicamente ao estado dos dias precedentes. Após aplicação da cadeia de Markov por Gabriel & Neumann (1962), o princípio tem sido utilizado largamente no desenvolvimento de modelos matemáticos para descrever a variabilidade de ocorrência de dias sem chuva e chuvosos.

Para os autores Feyerherm e Bark (1967), a cadeia de Markov de primeira ordem, era inadequada para descrever a dependência de maior ordem nas ocorrências das chuvas diárias, em Indiana, Iowa e Kansas e apresentaram uma cadeia de Markov de segunda ordem. Em outras palavras, propuseram que na determinação do estado do tempo, num dia qualquer, fosse considerado os estados do tempo nos dois dias anteriores (FOUFOULA-GEORGIU, 1985).

Um dos inconvenientes da cadeia de Markov é a definição do seu grau (KITE, 1977) para descrever adequadamente e com praticidade a ocorrência da chuva. Na prática, esta escolha recai, com frequência, entre as cadeias de primeira e segunda ordem porque além deste limite,

o número de probabilidade de transição a ser determinado torna-se impraticável.

Roldan & Woolhiser (1982), utilizaram a mesma distribuição para cinco locais dos Estados Unidos da América do Norte, relatando que a cadeia de Markov foi mais eficiente que as demais distribuições em relação a economia de tempo de manipulação dos parâmetros. Avaliações de ordem estatística também reconheceram que a cadeia de Markov é mais adaptada para séries de dados de 20 a 25 anos.

A cadeia de Markov de primeira ordem com a distribuição geométrica truncada, ajustada à sequência de dias com chuva e com a distribuição binomial negativa truncada, ajustada para sequências de dias sem chuva, em cinco locais dos Estados Unidos da América do Norte, concluindo que a cadeia de Markov foi superior as outras distribuições em termos de economia de tempo de computação dos parâmetros.

Segundo Souza et al. (1992), pode-se utilizar a Cadeia de Markov para determinar o número de dias trabalháveis com trator agrícola, modelando a umidade do solo com base na precipitação. Para previsão do número provável de dias trabalháveis em serviços rodoviários em Minas Gerais, Oliveira e Buzati (1983) também utilizaram a cadeia Markov. Virgens Filho e Cataneo (1999) utilizaram a mesma cadeia de primeira ordem em dois estados para simular a sequência de dias úmidos, considerando o valor mínimo de 0,2 mm para o dia ser considerado úmido. Clarke (1988) apresenta descrição detalhada do modelo de Markov e cita diversas aplicações na hidrologia.

A segunda parte do modelo, representando a quantidade de chuva, geralmente é expressa por uma função de distribuição cumulativa de probabilidade. Diversas distribuições de probabilidade são utilizadas para modelar a quantidade de precipitação dos períodos chuvosos e a distribuição gama (THOM, 1958) pode ser considerada como a mais adequada para períodos curtos (uma semana, cinco dias, um dia). Alguns exemplos da utilização da distribuição gama são encontrados em Buishand (1978); Sedyama et al. (1978); Castro Neto e Silveira (1983), entre outros.

A distribuição gama, entretanto, apresenta o inconveniente de sua função de probabilidade acumulada, não apresentar solução imediata, exigindo técnicas trabalhosas de expansão em séries (ARRUDA; PINTO, 1980) ou de integração numérica. Este aspecto, quando considerado relevante, tem levado alguns autores a transformar previamente os dados com o propósito de normalização. Isto foi realizado, por exemplo, (AMARAL; SILVA, 1971), com base no

pressuposto de que a homogeneização da variância, após transformação dos dados, conduz também a normalização da distribuição de probabilidade.

O conhecimento da probabilidade de ocorrência de períodos secos é de grande utilidade em vários setores, referente à economia. Por exemplo, na agricultura, o uso da irrigação segundo Larsen e Pense (1982), quando se conhece os períodos secos é possível uma grande economia de água nas atividades rurais.

Na construção de estradas, pontes e outras obras. Quando se tem conhecimento dos períodos que serão secos ou que ocorrerão chuvas numa quantidade que não prejudique o andamento das obras, com certeza a economia é certa de materiais, maquinários e mão de obra.

Estudos realizados em diversos locais por Cooke e Longley (1953), referentes à distribuição de frequência de períodos secos, indicaram que a esses dados ajusta-se muito bem a seguinte função potencial:

$$Y = a \cdot b^n \cdot e \quad (7)$$

em que:

Y = número de períodos contendo n ou mais dias secos;

a = constante;

b = constante (menor que 1);

n = número de dias do período;

e = erro.

De acordo com Longley (1953), para cada mês, transcorridos “n” dias secos, a probabilidade de que o dia seguinte também seja seco é dada por  $Y_{n+1} / Y_n$ , que é o coeficiente b da equação 7. Este valor independente de n, ou seja, a probabilidade de que um dia seja seco, dado que o dia anterior também tenha sido seco, é constante e independente do número de dias secos que tenham ocorrido anteriormente. Entretanto, esta afirmação estará correta se a relação entre Y e n for linear. Castro Neto et al. (1983), utilizando este tipo de regressão para Lavras, Minas Gerais, a partir de dados coletados num período de vinte e nove anos, obteve resultados bastante satisfatórios.

Uma outra equação para determinar a duração de períodos secos é representada a seguir:

$$UD = \frac{1}{PCS} \quad (8)$$

em que:

UD = duração média do período seco, dias;

PCS = probabilidade de um dia ser chuvoso, desde que o dia anterior seja seco.

Esta se baseia na pressuposição de que a duração dos períodos úmidos e secos sejam independentes e obedeçam a uma distribuição geométrica, podendo, assim ser empregada a primeira ordem da Cadeia de Markov.

Assis (1996), utilizou as distribuições Geométrica, Logarítmica e Binomial Negativa Truncada para analisar a probabilidade de sequência de dias chuvosos e secos nas cidades de Pelotas (RS) e Piracicaba (SP). Na oportunidade, o autor observou que mesmo havendo superioridade da distribuição binomial negativa truncada, a distribuição geométrica ajustou-se bem para análise de sequência de dias secos e de dias com chuva.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DADOS TRABALHADOS

Foram utilizados dados de precipitação diária de 92 estações pluviométricas distribuídas pelo estado de Santa Catarina. Para obter um resultado com mais precisão no momento da interpolação dos dados pluviométricos na região de fronteira com os estados vizinhos do Paraná e do Rio Grande do Sul, pesquisou-se mais 49 estações, ficando assim distribuídas:

- Santa Catarina: 92 estações;
- Paraná: 38 estações;
- Rio Grande do Sul: 11 estações.

As estações pluviométricas, com coordenada geográfica e município onde se localizam, estão citadas na Tabela 1. Todas são monitoradas pela Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizadas no site da instituição para consulta pública, pesquisando-se os dados dos últimos 43 anos, contados entre 1970 e 2012.

Tabela 1 - Estações pluviométricas selecionadas para estudo de chuvas intensas de Santa Catarina.

Nº	Estação Pluviométrica		UF	Localização	
	Código	Município		Latitude (GMS)S	Longitude (GMS)W
1	02648014	Joinville	SC	26°19'18"	48°50'47"
2	02648020	Araquari	SC	26°33'42"	48°43'9"
3	02648027	Garuva	SC	26°02'08"	48°51'00"
4	02648028	Araquari	SC	26°26'54"	48°49'49"
5	02649002	Pomerode	SC	26°44'08"	49°10'13"
6	02649003	Benedito Novo	SC	26°46'52"	49°21'54"
7	02649004	Timbó	SC	26°49'47"	49°16'19"
8	02649005	Indaial	SC	26°54'49"	49°16'03"
9	02649007	Blumenau	SC	26°55'05"	49°03'55"

Continua...

Tabela 1 - Continuação

10	02649013	Corupá	SC	26°25'26"	49°17'33"
11	02649054	Itaiópolis	SC	26°31'50"	49°50'37"
12	02649055	Rio Negro	SC	26°25'10"	49°34'23"
13	02649056	Itaiópolis	SC	26°19'58"	49°55'38"
14	02649057	Campo Alegre	SC	26°11'11"	49°16'24"
15	02649058	Vitor Meireles	SC	26°41'51"	49°49'41"
16	02650008	Porto União	SC	26°23'02"	50°52'42"
17	02650016	Santa Cecília	SC	26°33'21"	50°36'04"
18	02650018	Canoinhas	SC	26°21'05"	50°38'44"
19	02651001	Vargem Bonita	SC	26°52'24"	51°47'47"
20	02651036	Macieira	SC	26°46'33"	51°15'46"
21	02651040	Ponte Serrada	SC	26°55'14"	51°55'41"
22	02652000	Abelardo Luz	SC	26°33'22"	52°19'51"
23	02652001	Ipumirim	SC	26°57'09"	51°55'41"
24	02652002	São Domingos	SC	26°35'01"	52°38'25"
25	02652021	Jardinópolis	SC	26°44'10"	52°54'01"
26	02652031	S. Lourenço do Oeste	SC	26°24'01"	52°53'44"
27	02653001	Campo Erê	SC	26°26'38"	53°04'55"
28	02653002	Dionísio Cerqueira	SC	26°16'09"	53°37'39"
29	02653003	Modelo	SC	26°46'31"	53°02'47"
30	02653004	Romelândia	SC	26°40'58"	53°17'12"
31	02653005	São José do Cedro	SC	26°27'54"	53°27'13"
32	02653007	Saudades	SC	26°55'44"	53°00'27"
33	02653013	Palma Sola	SC	26°21'19"	53°16'41"
34	02748000	Brusque	SC	27°06'02"	48°55'04"
35	02748001	Major Gercino	SC	27°24'51"	48°57'10"
36	02748003	Angelina	SC	27°29'21"	48°59'17"
37	02748016	Antônio Carlos	SC	27°31'01"	48°46'10"
38	02748017	Paulo Lopes	SC	27°57'22"	48°40'35"
39	02748018	São Bonifácio	SC	27°54'04"	48°55'28"
40	02748019	Gov. Celso Ramos	SC	27°19'07"	48°33'47"

Continua...

Tabela 1 - Continuação

41	02749000	Apiuna	SC	27°02'17"	49°23'42"
42	02749001	Ibirama	SC	27°03'14"	49°31'00"
43	02749002	Ituporanga	SC	27°23'55"	49°36'21"
44	02749003	Taió	SC	27°06'47"	49°59'40"
45	02749005	Ibirama	SC	27°02'03"	49°35'23"
46	02749006	Pouso Redondo	SC	27°15'26"	49°56'27"
47	02749007	Alfredo Wagner	SC	27°43'50"	49°22'58"
48	02749012	Anitápolis	SC	27°59'47"	49°06'53"
49	02749013	Trombudo Central	SC	27°17'25"	49°46'08"
50	02749015	Major Gercino	SC	27°23'50"	49°58'48"
51	02749016	Apiuna	SC	27°02'25"	49°22'53"
52	02749017	Ituporanga	SC	27°30'07"	49°33'11"
53	02749020	Rancho Queimado	SC	27°40'21"	49°00'22"
54	02749027	Anitápolis	SC	27°54'43"	49°07'55"
55	02749031	Lages	SC	27°48'15"	49°46'48"
56	02749033	Vidal Ramos	SC	27°23'33"	49°21'56"
57	02749034	Leoberto Leal	SC	27°30'27"	49°17'15"
58	02749037	Alfredo Wagner	SC	27°41'00"	49°21'55"
59	02749039	Rio do Sul	SC	27°12'20"	49°37'54"
60	02750001	Campo Belo do Sul	SC	27°53'56"	50°45'13"
61	02750007	Lages	SC	27°55'20"	50°05'57"
62	02750008	São José do Cerrito	SC	27°32'30"	50°51'25"
63	02750009	Curitibanos	SC	27°20'02"	50°45'12"
64	02750010	Curitibanos	SC	27°09'40"	50°28'08"
65	02750012	Curitibanos	SC	27°20'43"	50°26'09"
66	02750014	Taió	SC	27°05'50"	50°02'02"
67	02750020	São José do Cerrito	SC	27°39'38"	50°34'59"
68	02751001	Anita Garibaldi	SC	27°41'32"	51°07'46"
69	02751004	Joaçaba	SC	27°10'18"	51°30'01"
70	02751012	Capinzal	SC	27°20'32"	51°36'30"
71	02752005	Concórdia	SC	27°18'52"	51°59'36"

Continua...

Tabela 1 - Continuação

72	02753006	Palmitos	SC	27°03'52"	53°09'25"
73	02753013	Mondaí	SC	27°00'05"	53°31'32"
74	02848000	Armazém	SC	28°15'40"	49°00'44"
75	02848006	São Martinho	SC	28°06'17"	48°55'07"
76	02848007	Imbituba	SC	28°16'52"	48°42'08"
77	02849000	Tubarão	SC	28°25'10"	49°06'24"
78	02849001	Orleans	SC	28°21'32"	49°17'42"
79	02849002	São Ludgero	SC	28°19'33"	49°10'45"
80	02849004	Araranguá	SC	28°57'30"	49°36'05"
81	02849006	Forquilha	SC	28°45'02"	49°28'23"
82	02849008	Grão Pará	SC	28°12'34"	49°11'42"
83	02849009	Bom Jardim da Serra	SC	28°20'23"	49°37'17"
84	02849019	Timbé do Sul	SC	28°50'06"	49°50'16"
85	02849020	Jaguaruna	SC	28°36'24"	49°01'59"
86	02849021	Urubici	SC	27°59'19"	49°34'39"
87	02849022	Içara	SC	28°43'18"	49°18'12"
88	02849023	Bom Jardim da Serra	SC	28°22'09"	49°48'28"
89	02849024	Meleiro	SC	28°51'13"	49°35'23"
90	02850004	Lages	SC	28°09'08"	50°26'27"
91	02949001	Praia Grande	SC	29°11'45"	49°57'48"
92	02949003	Sombrio	SC	29°02'45"	49°36'24"
93	02548020	Guaratuba	PR	25°58'60"	48°52'60"
95	02549076	Campo do Tenente	PR	25°58'60"	49°40'60"
96	02548053	Guaratuba	PR	25°52'60"	48°34'60"
97	02550005	Mallet	PR	25°57' 8"	50°40'45"
98	02550017	São Mateus do Sul	PR	25°56'60"	50°34' 0"
99	02550020	Antônio Olinto	PR	25°56'60"	50°0 0"
100	02649006	Rio Negro	PR	26°6'0"	49°47'60"
101	02649021	Rio Negro	PR	26° 9' 17"	49°22'50"
102	02650005	São Mateus do Sul	PR	26°6' 0"	49°47'60"
103	02650006	São Mateus do Sul	PR	26°4'60"	50°19'0"

Continua...

Tabela 1 - Continuação

104	02651000	União da Vitória	PR	26°1'9"	50°35'33"
105	02651003	General Carneiro	PR	26°13'41"	51°4'49"
106	02651004	Porto Vitória	PR	26°23'12"	51°16'19"
107	02651005	União da Vitória	PR	26°10'0"	51°13'0"
108	02651010	General Carneiro	PR	26°1'50"	51°8'31"
109	02651013	Bituruna	PR	26°37'59"	51°19'59"
110	02651016	União da Vitória	PR	26°11'26"	51°17'52"
111	02651020	Bituruna	PR	26°3'0"	51°12'0"
112	02651023	Bituruna	PR	26°8'60"	51°23'60"
113	02651026	General Carneiro	PR	26°7'0"	51°34'0"
114	02651029	Palmas	PR	26°28'47"	51°25'41"
115	02651031	Palmas	PR	26°25'60"	51°34'0"
116	02651035	Palmas	PR	26°16'0"	51°53'60"
117	02651043	Palmas	PR	26°22'0"	51°52'0"
118	02652007	Coronel Vivida	PR	26°28'60"	51°58'60"
119	02652009	Pato Branco	PR	26°1'46"	52°37'42"
120	02652010	Palmas	PR	26°3'2"	52°48'3"
121	02652011	Mariópolis	PR	26°28'60"	52°0'0"
122	02652012	Vitorino	PR	26°21'0"	52°34'0"
123	02652013	Pato Branco	PR	26°16'0"	52°47'60"
124	02652015	Clevelândia	PR	26°13'60"	52°40'60"
125	02652022	Mangueirinha	PR	26°16'41"	52°17'6"
126	02652025	Vitorino	PR	26°7'0"	52°25'60"
127	02653009	Sto Antônio do Sudoeste	PR	26°19'0"	52°43'0"
128	02653020	Salgado Filho	PR	26°4'0"	53°43'48"
129	02653021	Barracão	PR	26°10'0"	53°22'60"
130	02653023	Flor da Serra do Sul	PR	26°13'0"	53°28'60"
131	02751006	Paim Filho	RS	27°42'5"	51°44'16"
132	02751008	Maximiliano de Almeida	RS	27°39'5"	51°44'3"
133	02751015	Barracão	RS	27°40'3"	51°27'17"
134	02751018	Marcelino Ramos	RS	27°27'53"	51°54'11"

Continua...

Tabela 1 - Continuação

135	02752017	Itatiba do Sul	RS	27°23'20"	52°27'16"
136	02752021	Gaurama	RS	27°35'14"	52° 5' 36"
137	02753002	Frederico Westphalen	RS	27° 21' 0"	53°23'60"
138	02753019	Iraí	RS	27°11'20"	53°15'12"
139	02850006	Bom Jesus	RS	28°26'58"	50°17'47"
140	02851043	Esmeralda	RS	28° 3' 33"	51°11'17"
141	02950038	Terra de Areia	RS	29°35'28"	50° 2' 1"

Fonte: Autor, 2014.

#### 4.2 PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL

Em cada estação relacionada na tabela 1, foram determinados os totais mensais e anuais de precipitação. Para estimar a precipitação mensal provável, foi utilizada a distribuição Gama, que tem como função densidade de probabilidade:

$$f.d.p = f(x) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)\beta^\gamma} x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (9)$$

com  $\beta$  e  $\gamma > 0$

onde  $\Gamma(\gamma)$  é a função Gama

Os parâmetros da distribuição gama foram estimados pelo método dos Momentos, usando as expressões:

$$\beta = \frac{s^2}{x} \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{-2}{s^2} x \quad (11)$$

Essa função tem assimetria positiva. Variando-se o valor do parâmetro  $\beta$ , com  $\gamma$  constante, varia-se a escala da distribuição, em caso contrário, muda-se a forma. Por esta razão é muito comum referir-se a  $\beta$  e  $\gamma$  como parâmetros de escala e de forma respectivamente.

Para os totais anuais de precipitação também foi testado a aderência à distribuição normal, que tem como função densidade de probabilidade é:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < X < +\infty \quad (12)$$

sendo  $\mu$  e  $\sigma$  os parâmetros da distribuição

A aderência dos dados de precipitação total mensal e anual às distribuições ajustadas foi avaliada com o teste de Kolmogorov-Smirnov, consiste em comparar os desvios máximos entre as frequências observadas e as frequências (probabilidades) calculadas, isto é:

$$D = \max(F_{\text{obs}} - F_{\text{esp}}) \quad (13)$$

O valor de D foi comparado com o valor crítico (Dcrit) para o nível de significância de 5%.

#### 4.3 MODELAGEM DA OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO

Para a modelagem da ocorrência de precipitação, foi considerada a cadeia de Markov de dois estados, em que o dia é considerado seco ou chuvoso. O critério adotado para o dia ser considerado seco foi de chuva inferior a 1,0 mm. Neste trabalho foi utilizada a cadeia de primeira ordem, em que a probabilidade de um dia ser seco (ou chuvoso) depende somente da condição do dia anterior.

Para levar em conta a estacionariedade, os parâmetros do modelo foram ajustados por períodos mensais. Dessa forma foram determinadas as matrizes de probabilidades de transição conforme:

$$P00_i = \frac{N00_i}{N00_i + N01_i} \quad (14)$$

$$P10_i = \frac{N10_i}{N10_i + N11_i} \quad (15)$$

$$P01_i = 1 - P00_i; \quad (16)$$

$$P11_i = 1 - P10_i; \quad (17)$$

em que:

- P00 = Probabilidade de um dia ser seco, dado que o anterior também foi seco;
- P10 = Probabilidade de um dia ser seco, dado que o anterior foi chuvoso;

- P01 = Probabilidade de um dia ser chuvoso, dado que o anterior foi seco;
  - P11 = Probabilidade de um dia ser chuvoso, dado que o anterior foi chuvoso;
  - N10 = frequência observada da sequência de dia chuvoso seguido por dia seco;
  - N11 = frequência observada de sequência de dois dias chuvosos;
  - N00 = frequência observada da sequência de dois dias secos;
  - N01 = frequência observada de um dia seco seguido por dia chuvoso;
- i = mês (1 a 12).

Para cada estação foi determinada a sequência de dias secos e dias chuvosos consecutivos e calculada as frequências de ocorrências das sequência de dias consecutivos secos e chuvosos e também as frequências teóricas estimadas com a distribuição geométrica. A aderência da distribuição foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5 %.

De acordo com a distribuição geométrica a probabilidade de uma sequência de dias com chuva prolongar-se por “r” dias é dada por:

$$P[x = r] = (1 - P[11])P[11]^{r-1} \quad (18)$$

De forma análoga, a sequência de dias sem chuva será dada por:

$$P[x = r] = P[01](1 - P[01])^{r-1} \quad (19)$$

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA.

Com base na distribuição geométrica (equações 18 e 19) foram calculadas as probabilidades de ocorrências de períodos consecutivos de chuva com duração de 3, 5 e 7 dias, e também a probabilidade de ocorrência de períodos secos de 7, 10 e 15 de duração. A variação destes valores no território catarinense foi representada em mapas.

Para geração dos mapas contidos neste trabalho, foi empregado o software ArcGIS, utilizado de modo geral para compartilhar e gerenciar dados geográficos, mapas e modelos analíticos utilizando aplicativos do programa. Os dados representados espacialmente através de modelagem matemática pelo método de interpolação da Krigagem ordinária (normal) utilizando o referido software (ESRI 2013).

A Krigagem é amplamente usada na espacialização de dados, sobretudo os relacionados aos fenômenos naturais, por sua dependência espacial. No método da Krigagem a variação espacial é quantificada por um semivariograma. O semivariograma é um gráfico de dispersão da semivariância versus distância dos pontos amostrados, sendo que a semivariância é uma medida de dispersão, a metade da variância. O semivariograma serve para analisar a dependência espacial entre as amostras (CHILDS 2004). A Krigagem tem a capacidade de produzir melhores estimativas em termos de interpolação, porque está embasada em duas premissas: não-tendenciosidade do estimador e variância mínima das estimativas (Vieira 2000).

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em virtude da grande quantidade de estações e dados utilizados, e para melhor compreensão da metodologia usada, serão apresentados os resultados detalhados da estação localizada no município de Abelardo Luz, código cadastro ANA n° 02652000 (coordenadas geográficas 26°33'22"/ 52°19'51"), Bacia hidrográfica do Rio Chapecó, Sub-Bacia do Rio Uruguai, cuja responsabilidade pela operação é da Companhia Brasileira de Recursos Minerais (CPRM) e para as demais estações citadas (Tabela 1) somente os principais resultados.

### 5. 1. PRECIPITAÇÃO MENSAL

Os valores de precipitação total mensal e anual da estação do município de Abelardo Luz, (02652000), da série de dados entre os anos de 1970 a 2012 estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Precipitação entre os meses de Janeiro a Julho da estação de Abelardo Luz (02652000).

Ano	Jan. (mm)	Fev. (mm)	Mar. (mm)	Abr. (mm)	Mai. (mm)	Jun. (mm)	Jul. (mm)
1970	132,2	41,7	184,9	132,2	117,2	306,0	166,2
1971	160,6	137,0	252,2	264,4	230,0	249,0	148,0
1972	258,2	192,0	219,0	49,5	90,1	244,2	148,1
1973	354,3	75,2	31,6	88,3	297,0	183,8	131,7
1974	197,2	127,2	68,7	137,5	243,0	186,4	80,8

Continua...

Tabela 2 - Continuação

1975	283,4	248,0	196,0	74,4	51,9	142,3	129,6
1976	235,7	75,7	86,9	59,5	191,2	120,7	80,2
1977	134,7	205,9	198,0	59,6	41,7	159,0	92,4
1978	93,0	75,5	104,3	0,0	50,8	156,0	288,0
1979	105,5	138,7	164,9	271,4	527,2	60,8	228,5
1980	209,8	313,2	185,5	180,5	169,7	144,7	353,1
1981	265,8	216,6	138,5	271,8	116,3	163,7	55,2
1982	113,5	302,6	209,5	124,7	181,6	403,3	412,3
1983	279,4	311,1	373,9	339,0	631,4	277,9	736,1
1984	378,2	286,3	192,5	204,3	179,9	267,7	190,9
1985	115,5	338,1	153,7	256,7	142,7	88,4	158,6
1986	145,6	274,9	120,6	213,8	253,4	96,7	97,3
1987	206,5	212,8	37,1	111,5	314,6	167,7	127,7
1988	123,1	94,8	79,1	249,3	311,7	156,8	15,0
1989	250,7	192,2	96,7	107,8	110,5	114,0	159,9
1990	282,6	145,5	76,7	313,9	173,2	244,9	155,5
1991	141,6	52,5	86,5	125,7	69,8	150,4	94,5
1992	80,5	150,1	202,6	76,4	325,0	170,8	126,7
1993	270,7	143,6	132,7	81,3	217,3	147,6	161,3
1994	84,5	314,1	103,3	128,8	175,2	173,1	253,3
1995	472,4	73,0	99,4	135,5	7,4	188,1	82,8
1996	228,4	194,4	349,8	17,9	55,8	193,0	103,2
1997	79,6	245,9	77,9	42,8	116,2	147,1	158,2
1998	204,4	192,0	278,8	319,1	164,2	48,5	192,9
1999	173,7	93,7	72,2	153,3	97,2	134,9	144,8
2000	121,2	121,6	101,9	85,7	91,5	98,4	102,7
2001	142,3	294,3	193,5	260,4	114,1	138,8	114,3
2002	102,6	71,5	113,6	93,6	216,3	154,0	101,0
2003	129,2	182,9	145,0	98,2	63,5	113,6	84,7
2004	214,3	48,4	29,9	189,5	189,4	56,9	141,0
2005	252,7	18,9	63,0	191,3	169,8	224,5	103,5
2006	191,7	55,9	195,8	64,0	34,8	53,4	49,2
2007	194,2	146,3	168,3	305,0	211,8	19,2	176,8
2008	83,0	75,5	195,3	309,6	54,8	152,6	37,0
2009	167,9	78,1	98,3	65,0	207,4	111,7	166,2
2010	214,5	110,7	221,6	395,9	201,2	118,1	139,3
2011	222,8	265,4	220,5	65,5	58,8	266,8	288,9
2012	49,8	210,5	69,6	190,7	57,8	120,9	151,9

Fonte: Autor, 2014.

Tabela 3 - Precipitação entre os meses de Agosto a Dezembro e Anual da estação de Abelardo Luz (02652000).

Ano	Ago. (mm)	Set. (mm)	Out. (mm)	Nov. (mm)	Dez. (mm)	Anual (mm)
1970	90,8	160,8	158,0	14,0	484,2	1988,2
1971	197,2	78,0	276,6	80,2	176,2	2249,4
1972	382,7	316,4	124,6	127,7	158,7	2411,2
1973	295,1	267,7	116,9	176,6	181,4	2599,6
1974	124,3	2,6	29,4	277,1	101,7	1765,9
1975	93,0	250,8	315,7	134,5	213,7	2133,3
1976	80,3	128,4	139,3	159,6	78,3	1435,8
1977	194,6	133,4	198,0	210,5	154,7	1782,5
1978	100,6	156,1	126,7	216,0	155,1	1522,1
1979	208,0	162,6	507,9	181,5	333,6	2890,6
1980	213,9	320,1	278,0	163,4	349,1	2881,0
1981	182,9	180,4	242,3	365,8	303,4	2502,7
1982	195,0	131,5	387,4	522,4	245,7	3229,5
1983	115,8	353,5	212,1	226,4	173,2	4029,8
1984	333,1	158,5	97,8	245,2	199,1	2733,5
1985	139,6	191,5	193,6	196,2	80,1	2054,7
1986	152,8	155,2	197,4	233,2	177,0	2117,9
1987	134,7	117,9	206,9	92,4	182,4	1912,2
1988	39,2	73,2	217,8	90,3	171,6	1621,9
1989	104,8	323,5	175,5	120,0	117,8	1873,4
1990	245,4	202,0	189,9	187,5	213,3	2430,4
1991	117,5	93,4	130,7	124,8	132,4	1319,8
1992	177,3	162,0	48,3	115,3	98,3	1733,3
1993	49,5	197,7	249,6	88,8	133,1	1873,2
1994	22,4	139,6	124,4	181,5	417,4	2117,6
1995	60,4	176,6	132,3	55,5	189,8	1673,2
1996	112,4	183,4	231,2	48,2	138,6	1856,3
1997	180,2	209,3	415,5	273,6	81,5	2027,8
1998	358,0	256,5	282,4	81,0	97,6	2475,4
1999	16,3	122,0	278,8	36,7	97,6	1421,2
2000	78,9	200,9	272,2	70,0	115,9	1460,9
2001	60,7	129,9	261,8	163,5	107,5	1981,1
2002	187,0	169,7	395,6	234,5	209,0	2048,4
2003	58,2	79,1	147,7	176,8	412,2	1691,1
2004	51,8	119,3	282,1	223,3	138,7	1684,6

Continua...

Tabela 3 - Continuação

2005	179,9	224,5	302,7	97,5	40,6	1868,9
2006	149,5	153,2	143,3	159,3	154,7	1404,8
2007	79,5	-	-	-	151,2	-
2008	110,3	113,8	346,6	159,7	85,3	1723,5
2009	197,2	-	341,9	-	-	-
2010	74,1	50,7	163,0	113,8	352,8	2155,7
2011	257,6	242,7	255,6	111,3	66,0	2321,9
2012	4,0	83,2	307,7	68,9	209,0	1524,0

Fonte: Autor, 2014.

Na Tabela 4, é apresentado um resumo estatístico destas séries. No período de 43 anos de observação foram constatadas algumas falhas nos registros de precipitação, de tal modo que a série de precipitação mensal dos meses de outubro e dezembro contém 42 valores e dos meses de setembro e novembro contém 41 valores.

Tabela 4. Resumo estatístico e parâmetros da distribuição Gama para precipitação total mensal e anual da estação Abelardo Luz (02652000)

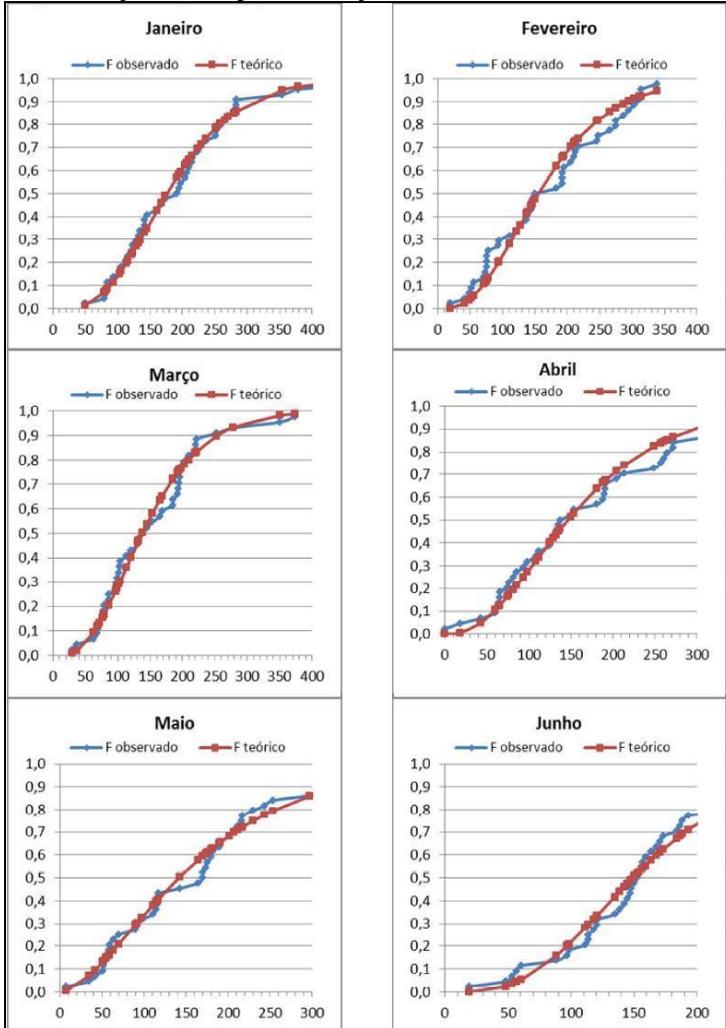
Período	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	CV (%)	N	As	Beta	Gama	D <sub>max</sub>
Jan.	189,5	88,4	46,6	43	0,940	41,250	4,594	0,0719
Fev.	170,8	90,9	53,2	43	0,196	48,350	3,532	0,1173
Mar.	150,9	76,9	51,0	43	0,875	39,230	3,848	0,1055
Abr.	165,2	97,9	59,3	43	0,459	58,020	2,848	0,0983
Mai	170,3	123,7	72,6	43	1,765	89,870	1,895	0,1000
Jun.	160,8	75,3	46,8	43	0,846	35,210	4,568	0,0785
Jul.	161,1	119,4	74,1	43	3,034	88,440	1,822	0,1662
Ago.	144,3	90,3	62,6	43	0,826	56,460	2,557	0,0942
Set.	172,2	73,6	42,7	41	0,735	31,420	5,481	0,0524
Out.	228,7	97,8	42,8	42	0,655	41,780	5,473	0,0689
Nov.	161,1	94,1	58,4	41	1,540	55,020	2,928	0,0942
Dez.	182,8	102,5	56,1	42	1,303	57,450	3,182	0,1094
Ano	2061,7	547,9	26,6	41	1,429	145,580	14,161	0,0889

Fonte: Autor, 2014.

A precipitação média mensal nesta estação varia de 144,3 mm para julho e 228,7 mm para outubro. Percebe-se que nesta estação não existe uma sazonalidade bem definida para a chuva média mensal e que a precipitação média anual foi de 2.061,7 mm com valores variando de 1.319,8 mm (no ano de 1991) a 4.029,8 mm (no ano de 1983). O coeficiente de variação muda de 42,7% (para setembro) a 74,1 % (para julho) e na série anual o coeficiente de variação foi de 26,6%. Os valores altos de coeficiente de variação mostram que existe uma grande alteração interanual nas chuvas mensais, decorrendo deste fato a importância de estimar as precipitações com determinados níveis de probabilidade. O coeficiente de assimetria apresentou valores positivos variando de 0,196 (para fevereiro) a 3,034 (para julho) e na série anual o coeficiente de assimetria foi de 1,429. Esses valores são indicativos cuja distribuição normal pode não ser a mais indicada para estimativa das precipitações prováveis, uma vez que a distribuição normal é simétrica (coeficiente de assimetria igual a 0,00). Constam ainda na Tabela 3 os parâmetros da distribuição Gama ajustados para cada uma das séries de precipitação mensal e também anual.

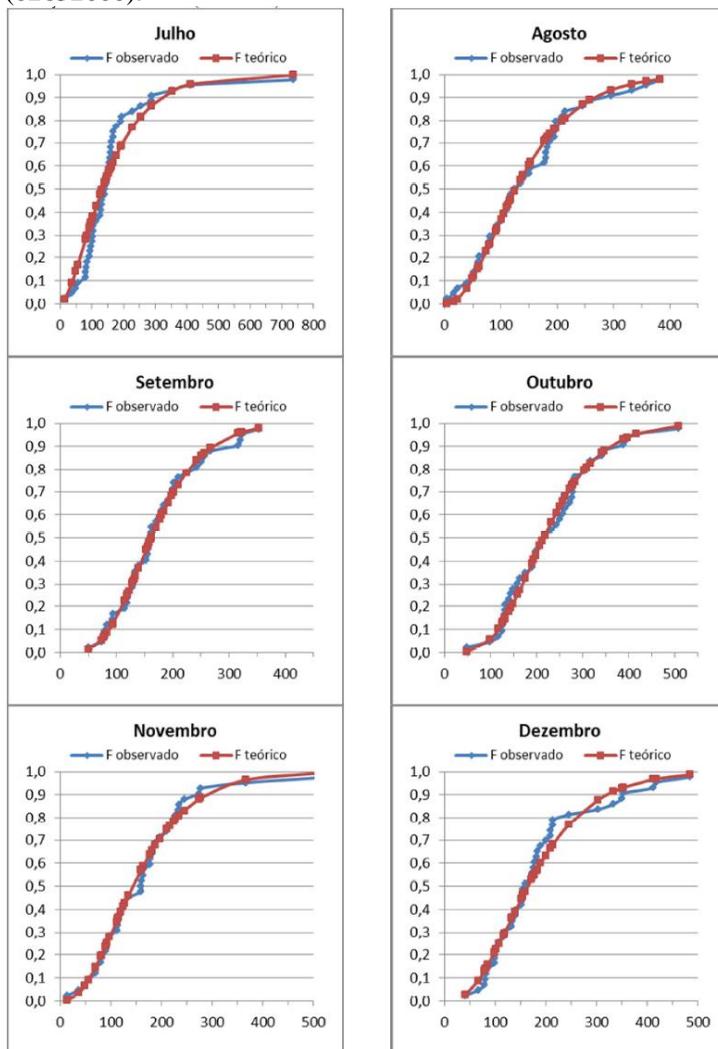
São apresentados na Figura 1 os valores de precipitação mensal observada e estimada por meio da distribuição gama para os meses de janeiro a junho e na Figura 2 constam estes valores para os meses de julho a dezembro. No mês de janeiro observa-se boa aderência entre as distribuições teórica e observada. A diferença máxima ( $D_{max}$ ) entre as duas frequências foi de 0,0719 (Tabela 4), valor este muito inferior ao valor crítico ( $D_{crit} = 0,207$ ) do teste de Kolmogorov-Smirnov. Observa-se que para Fevereiro houve uma diferença maior ( $D_{max} = 0,1173$ ) sendo a maior diferença observada no mês de julho ( $D_{max} = 0,1662$ ), porém ainda muito inferior ao valor crítico. Desta forma pode-se concluir que a distribuição gama pode ser usada para estimar as precipitações mensais prováveis para esta estação.

Figura 1 - Aderência das distribuições mensais de janeiro a junho à distribuição Gama para a estação Abelardo Luz (02652000).



Fonte: Autor, 2014.

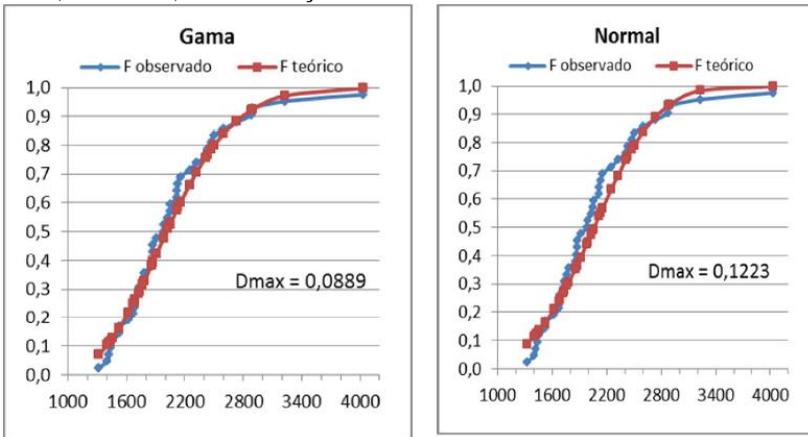
Figura 2 - Aderência das distribuições mensais de julho a dezembro à distribuição Gama para a estação Abelardo Luz (02652000).



Fonte: Do Autor, 2014.

Para a série de precipitação total anual, Figura 3, obteve-se melhor aderência à distribuição gama ( $D_{max} = 0,0889$ ) comparado com a distribuição normal ( $D_{max} = 0,1223$ ). Das 92 estações pluviométricas analisadas em Santa Catarina observou-se que em 69 (75%) o menor valor de  $D_{max}$  foi obtido com a distribuição Gama e assim esta foi utilizada também para estimar a precipitação anual provável.

Figura 3 - Aderência da precipitação total anual da estação Abelardo Luz (02652000) à distribuição Gama e Normal.



Fonte: Autor, 2014.

Os valores de precipitação estimada com probabilidade variando de 5% a 95% são apresentados na Tabela 5. Observa-se que os valores de precipitação com probabilidade de 50% são inferiores aos valores de precipitação média mensal (Tabela 3). No mês de janeiro esta diferença foi de 7,2%, no entanto no mês de julho, esta diferença foi de 17,6%, pela forte assimetria observada nesta série.

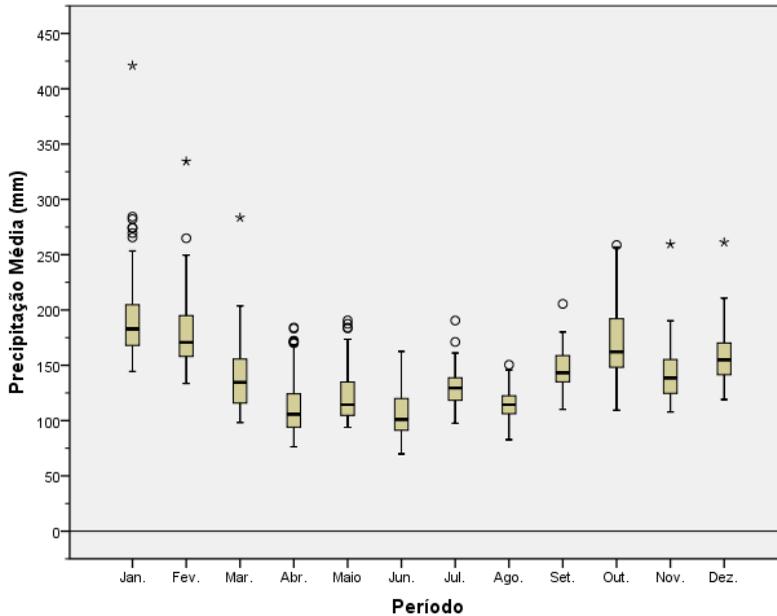
Tabela 5 - Precipitação provável para estação Abelardo Luz (02652000).

Prob	Jan. (mm)	Fev. (mm)	Mar. (mm)	Abr. (mm)	Mai. (mm)	Jun. (mm)	Jul. (mm)	Ago. (mm)	Set. (mm)	Out. (mm)	Nov. (mm)	Dez. (mm)	Anual (mm)
0,05	70,9	53,3	50,2	43,0	28,2	60,0	25,3	33,8	71,5	94,9	43,0	52,4	1.250,5
0,10	88,6	69,5	64,5	58,6	43,0	75,0	39,1	47,3	87,2	115,7	58,2	69,8	1.398,1
0,20	114,0	93,6	85,4	82,6	67,8	96,6	62,5	68,4	109,3	145,1	81,5	96,0	1.592,3
0,25	124,9	104,1	94,5	93,3	79,5	105,9	73,6	78,0	118,7	157,5	91,9	107,6	1.670,6
0,30	135,2	114,3	103,3	103,7	91,2	114,6	84,7	87,3	127,5	169,2	102,0	118,8	1.743,2
0,40	155,3	134,3	120,4	124,5	115,3	131,8	107,7	106,1	144,6	191,9	122,1	140,9	1.879,6
0,50	175,9	155,0	138,1	146,4	141,5	149,3	132,8	126,0	161,9	214,9	143,2	164,1	2.013,3
0,60	198,2	177,8	157,4	170,7	171,5	168,3	161,6	148,3	180,5	239,7	166,6	189,7	2.153,4
0,70	224,1	204,5	180,0	199,5	207,9	190,3	196,8	174,9	202,0	268,2	194,3	219,9	2.310,2
0,75	239,4	220,3	193,4	216,8	230,1	203,3	218,3	190,9	214,6	285,0	210,9	237,8	2.400,1
0,80	257,1	238,9	209,0	237,2	256,6	218,4	243,9	209,9	229,2	304,4	230,4	259,0	2.503,0
0,90	307,9	292,6	254,1	296,5	335,5	261,7	320,4	265,3	270,7	359,5	287,3	320,3	2.787,5
0,95	354,3	342,4	295,6	352,0	411,0	301,2	393,8	317,4	308,3	409,5	340,4	377,3	3.037,7

Fonte: Autor, 2014.

Estão representados na Figura 4 os gráficos no modelo box-plots dos valores de precipitação média mensal das 92 estações pluviométricas de Santa Catarina selecionadas para este trabalho. Para o mês de janeiro o menor valor de precipitação média mensal é de 144,4 mm. Dentre todas estações estudadas, 25% apresentam precipitação média no mês de janeiro de até 168,2mm, 50% das estações apresentam precipitação média de até 183,0 mm, e 75 % das estações apresentam precipitação média de até 204,3 mm. Observa-se ainda que sete estações apresentaram valores acima de 250 mm, sendo que uma estação apresentou valores extremos de média mensal de 420,9 mm. A estação de Major Gercino (02748001) está destacada com o símbolo de uma estrela (Figura 4), e também apresentou valores extremos para os meses de fevereiro, novembro e dezembro. Também pelo gráfico box-plots é possível observar a assimetria positiva na distribuição das precipitações médias mensais.

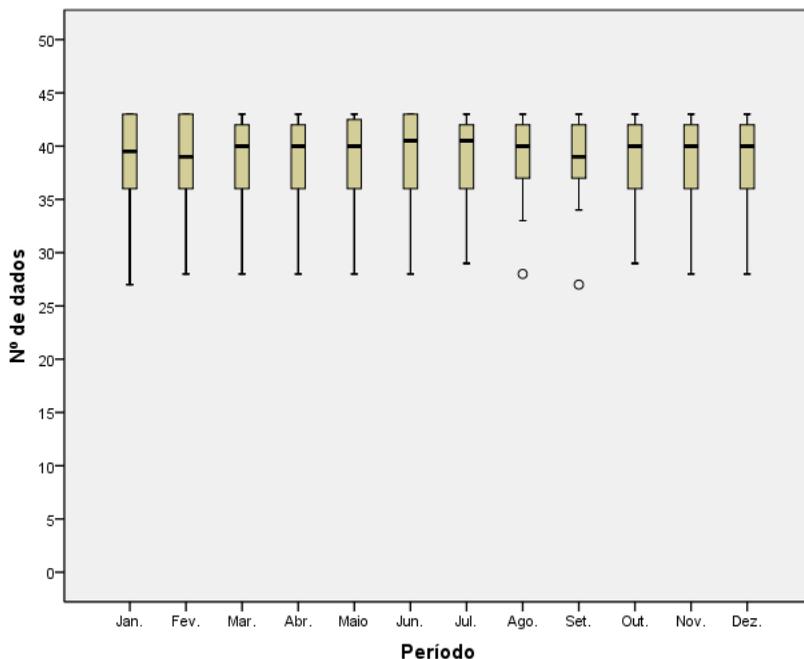
Figura 4 - Box-Plots dos valores de precipitação média mensal das 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina.



Fonte: Autor, 2014.

Estão representados na Figura 5, os gráficos box-plots do número de dados usados nos cálculos das precipitações médias mensais. Observa-se que os valores variam de 26 a 43 anos, sendo que em mais de 75% das estações foram usadas séries superiores a 36 anos para o cálculo das médias mensais. As estações em que foram usadas séries menores estão localizadas em regiões com baixa densidade de estações e por isso foram usadas mesmo que tivessem menos de 35 anos de observações válidas.

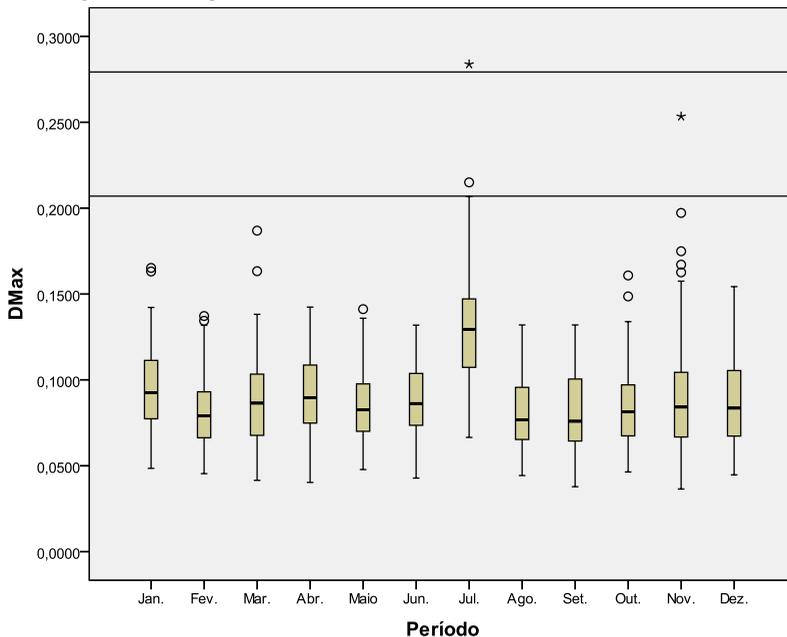
Figura 5 - Box-Plots do número de dados das séries de precipitações mensais das estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina.



Fonte: Autor, 2014.

Os valores dos desvios máximos ( $D_{max}$ ) do teste de Kolmogorov-Smirnov para a aderência das séries de precipitações mensais à distribuição Gama, ajustada entre as distribuições de frequências observadas das precipitações mensais e a distribuição Gama ajustada são apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Box-Plots dos valores de Dmax do teste de Kolmogorov-Smirnov para a aderência das séries de precipitações mensais a distribuição Gama ajustada.



Fonte: Autor, 2014.

Os menores valores observados foram na ordem de 5% ( $D_{max} = 0,05$ ) e na grande maioria das estações essa diferença foi inferior a 10% ( $D_{max} = 0,10$ ). Para todas estações estudadas os valores de  $D_{max}$  foram inferiores aos valores críticos de 5% de significância ( $D_{crit}$ ), cujo valor depende do tamanho da série. Para a série de 43 anos o valor crítico é de  $D_{crit} = 0,207$ , representado pela linha horizontal (Figura 6). Observa-se que somente três estações apresentaram  $D_{max}$  superior a este valor, no entanto eram estações com menor tamanho da série. Observa-se também, que no mês de julho foram obtidos maiores valores de  $D_{max}$ , indicando pior aderência dos dados de precipitação mensal à distribuição ajustada. Isto pode ter ocorrido devido a alta assimetria desta série e possível presença de valores extremos que prejudicaram o ajuste da distribuição de frequência dos valores de precipitação mensal.

Empregando as distribuições Normal e Gama, Cargnelutti Filho et al. (2005), estimaram a precipitação provável no período decenal para estações meteorológicas do Estado do Paraná.

Silva et al. (2007), em trabalho intitulado “Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS” constataram que a distribuição Gama e Weibull foram as melhores que relataram a variação da probabilidade de precipitação diária mensal da referida cidade.

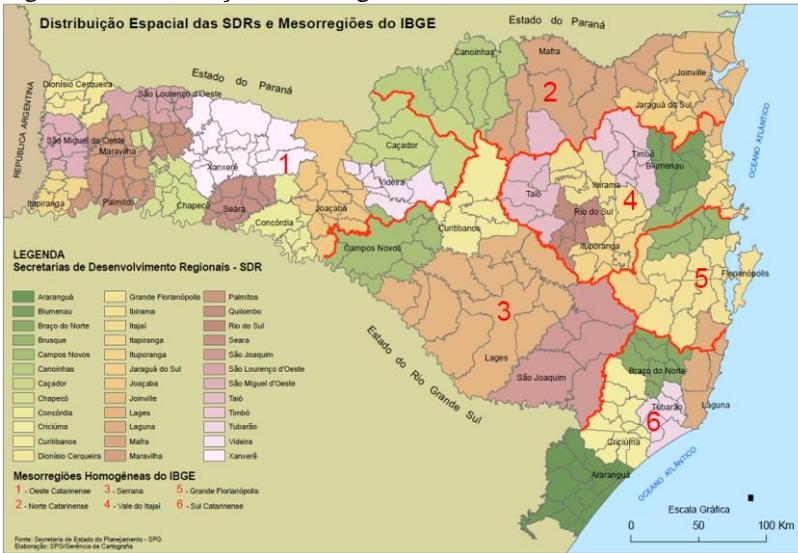
Confirmado por Catalunha et al. (2002), que testaram as funções de probabilidades Exponencial, Gama, Log-normal, Normal e de Weibull para descrever a distribuição de precipitações no estado de Minas Gerais, verificaram que as funções Exponencial, de Weibull e Gama foram as melhores no ajuste dos dados analisados.

## 5.2 MAPAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA MENSAL

Após geração e ordenação dos valores de precipitação média mensal das 92 estações pluviométricas de Santa Catarina, através dos gráficos Box-Plots (Figura 4), demonstrando a distribuição dos dados, optou-se pela elaboração de mapas, através do software ArcGIS.

As discussões dos resultados de todos os mapas confeccionados neste trabalho serão referenciadas pelas mesorregiões do estado de Santa Catarina, definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme Figura 7, sendo 1 – Oeste Catarinense, 2 – Norte Catarinense, 3 – Serrana, 4 – Vale do Itajaí, 5 – Grande Florianópolis e 6 – Sul Catarinense.

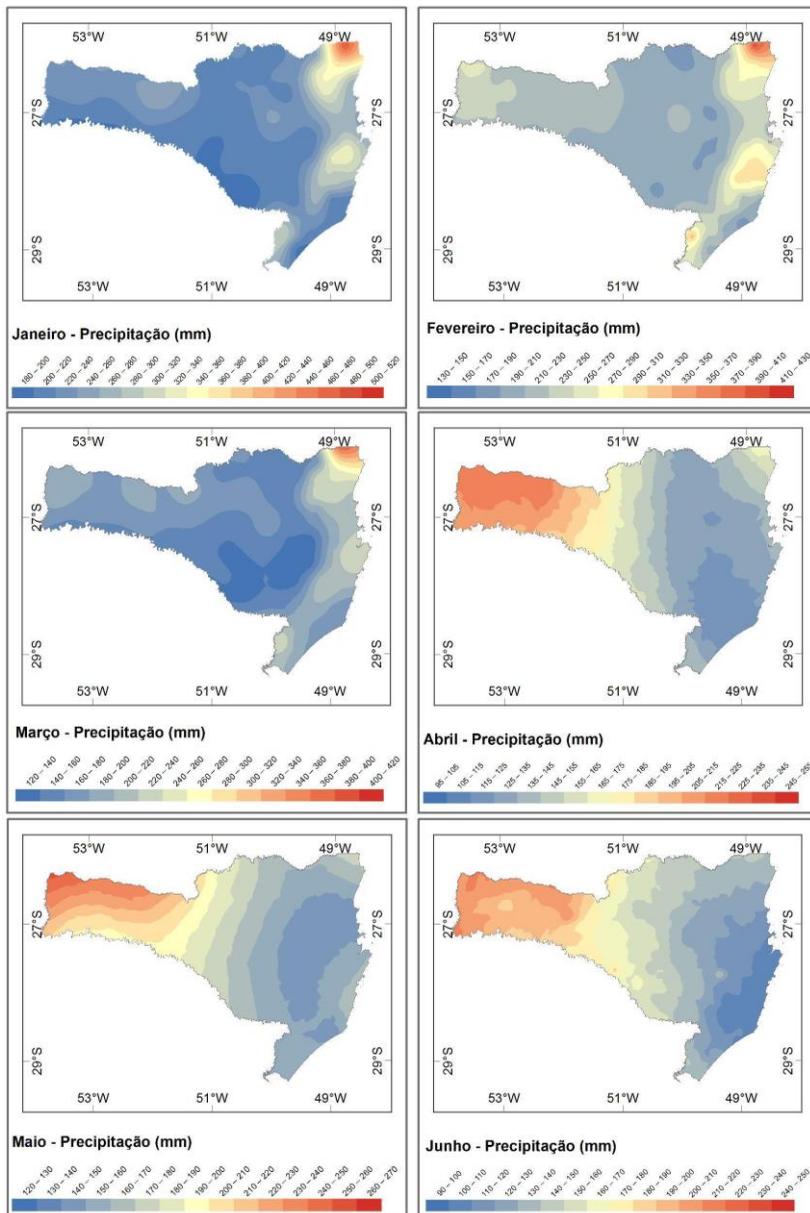
Figura 7 – Localização mesorregiões do estado de Santa Catarina



Fonte: Secretaria do Estado do Planejamento, 2014.

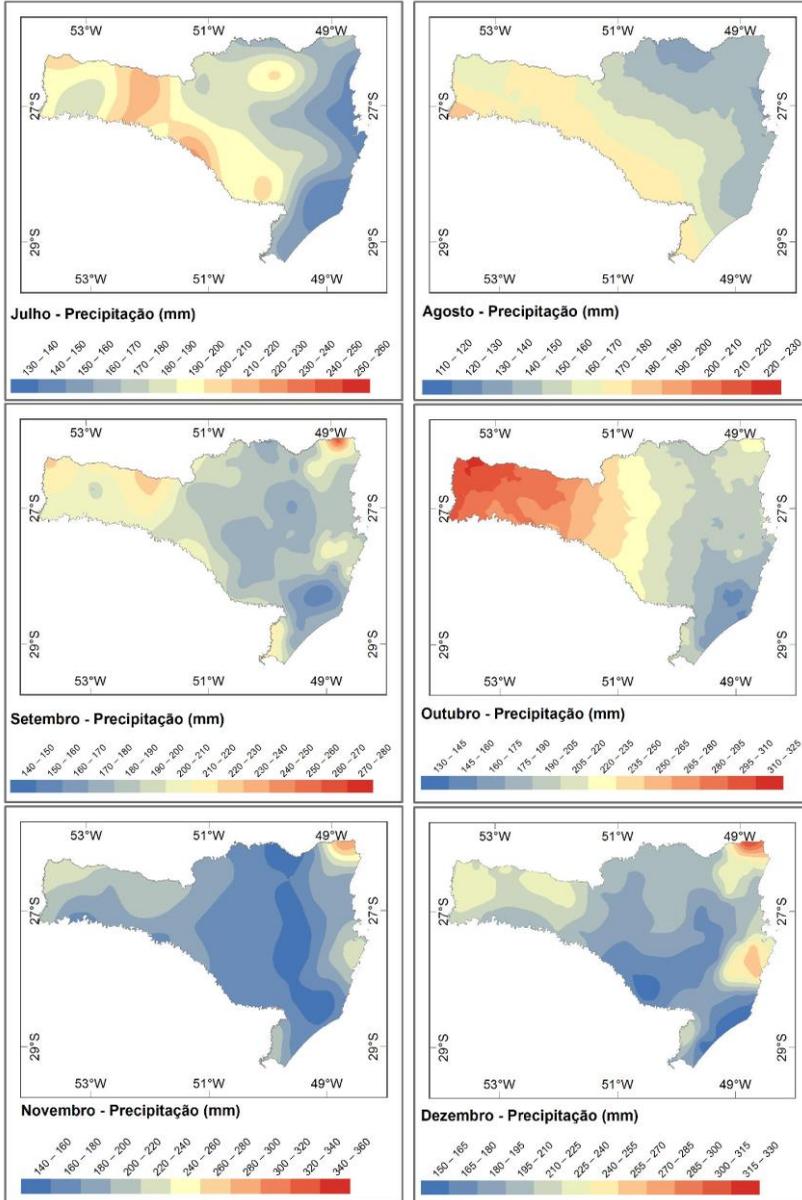
Seguem abaixo, os mapas de distribuição do volume de precipitação mensal, medida em milímetros (mm), com probabilidade de 75% de ocorrência, sendo representados pelos meses de janeiro até junho na Figura 8 e de julho até dezembro na Figura 9.

Figura 8 - Distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de 75 % para os meses de janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 9 - Distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de 75 % para os meses de julho a dezembro.



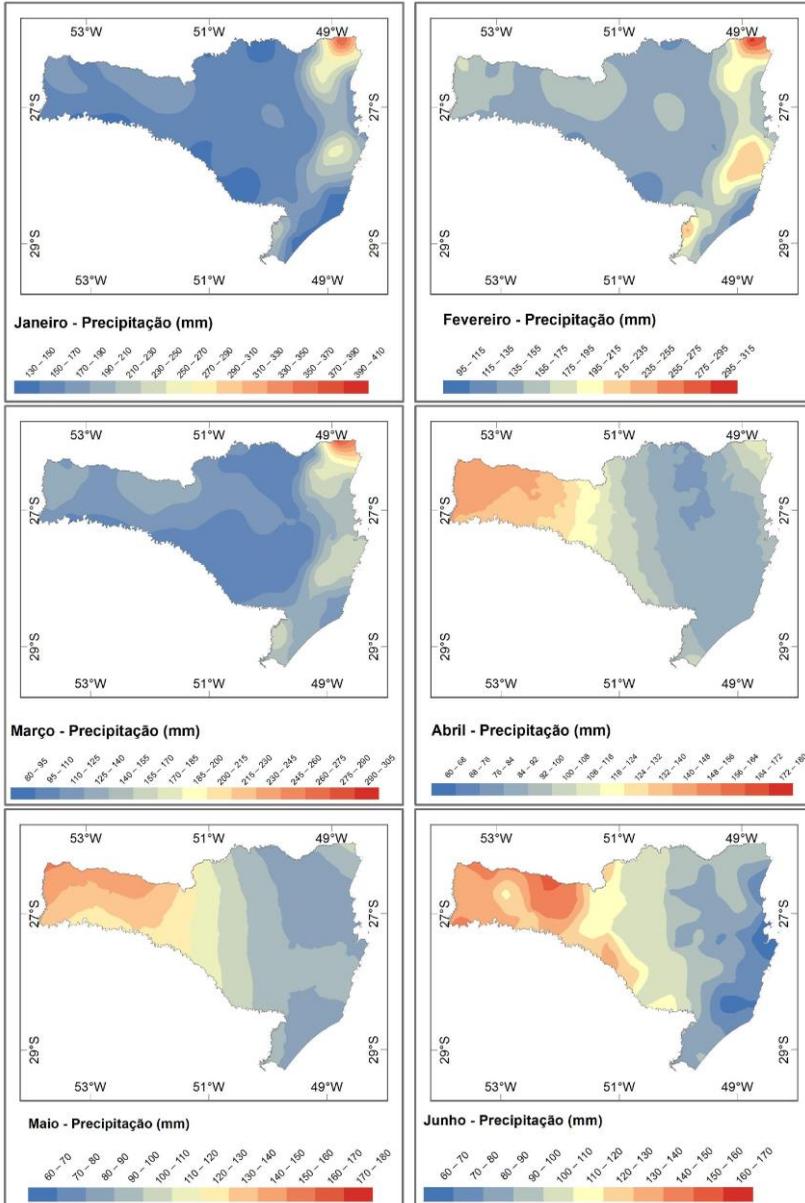
Fonte: Autor, 2014.

Verificando os resultados da distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de ocorrência para 75%, observa-se para região Norte do estado, um maior volume de precipitação entre os meses de janeiro a março com média de 470 mm; o mês de setembro apresentou média de 275 mm; novembro e dezembro com média de 375 mm.

Nos outros meses, abril a agosto e outubro, as regiões Oeste e Serrana apresentaram maior volume de precipitação, com destaque para o mês de outubro, com média de 280 mm. Durante o período monitorado, as regiões do Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul Catarinense demonstraram os menores valores de precipitação anual, variando entre 90 mm até 360 mm.

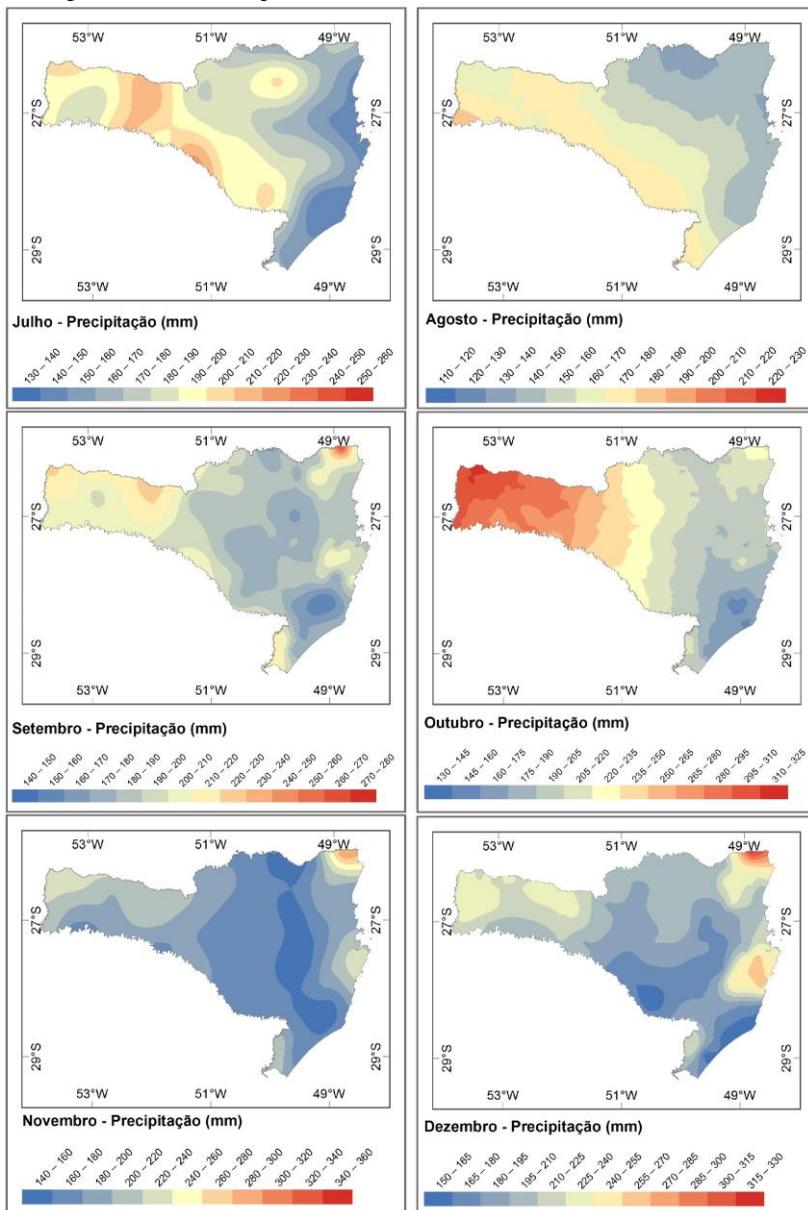
Na sequência, são apresentados em mapas os resultados da distribuição do volume de precipitação mensal, medida em milímetros (mm), com probabilidade de 50% de ocorrência, sendo representados pelos meses de janeiro a junho (Figura 10) e de julho a dezembro (Figura 11).

Figura 10 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 50 % para os meses de janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 11 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 50 % para os meses de julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

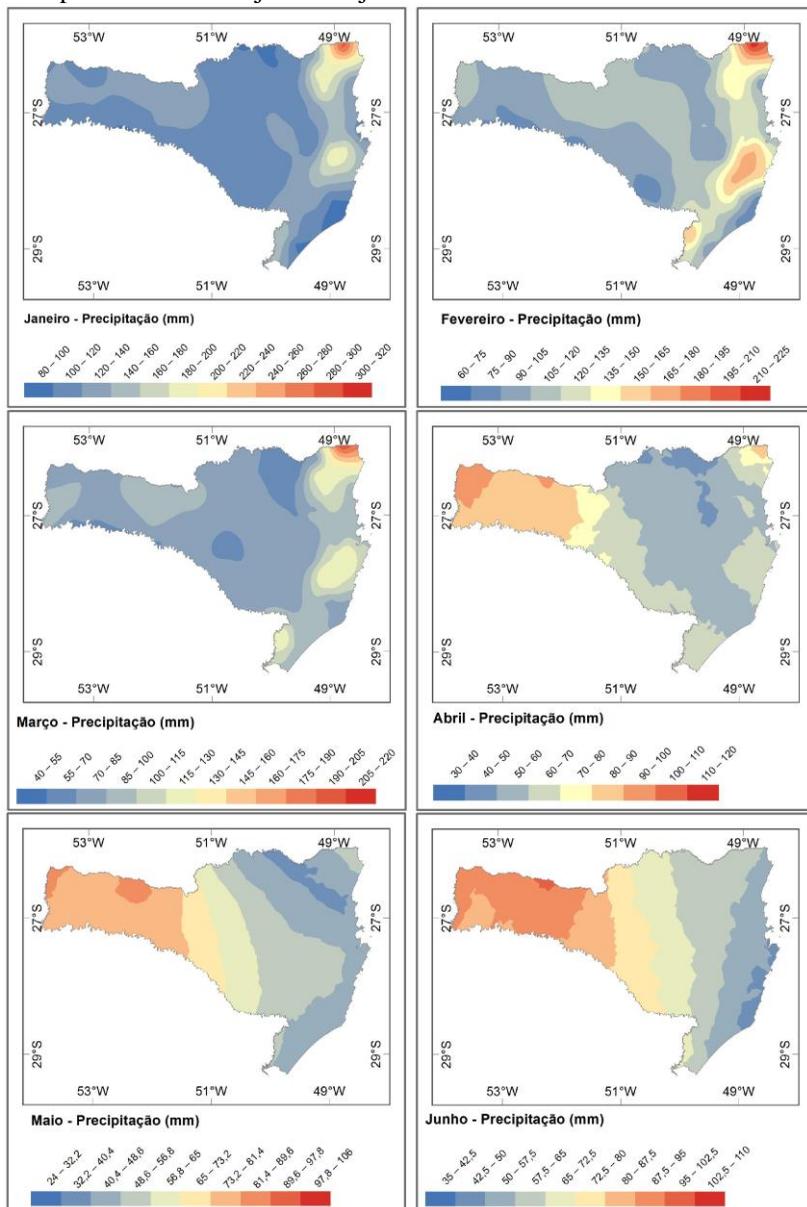
Analisando os resultados da distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de ocorrência para 50%, observa-se para região Norte do estado, um maior volume de precipitação entre os meses de janeiro a março que apresentou uma média de 358 mm; o mês de setembro com média de 275 mm; novembro e dezembro apontando média de 345 mm.

As regiões Oeste e Serrana apresentaram maior volume de precipitação, para os meses que compreendem as estações do ano de outono, com média de 175 mm e inverno com volume de 210 mm.

No mês de outubro, a região Oeste, apresentou o maior volume para o estado, com média de 288 mm. Novamente a região litorânea, compreendida pelas mesorregiões do Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul Catarinense demonstraram os menores valores de precipitação anual, variando entre 90 mm até 360 mm.

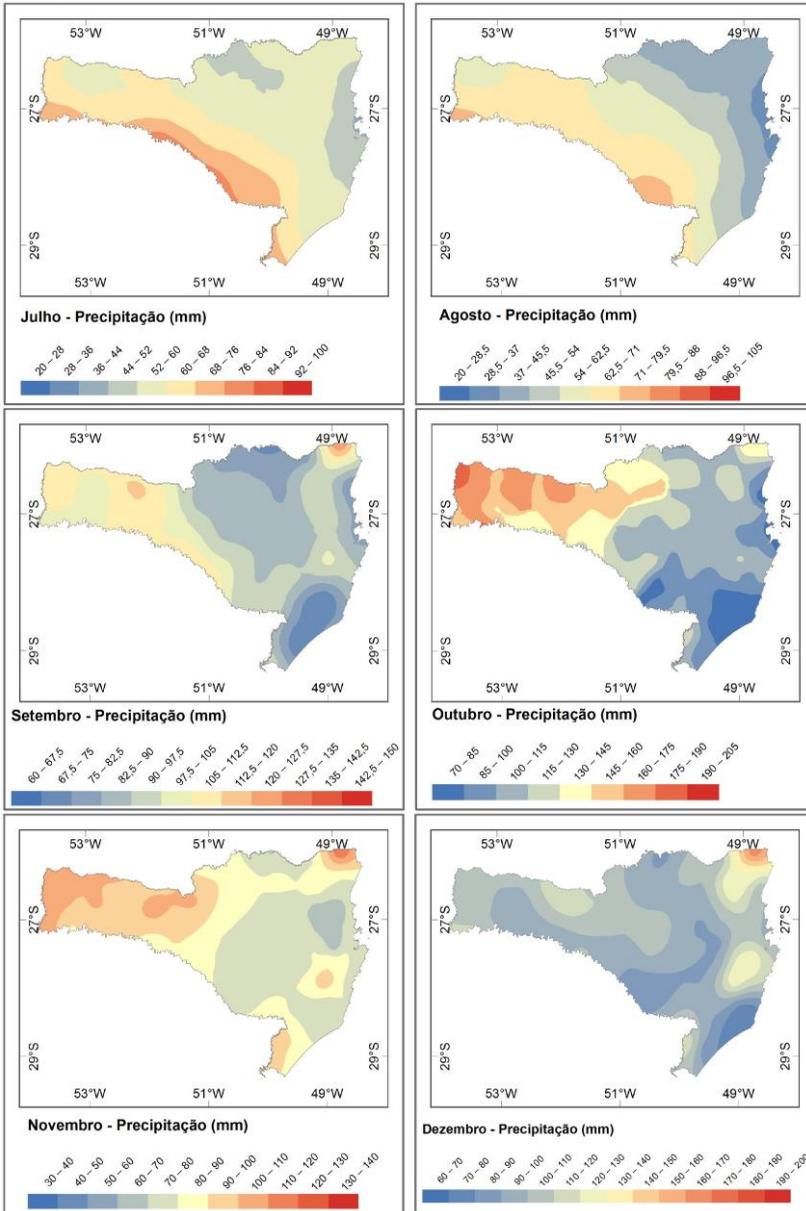
Finalizando a espacialização dos dados ordenados no gráfico Box-Plots (Figura 4), são apresentados os resultados em mapas da distribuição do volume de precipitação mensal, medida em milímetros (mm), com probabilidade de 25% de ocorrência, sendo representados pelos meses de janeiro a junho (Figura 12) e de julho a dezembro (Figura 13).

Figura 12 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 25% para os meses de janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 13 - Distribuição da precipitação mensal com probabilidade de 25% para os meses de julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

Analisando os resultados da distribuição do volume de precipitação mensal com probabilidade de ocorrência para 25%, observa-se para a região Norte do estado um maior volume entre os meses de janeiro a março, com média de 270 mm. Durante o outono e inverno, o volume diminui, passando a ter uma média de 54 mm.

Nos meses de novembro e dezembro os valores elevam-se novamente, obtendo um valor médio de 140 mm.

A região do Oeste Catarinense, demonstra maior volume de precipitação entre os meses de abril a junho, média de 115 mm e novamente em outubro e novembro, média de 143 mm. A região litorânea, que compreende as regiões do Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul Catarinense nas estações do ano outono e inverno, apresentou valores mínimos médios de 40mm. A região Serrana apresentou maiores valores de precipitação nos meses mais quentes (janeiro a março e dezembro) 105 mm e valores médios no restante do ano com 70 mm.

As diferentes probabilidades de ocorrência da precipitação mensal de 75%, 50% e 25%, para cada região do estado de Santa Catarina, permitem que qualquer profissional que trabalhe em setores que dependem desta variável planeje suas ações ao longo do ano.

O excesso de chuva pode paralisar obras de terraplanagem como também a falta de água no solo poderá ocasionar danos para a agricultura.

### 5.3. NÚMERO DE DIAS DE CHUVA

Os valores do número de dias de chuva (adotou-se o critério de chuva igual ou superior a 1,0 mm), para a estação do município de Abelardo Luz (02652000), estão relacionados na Tabela 6. Nos 43 anos de medição de chuva, observou-se no mês de janeiro que o número de dias de chuva variou de 3 a 21 dias, com média de 11 dias de chuva. Nas médias mensais observa-se que varia de 7,2 dias em agosto a 11,1 dias em fevereiro. O número de dias de chuva anual variou de 77 a 158 dias, com média de 111,7 dias.

Tabela 6 - Dias de chuva mensal e anual da estação de Abelardo Luz (02652000)

Ano	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Ano
1970	4	2	10	4	5	9	7	5	7	8	1	18	80
1971	4	8	11	10	8	8	4	6	4	8	4	9	94
1972	12	11	7	6	3	14	12	13	14	12	13	8	125
1973	21	10	8	10	10	11	9	13	17	8	6	13	136
1974	14	17	13	7	8	11	7	8	5	8	12	7	117
1975	12	11	14	9	6	10	6	9	14	14	15	14	134
1976	19	7	17	5	13	13	6	6	8	10	10	8	122
1977	10	12	12	6	7	6	3	8	5	10	12	7	98
1978	11	6	6	0	3	6	10	5	8	5	10	8	78
1979	6	7	7	11	13	5	9	9	8	16	6	16	113
1980	8	11	7	5	7	6	11	7	13	11	5	14	105
1981	14	11	8	10	6	7	2	7	10	11	11	11	108
1982	5	13	9	4	6	13	14	8	5	14	14	15	120
1983	13	13	9	10	17	10	16	6	11	10	10	7	132
1984	16	12	9	9	8	11	8	13	7	5	12	10	120
1985	5	19	9	13	7	5	9	9	12	9	10	4	111
1986	9	15	10	12	9	7	5	9	8	10	10	9	113
1987	10	12	2	6	15	9	8	7	8	11	5	9	102
1988	7	6	4	11	11	8	1	2	4	7	6	10	77
1989	19	13	8	11	7	8	10	8	11	10	13	8	126
1990	16	13	8	13	5	11	10	6	13	10	14	11	130
1991	6	5	6	8	4	5	4	7	4	6	8	10	73
1992	4	10	12	5	13	7	8	9	9	4	10	6	97
1993	15	11	13	7	9	9	9	3	11	12	4	10	113
1994	8	22	10	10	9	10	11	3	10	13	11	10	127
1995	18	12	11	8	1	8	5	4	9	9	6	11	102
1996	11	13	18	4	6	13	7	8	10	17	10	14	131
1997	8	17	10	7	5	8	5	7	5	12	11	9	104
1998	9	12	10	14	9	5	11	14	19	18	11	11	143
1999	14	14	7	13	9	10	10	3	8	12	6	9	115
2000	10	10	10	6	7	14	7	8	15	14	11	11	123
2001	18	21	20	14	14	10	9	6	11	12	10	12	157
2002	9	9	12	15	10	10	12	15	10	26	13	17	158
2003	11	18	12	3	5	12	8	6	8	10	12	11	116
2004	12	6	4	9	16	7	11	3	7	8	11	11	105
2005	10	5	7	9	9	7	6	6	15	13	4	7	98
2006	15	7	11	3	5	4	6	6	8	7	9	9	90

Continua...

Tabela 6 - Continuação

2007	6	9	6	10	7	3	9	5	-	-	-	8	-
2008	7	8	10	13	5	9	4	9	6	15	8	6	100
2009	11	9	8	4	9	6	12	6		14	-	-	-
2010	10	7	9	8	6	5	8	4	5	8	7	4	91
2011	13	15	9	6	4	10	9	11	8	8	7	7	107
2012	3	10	6	10	3	6	8	1	5	12	7	16	87
M	11,0	11,1	9,5	8,3	7,9	8,5	8,0	7,2	9,1	10,9	9,1	10,4	111,7
DP	4,5	4,4	3,5	3,5	3,7	2,8	3,1	3,2	3,7	4,0	3,3	3,2	20,1
N	43	43	43	43	43	43	43	43	41	42	41	42	41
As	0,27	0,49	0,79	-0,10	0,69	0,18	0,01	0,55	0,69	1,30	-0,40	0,55	0,20

M – Média; DP – Desvio Padrão; N – Número de dados; As – Coeficiente de Assimetria

Fonte: Autor, 2014.

Os valores médios mensais do número de dias de chuva para cada uma das 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina, estão relacionadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Dias de chuva média mensal para as 92 estações pluviométricas do estado de Santa Catarina

N	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	11,0	11,1	9,5	8,3	7,9	8,5	8,0	7,2	9,1	10,9	9,1	10,4
2	13,9	13,0	9,7	7,5	7,9	8,4	9,1	8,4	10,7	11,6	10,4	11,4
3	13,1	11,1	9,0	7,0	6,9	7,0	8,3	7,2	9,4	10,6	9,4	9,7
4	17,3	14,6	13,4	9,3	8,6	8,0	9,0	8,4	11,7	13,1	12,8	13,7
5	11,5	11,1	9,6	8,0	7,9	9,1	9,0	8,4	9,7	10,4	9,1	10,6
6	15,7	15,1	13,8	9,8	8,8	7,8	8,1	8,4	10,6	12,1	11,7	13,3
7	16,8	15,0	14,7	9,8	9,3	7,7	9,0	8,8	11,6	12,5	12,2	15,1
8	16,0	13,5	13,3	9,1	8,1	6,4	8,4	7,2	10,3	12,5	11,9	13,2
9	14,4	12,6	11,7	8,1	7,7	7,5	8,8	7,7	11,2	12,1	10,6	11,7
10	13,8	12,3	11,5	8,0	7,5	7,7	8,6	7,7	11,2	11,6	10,4	11,4

Continua...

Tabela 7 - Continuação

11	15,3	11,7	10,8	9,1	7,4	7,0	7,3	6,5	10,0	11,8	10,8	12,3
12	9,8	10,2	10,2	6,6	7,1	7,1	7,2	7,3	8,6	8,8	8,1	8,4
13	10,6	11,2	10,3	6,6	7,5	6,4	7,3	6,8	8,4	8,7	8,5	8,8
14	13,8	11,8	11,3	7,8	7,5	7,6	8,2	7,2	10,7	11,4	11,0	11,5
15	14,5	12,2	11,7	8,2	7,6	7,3	8,1	7,6	10,8	11,6	10,6	11,5
16	14,2	13,5	11,5	7,8	8,4	8,0	8,5	8,1	9,3	10,0	9,9	11,9
17	13,2	12,1	9,9	6,9	7,3	7,4	8,4	8,0	9,1	10,0	9,6	10,9
18	13,9	12,0	11,6	8,0	7,3	7,2	7,9	6,8	11,3	11,8	11,4	12,3
19	14,9	13,2	11,7	8,6	8,3	7,1	7,9	6,4	9,4	11,1	10,8	12,4
20	12,6	11,2	9,1	7,4	7,5	8,5	8,2	7,8	9,2	10,1	8,3	9,1
21	9,8	10,0	9,1	7,3	7,1	7,9	7,3	6,8	8,6	10,3	8,1	9,8
22	10,4	10,1	7,9	6,6	6,1	6,3	7,2	5,7	8,0	9,8	8,8	9,4
23	10,9	10,7	8,3	7,4	7,5	8,0	8,4	6,9	8,6	10,3	8,8	9,6
24	11,6	10,7	8,8	7,8	8,2	8,7	8,2	8,4	9,1	10,6	9,1	9,8
25	16,0	13,7	13,0	9,4	7,9	7,4	8,5	7,0	10,7	12,3	10,7	12,5
26	11,4	11,7	8,6	7,3	7,0	7,7	8,2	7,5	9,0	10,0	9,3	10,3
27	12,2	11,4	9,6	6,9	7,4	7,7	8,5	7,6	8,9	10,3	9,0	10,5
28	12,1	11,4	9,6	7,1	7,3	7,6	7,9	7,3	8,9	9,8	8,9	10,7
29	11,1	11,2	9,2	8,0	8,0	8,5	8,2	7,8	9,5	11,0	8,4	9,5
30	12,1	11,8	10,1	6,7	7,2	6,7	8,1	7,7	8,8	9,0	8,7	9,3
31	11,8	10,4	9,4	7,9	6,6	6,4	7,5	6,6	8,9	10,1	9,8	9,4
32	14,8	14,5	12,6	8,6	8,2	7,5	8,0	7,4	9,8	10,5	11,0	12,2
33	11,4	10,3	9,1	6,5	6,7	6,4	7,9	6,8	9,7	10,0	8,7	9,5
34	11,7	10,3	9,1	6,2	6,8	6,3	7,7	6,8	9,0	10,0	8,1	8,8
35	21,6	16,9	18,1	15,0	11,0	9,3	10,3	9,4	14,2	16,6	16,0	17,4
36	13,1	10,4	10,4	7,6	7,0	6,1	7,4	6,6	9,4	10,2	8,9	10,7
37	11,2	11,2	9,8	7,8	7,7	7,1	8,3	8,0	9,2	9,8	9,6	9,3
38	10,9	10,6	9,7	7,8	7,4	6,6	8,3	7,1	9,1	9,7	9,3	8,4
39	14,4	12,8	10,6	7,6	7,3	6,9	7,8	7,3	10,8	11,6	10,3	11,3
40	11,5	11,4	8,9	7,7	7,2	8,3	7,8	7,3	8,8	10,0	8,4	9,9
41	12,5	12,1	9,5	7,5	6,7	6,9	7,8	6,4	8,9	10,8	9,2	11,3
42	12,5	11,1	9,6	7,2	6,5	6,4	7,9	6,5	8,6	10,7	9,4	10,2
43	13,2	12,0	10,3	7,1	8,0	8,0	9,0	7,8	10,1	10,9	10,0	10,7
44	13,5	12,5	10,0	7,0	7,5	7,2	8,5	7,8	9,6	10,7	10,0	10,6
45	11,6	11,1	10,0	8,2	8,8	7,2	8,4	8,0	9,4	10,1	9,4	9,9
46	9,4	9,5	7,6	6,8	6,7	6,0	6,5	5,6	7,4	9,0	7,8	8,2
47	12,5	12,0	9,5	7,2	7,5	7,7	8,1	7,4	8,8	10,4	9,6	11,0
48	16,4	13,4	12,5	9,5	8,2	7,7	8,3	8,0	11,7	12,6	12,0	12,6
49	9,5	9,0	6,9	6,0	6,1	7,1	7,6	7,0	7,6	8,2	7,5	7,4
50	10,7	10,1	8,3	6,3	6,3	7,1	7,6	7,0	7,8	9,0	8,3	8,9
51	12,7	11,7	9,0	7,0	7,0	7,9	8,6	7,7	9,7	10,4	9,2	9,7

Continua...

Tabela 7 - Continuação

52	12,8	11,4	9,6	7,4	7,7	7,0	8,5	7,1	9,8	11,0	10,3	10,7
53	13,3	12,9	10,4	7,8	7,5	7,4	7,9	6,7	9,1	10,7	10,4	11,0
54	15,5	12,7	11,3	8,0	7,0	7,2	8,1	7,4	10,5	11,6	10,7	11,3
55	17,1	13,9	13,0	9,6	7,9	7,8	8,5	8,5	11,6	13,1	12,3	12,6
56	10,3	9,8	8,6	6,4	6,3	5,3	6,9	6,1	7,6	8,5	8,5	8,6
57	10,4	9,4	7,7	6,9	6,6	7,0	6,9	6,7	8,2	10,4	7,3	8,8
58	10,6	11,3	9,2	8,5	8,2	8,6	8,7	7,7	9,2	11,1	8,7	10,0
59	14,9	14,4	12,6	8,4	8,3	7,2	8,5	7,7	9,8	10,6	10,4	11,6
60	9,5	9,4	8,1	6,9	6,6	6,5	6,6	5,9	7,1	8,8	7,7	7,6
61	9,3	9,6	7,5	6,3	6,5	7,3	7,0	6,8	7,8	8,4	7,0	8,0
62	14,4	12,9	11,5	9,3	8,3	7,0	8,1	7,1	9,4	11,1	10,4	11,2
63	16,8	14,5	13,5	9,4	8,2	7,9	9,1	8,3	11,8	13,5	12,4	13,9
64	13,4	13,1	10,4	9,2	8,9	8,7	9,0	7,7	10,1	12,1	10,5	11,1
65	11,6	11,5	9,2	7,3	7,1	6,8	7,3	6,1	8,6	10,4	9,2	10,8
66	12,7	12,0	10,6	7,3	7,5	7,2	8,3	7,2	9,9	10,1	9,9	10,2
67	14,1	12,8	10,8	7,8	7,4	6,8	8,7	8,2	10,5	10,6	10,3	11,4
68	16,7	14,1	12,0	8,3	7,9	6,6	8,8	7,7	10,8	12,9	11,7	12,7
69	13,8	12,5	10,4	7,8	7,7	7,3	9,5	7,6	10,4	11,4	10,5	10,8
70	12,6	11,3	9,7	7,2	7,5	7,1	7,8	6,4	9,2	10,6	9,3	10,6
71	11,4	10,5	9,5	8,0	8,1	8,4	8,0	7,8	9,4	10,5	8,8	10,0
72	11,4	12,1	9,7	7,3	6,9	6,9	7,8	6,5	8,8	10,7	9,8	10,4
73	11,1	11,4	9,0	8,4	7,7	7,8	7,8	6,7	8,8	10,8	9,0	10,3
74	13,5	13,3	11,5	8,1	8,2	7,5	8,7	7,5	9,5	10,0	9,8	11,0
75	15,7	14,6	13,4	8,8	9,1	7,3	8,8	7,9	10,7	12,1	11,7	12,6
76	11,4	10,0	8,6	7,9	7,5	7,9	7,6	6,8	9,4	10,4	8,3	9,7
77	9,9	10,0	7,9	7,2	7,2	7,6	7,6	5,8	8,0	9,5	7,8	8,4
78	11,5	11,6	9,1	7,4	7,9	7,9	8,9	7,6	8,9	11,2	9,5	10,4
79	9,8	10,0	7,5	6,1	6,2	6,9	6,8	6,0	7,3	8,5	7,6	7,8
80	14,1	13,5	12,4	9,0	9,1	7,5	9,0	7,7	10,3	11,4	11,1	11,7
81	9,9	9,6	7,6	6,7	6,4	7,5	6,5	5,7	8,0	9,0	7,0	8,6
82	9,7	9,5	8,7	7,2	6,8	6,3	7,1	7,5	8,4	8,7	8,3	8,3
83	12,6	12,5	10,6	6,8	7,4	7,3	8,2	7,5	9,8	10,9	9,7	10,5
84	12,9	12,6	10,4	7,5	7,3	7,6	8,5	7,5	9,5	10,4	9,6	10,8
85	14,6	14,0	11,9	8,1	7,3	6,4	8,3	7,9	9,5	11,2	10,7	11,9
86	15,2	13,0	11,9	8,5	8,0	7,8	8,6	7,6	11,4	11,5	10,7	12,2
87	13,7	12,3	10,4	7,6	7,3	7,6	8,8	7,7	10,0	10,9	10,1	10,7
88	12,3	12,2	11,3	7,4	7,9	7,1	8,2	7,3	9,3	9,6	9,5	10,5
89	14,4	14,0	10,8	8,2	7,7	7,8	9,1	7,6	9,9	10,7	10,7	11,9
90	12,8	12,2	10,4	8,3	7,5	8,0	7,7	7,9	9,2	10,5	9,2	11,4
91	11,7	11,1	8,6	7,2	6,9	7,3	8,8	7,5	9,7	10,3	8,5	9,4
92	10,3	10,3	7,8	6,3	6,3	6,1	7,5	5,3	7,9	9,9	8,1	9,0

Fonte: Autor, 2014.

O resumo estatístico das 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina, contendo o período, média de dias, valor mínimo de dias, valor máximo de dias, desvio padrão, Coeficiente de Variação (CV), assimetria e os valores de Quartis (1º, 2º e 3º) estão relacionadas na Tabela 8.

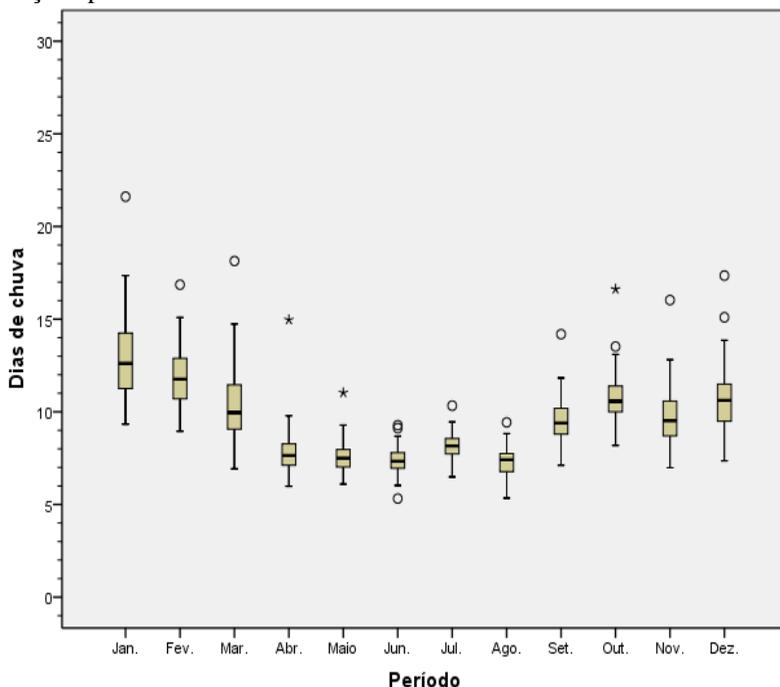
Tabela 8 - Resumo estatístico das séries do número de dias de chuva para as 92 estações pluviométricas estudadas.

Período	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	CV (%)	Assimetria	Quartis		
							Q1	Q2	Q3
Jan.	12,8	9,3	21,6	2,2	17,4	0,81	11,3	12,6	14,2
Fev.	11,9	9,0	16,9	1,6	13,1	0,45	10,7	11,8	12,9
Mar.	10,3	6,9	18,1	1,9	18,1	1,09	9,1	10,0	11,5
Abr.	7,8	6,0	15,0	1,2	15,1	2,62	7,1	7,6	8,2
Mai	7,5	6,1	11,0	0,8	10,5	0,96	7,0	7,5	8,0
Jun.	7,4	5,3	9,3	0,7	9,8	0,06	7,0	7,3	7,8
Jul.	8,1	6,5	10,3	0,7	8,5	-0,09	7,7	8,2	8,6
Ago.	7,3	5,3	9,4	0,8	10,5	-0,27	6,8	7,4	7,7
Set.	9,5	7,1	14,2	1,2	12,5	0,70	8,8	9,4	10,2
Out.	10,7	8,2	16,6	1,3	12,0	1,10	10,0	10,6	11,4
Nov.	9,7	7,0	16,0	1,4	14,9	1,00	8,7	9,5	10,6
Dez.	10,6	7,4	17,4	1,7	15,6	0,79	9,5	10,6	11,5
Ano	114,0	88,2	176,5	14,0	12,3	0,97	106,5	112,4	121,7

Fonte: Autor, 2014.

O gráfico modelo Box-Plots demonstrando o número médio de dias de chuva mensal para as estações pluviométricas trabalhadas, está representado na Figura 14. Comparando com a precipitação média mensal, observa-se que o número de dias de chuva apresenta menor dispersão e assimetria (Tabela 8).

Figura 14 - Box-Plots do número de dias de chuva mensal para as estações pluviométricas trabalhadas.



Fonte: Autor, 2014.

#### 5.4. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS

Dos dados estudados durante o mês de janeiro, da estação pluviométrica de Abelardo Luz, foram observados 1.333 valores (43 anos), dos quais 640 tiveram sequência de dias secos seguidos de dias secos (N00), 220 sequência de dias chuvosos seguidos de dias secos (N10), 237 sequência de dia seco seguido de dias chuvosos (N01) e 236 sequência de dia chuvoso seguido de dia chuvoso (N11). Para o mês de janeiro não foram observadas falhas nos registros (N7), no entanto, os meses de setembro e novembro foram registradas 60 falhas (equivalentes a dois meses) e nos meses de outubro e dezembro foram registradas 31 falhas. Com base nestas frequências foram calculadas as

probabilidades de transição, onde observa-se que a probabilidade de um dia ser seco dado que o dia anterior foi seco (P00) é de 0,7298 (72,98%) e a probabilidade do dia ser seco dado que o dia anterior foi chuvoso (P10) é de 0,4825 (48,25%). Esses dados estão na Tabela 8, contendo as frequências de sequências de dias secos e chuvosos e as respectivas probabilidades de transição do processo da cadeia de Markov de primeira ordem.

Tabela 9 - Valores das matrizes de transição em dias secos e dias chuvosos da estação Abelardo Luz (02652000).

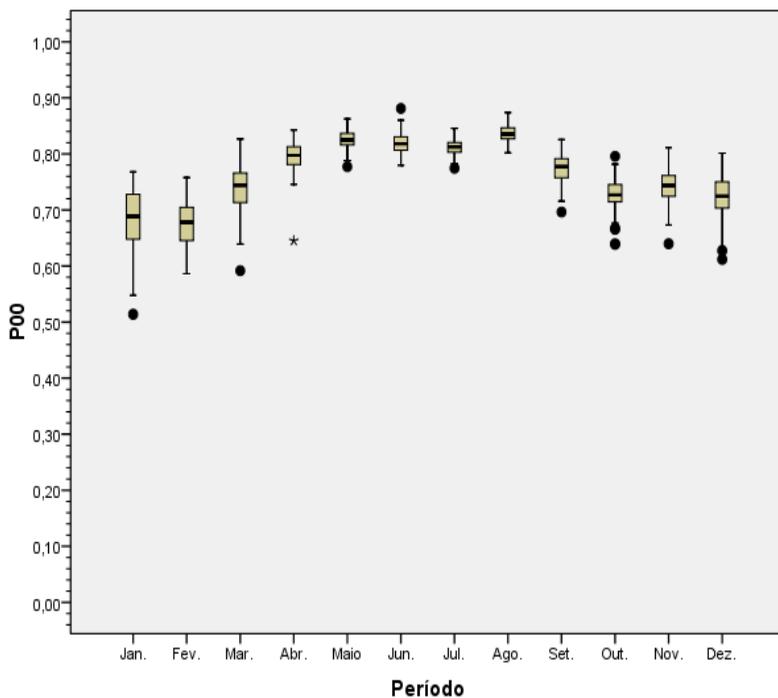
	NOO	N10	N01	N11	N7	Total	P00	P10	P01	P11
Jan	640	220	237	236	0	1333	0,7298	0,4825	0,2702	0,5175
Fev	511	225	236	243	0	1215	0,6841	0,4808	0,3159	0,5192
Mar	704	220	230	179	0	1333	0,7537	0,5514	0,2463	0,4486
Abr	732	200	215	143	0	1290	0,7730	0,5831	0,2270	0,4169
Mai	826	168	180	159	0	1333	0,8211	0,5138	0,1789	0,4862
Jun	738	186	195	171	0	1290	0,7910	0,5210	0,2090	0,4790
Jul	813	174	187	159	0	1333	0,8130	0,5225	0,1870	0,4775
Ago	874	151	164	144	0	1333	0,8420	0,5119	0,1580	0,4881
Set	679	176	190	185	60	1230	0,7814	0,4875	0,2186	0,5125
Out	633	212	227	230	31	1302	0,7360	0,4796	0,2640	0,5204
Nov	653	202	217	158	60	1230	0,7506	0,5611	0,2494	0,4389
Dez	651	216	232	203	31	1302	0,7373	0,5155	0,2627	0,4845
Ano	8454	2350	2510	2210	182	15524	0,7711	0,5154	0,2289	0,4846

Fonte: Autor, 2014.

- N00 - Frequência de dias secos seguidos de dias secos
- N10 - Frequência de dias chuvosos seguidos de dias secos
- N01 - Frequência de dias secos seguidos de dias chuvosos
- N11 - Frequência de dias chuvosos seguidos de dias chuvosos
- N7 - Frequência de falhas nos registros de precipitação
- P00 - Probabilidade de dias secos seguidos de dias secos
- P10 - Probabilidade de dias chuvosos seguidos de dias secos
- P01 - Probabilidade de dias secos seguidos de dias chuvosos
- P11 - Probabilidade de dias chuvosos seguidos de dias chuvosos

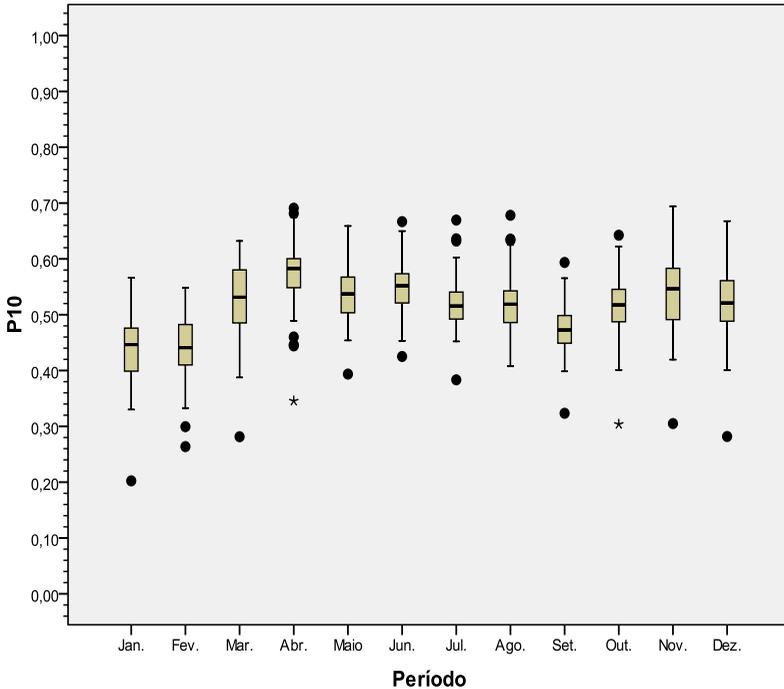
Nas Figuras 15 e 16 estão representados os box-plots das probabilidades P00 e P10 para as estações estudadas, onde pode-se constatar as variações sazonais e também as variações entre as estações.

Figura 15 - Box-Plots da probabilidade da sequência de dia seco seguido de dia seco (POO) para estações pluviométricas de diferentes regiões hidrográficas de Santa Catarina.



Fonte: Autor, 2014.

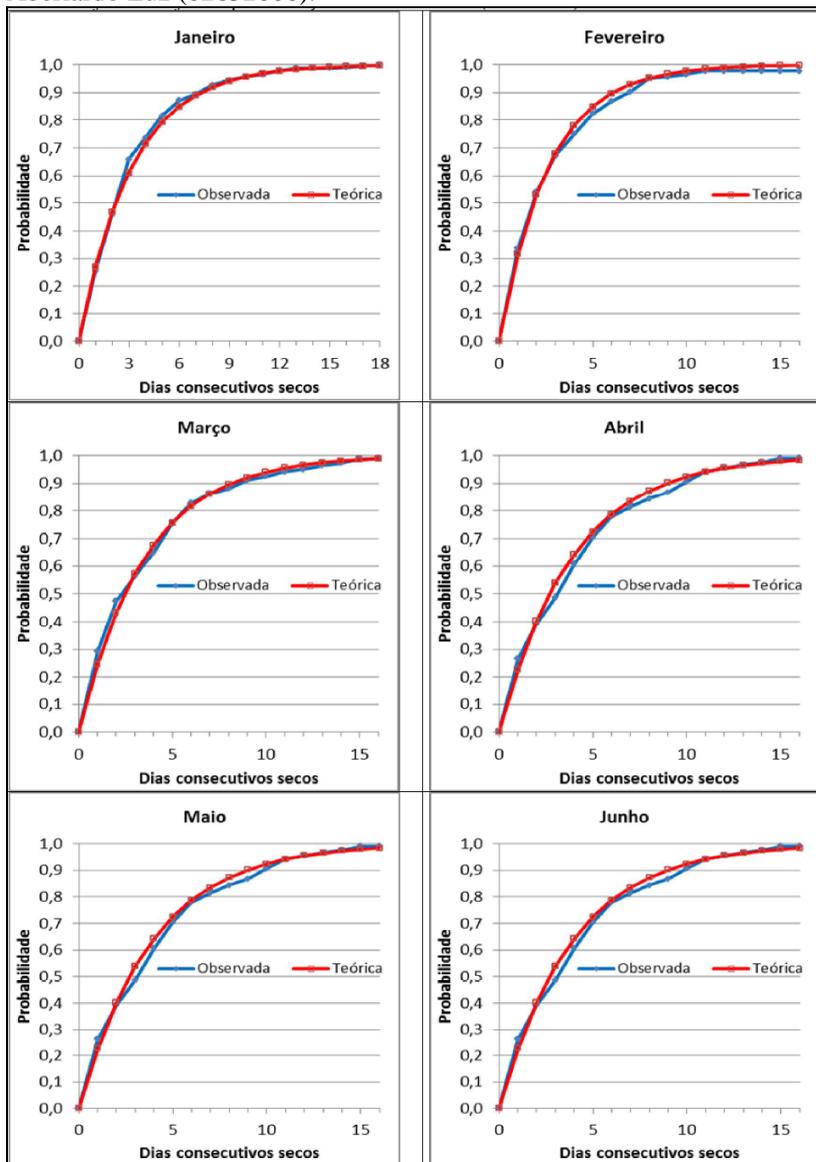
Figura 16 - Box-Plots da probabilidade da sequência de dia chuvoso seguido de dia seco (P10) para estações pluviométricas de diferentes regiões hidrográficas de Santa Catarina.



Fonte: Autor, 2014.

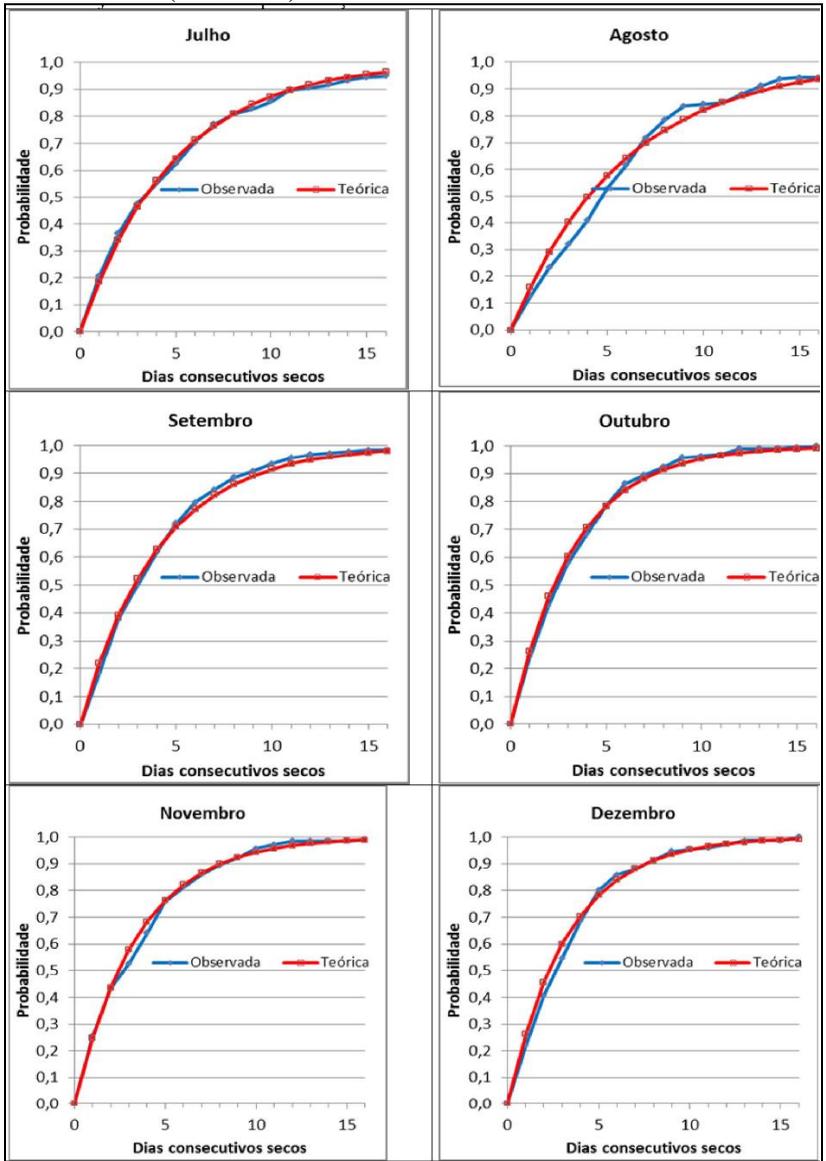
Estão representadas nas Figuras 17 e 18, os testes de aderências das sequências de dias secos consecutivos estimados com a distribuição geométrica para a estação de Abelardo Luz (02652000) e nas Figuras 19 e 20 estão representadas as frequências observadas e estimadas de sequências de dias chuvosos consecutivos para a mesma estação. Para o mês de janeiro, a maior sequência de dias secos observada foi de 18 dias. O valor de  $D_{max}$  do teste de Kolmogorov-Smirnov foi de 0,0482, muito inferior ao valor crítico ao nível de significância de 5 % ( $D_{crit} = 0,309$ ). Para as séries de todos os meses o valor  $D_{max}$  foi inferior ao valor crítico apresentado na Tabela 9, comprovando que a distribuição geométrica pode ser usada para estimar as sequências de dias secos e chuvosos.

Figura 17 - Sequência de dias secos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de janeiro a junho para estação Aberlardo Luz (02652000).



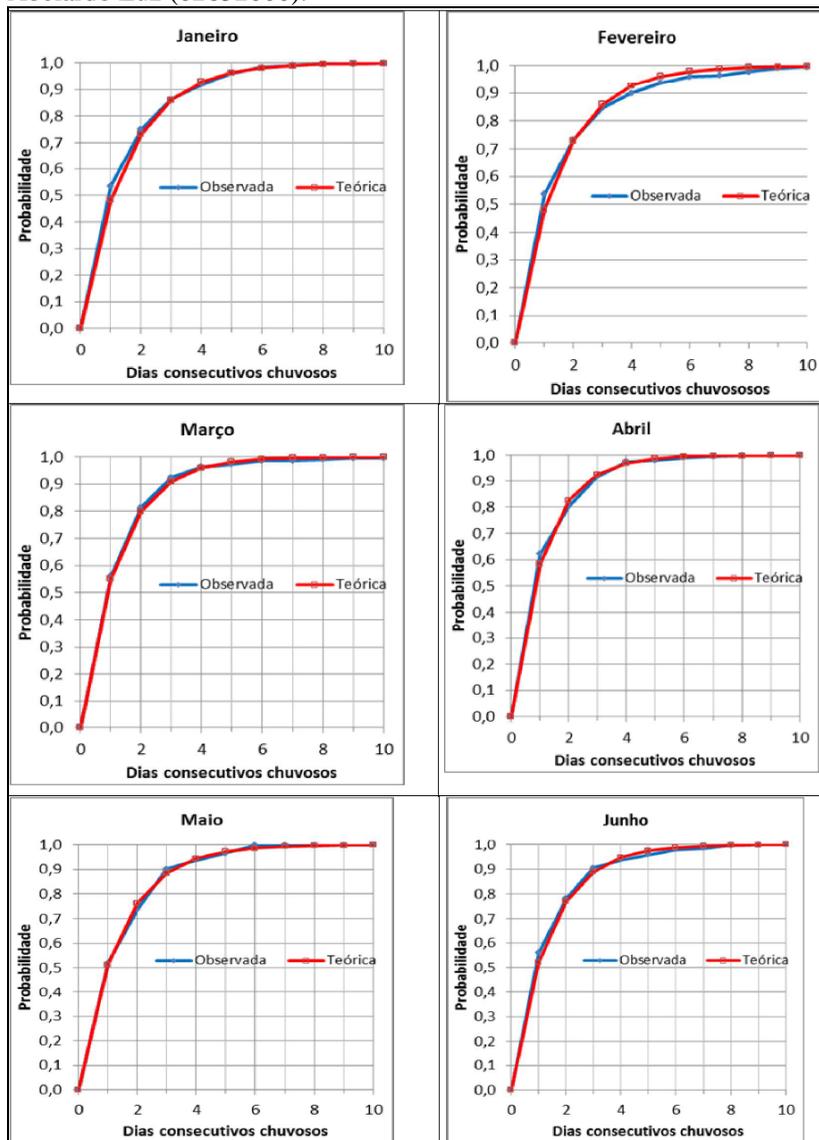
Fonte: Autor, 2014.

Figura 18 - Sequência de dias secos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de julho a dezembro para estação Abelardo Luz (02652000).



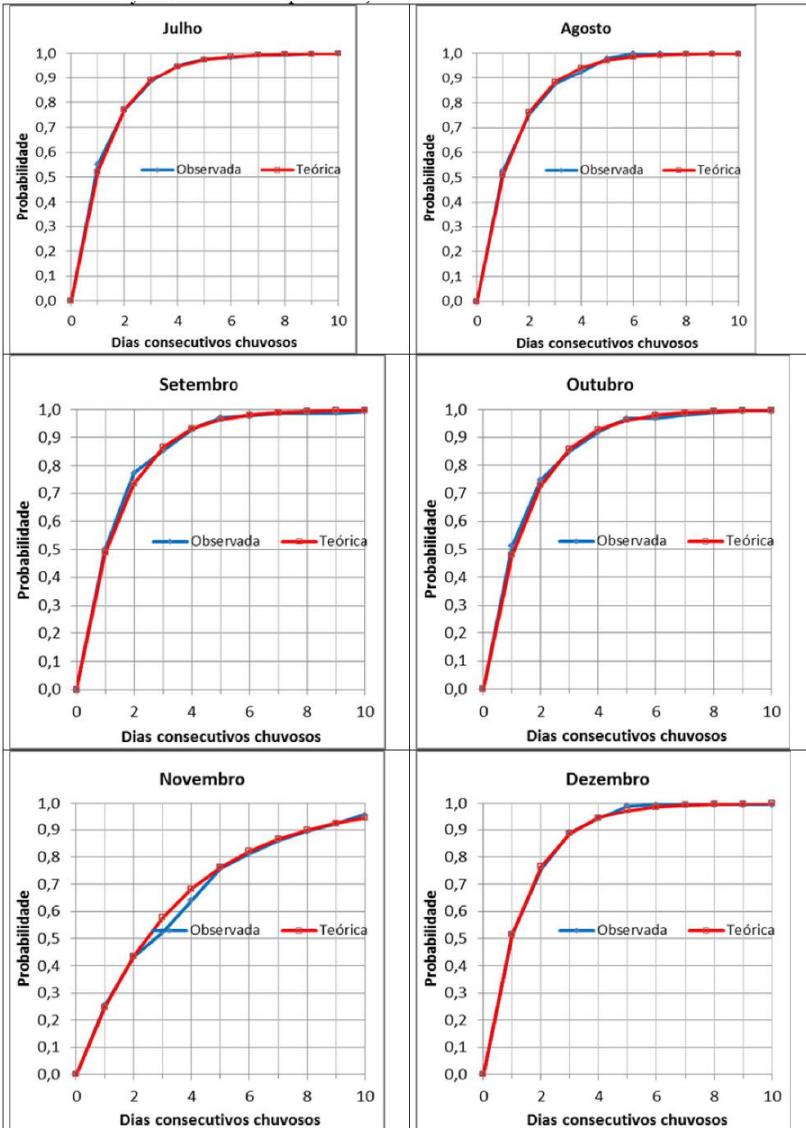
Fonte: Autor, 2014.

Figura 19 - Sequência de dias chuvosos observada e estimada com a distribuição geométrica dos meses de janeiro a julho para estação Abelardo Luz (02652000).



Fonte: Autor, 2014.

Figura 20 - Sequência de dias chuvosos observadas e estimadas com a distribuição geométrica dos meses de a julho a dezembro para estação Abelardo Luz (02652000).



Fonte: Autor, 2014.

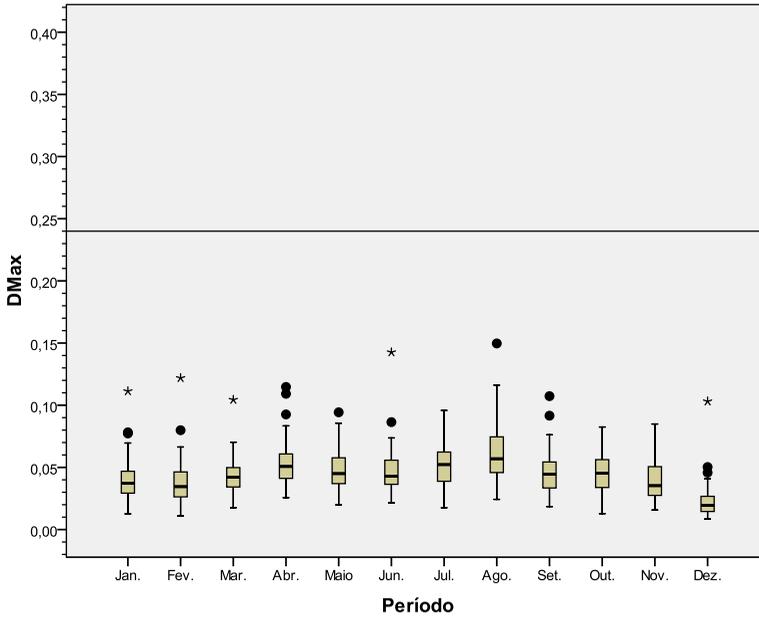
Tabela 9 - Valores do teste de Kolmogorov-Smirnov para sequências de dias secos e chuvosos consecutivos estimados com a distribuição Geométrica

Período	Dias secos consecutivos			Dias chuvosos consecutivos		
	Máximo	$D_{\text{máx}}$	$D_{\text{Crít.}}$	Máximo	$D_{\text{máx}}$	$D_{\text{Crít.}}$
Janeiro	18	0,0482	0,309	10	0,0514	0,410
Fevereiro	32	0,0310	0,235	11	0,0553	0,391
Março	33	0,0458	0,233	13	0,0147	0,361
Abril	21	0,0529	0,290	8	0,0389	0,457
Maiο	31	0,0475	0,238	6	0,0264	0,521
Junho	22	0,0274	0,292	9	0,0386	0,432
Julho	41	0,0241	0,212	9	0,0294	0,432
Agosto	29	0,0886	0,292	6	0,0187	0,521
Setembro	21	0,0328	0,290	11	0,0356	0,391
Outubro	16	0,0316	0,328	14	0,0318	0,349
Novembro	37	0,0531	0,249	9	0,0467	0,432
Dezembro	16	0,0550	0,263	11	0,0178	0,391

Fonte: Autor, 2014.

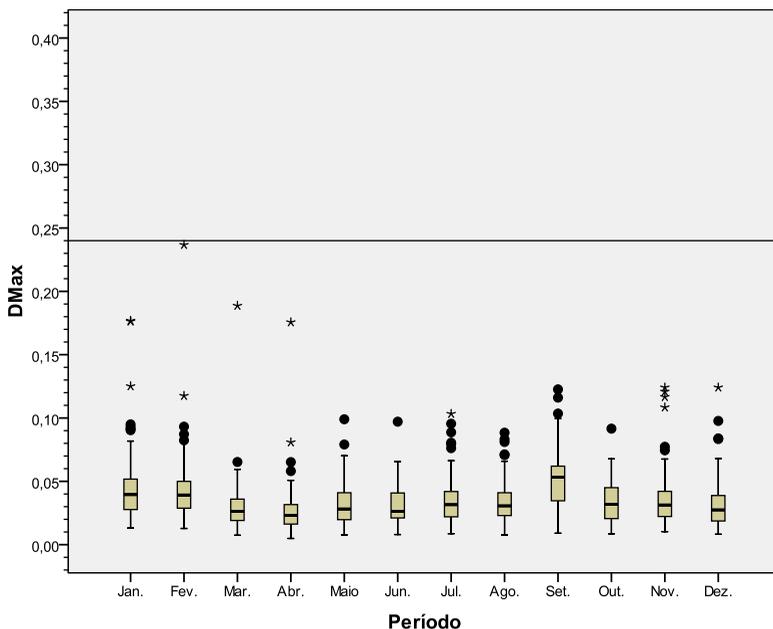
São apresentados os valores de  $D_{\text{máx}}$  dos testes de Kolmogorov-Smirnov para as sequências de dias secos e dias chuvosos nas Figuras 21 e 22 respectivamente. Para as sequências de dias secos os valores de  $D_{\text{máx}}$  foram inferiores a 0,15, sendo que na grande maioria esses valores foram inferiores a 0,10 (10%). Com exceção dos meses de agosto e setembro, a maioria das estações apresentou  $D_{\text{máx}}$  inferior a 0,05 (5%). Para a sequência de dias chuvosos a aderência foi ainda melhor (Figura 21). Essa constatação reforça que a distribuição geométrica pode ser usada na estimativa das probabilidades de sequências de dias secos e dias chuvosos consecutivos.

Figura 21 - Box-Plots dos valores de  $D_{\max}$  do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência da sequência de dias secos consecutivos, a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 22 - Box-Plots dos valores de  $D_{\max}$  do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência da sequência de dias chuvosos consecutivos a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.



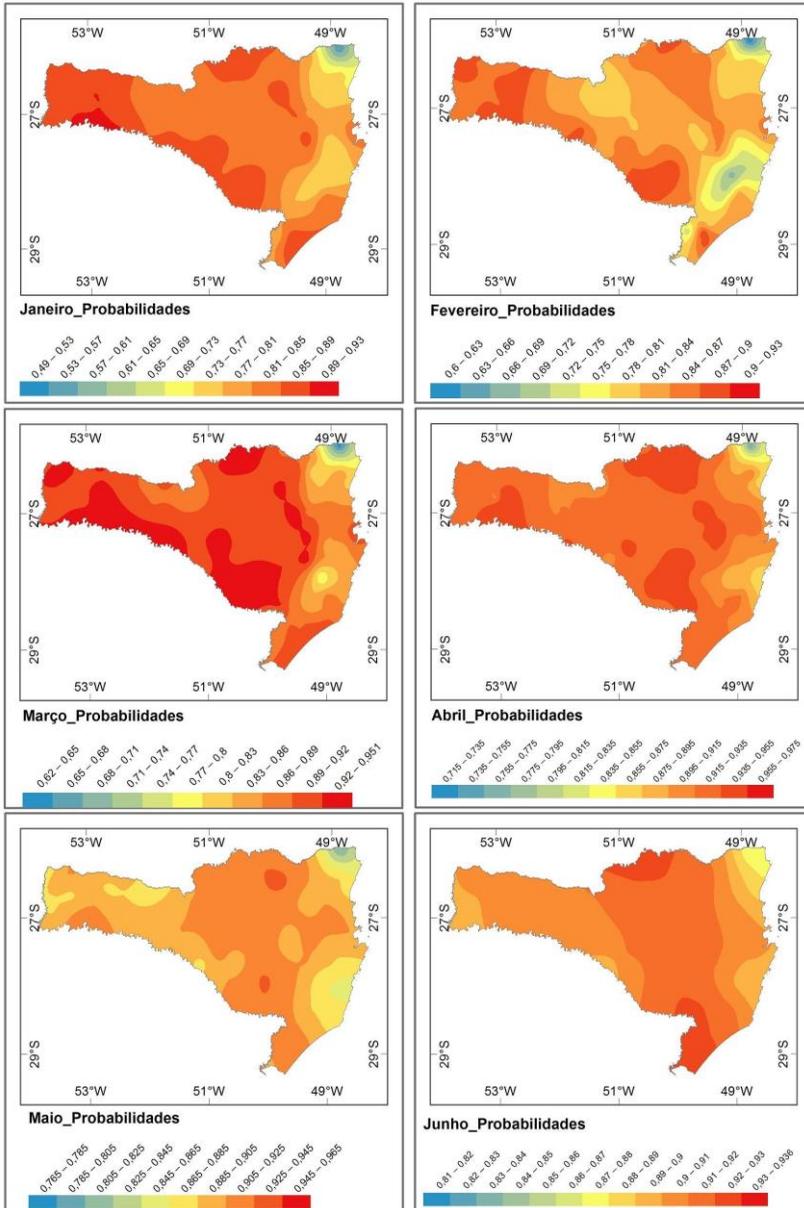
Fonte: Autor, 2014.

## 5.5 MAPAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS CHUVOSOS E SECOS

Com os resultados das 92 estações pluviométricas estudadas para o estado de Santa Catarina, anteriormente discutidos nos gráficos Box-Plots (Figuras 21 e 22), buscou-se a representação destes resultados através de mapas elaborados a partir do software ArcGIS, apresentando dias secos e dias chuvosos consecutivos.

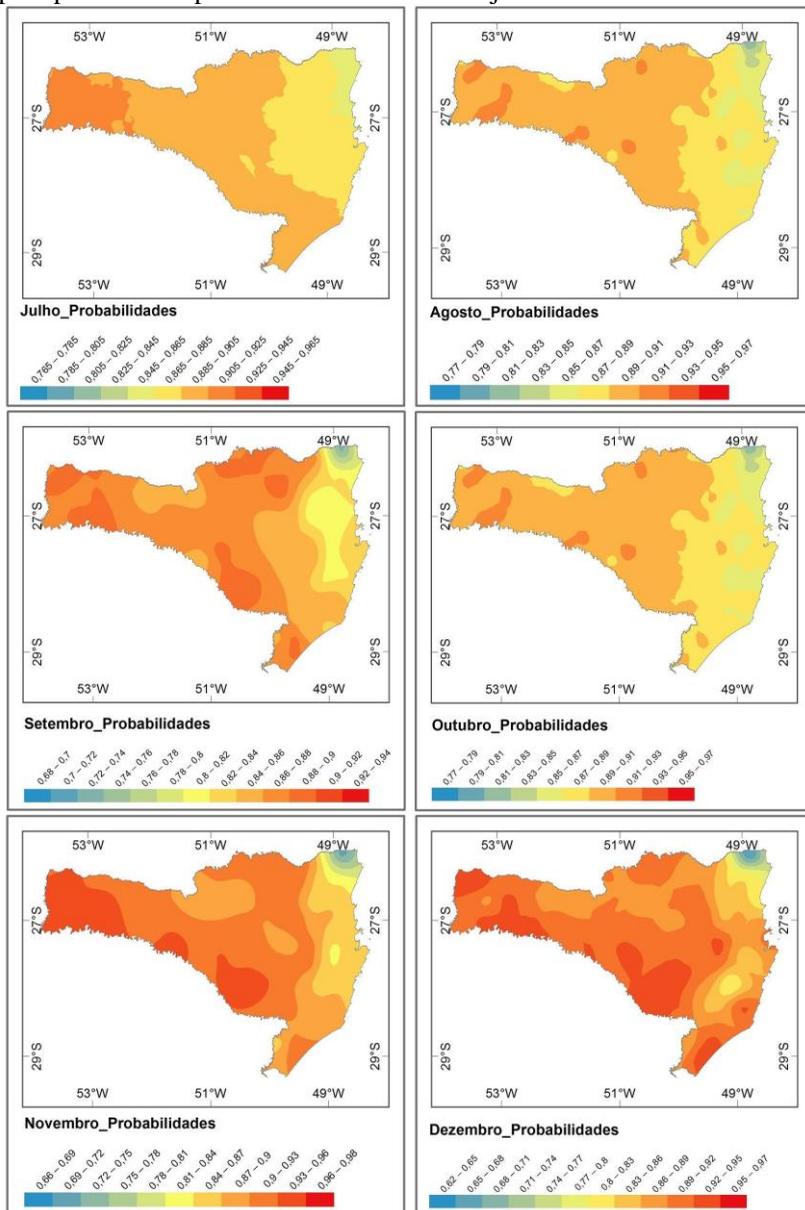
Abaixo, são apresentadas na Figura 23 a probabilidade de ocorrência de 3 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses de janeiro a junho e na Figura 24 o período compreendido entre os meses de julho a dezembro.

Figura 23 - Probabilidade de ocorrência de 3 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 24 - Probabilidade de ocorrência de 3 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

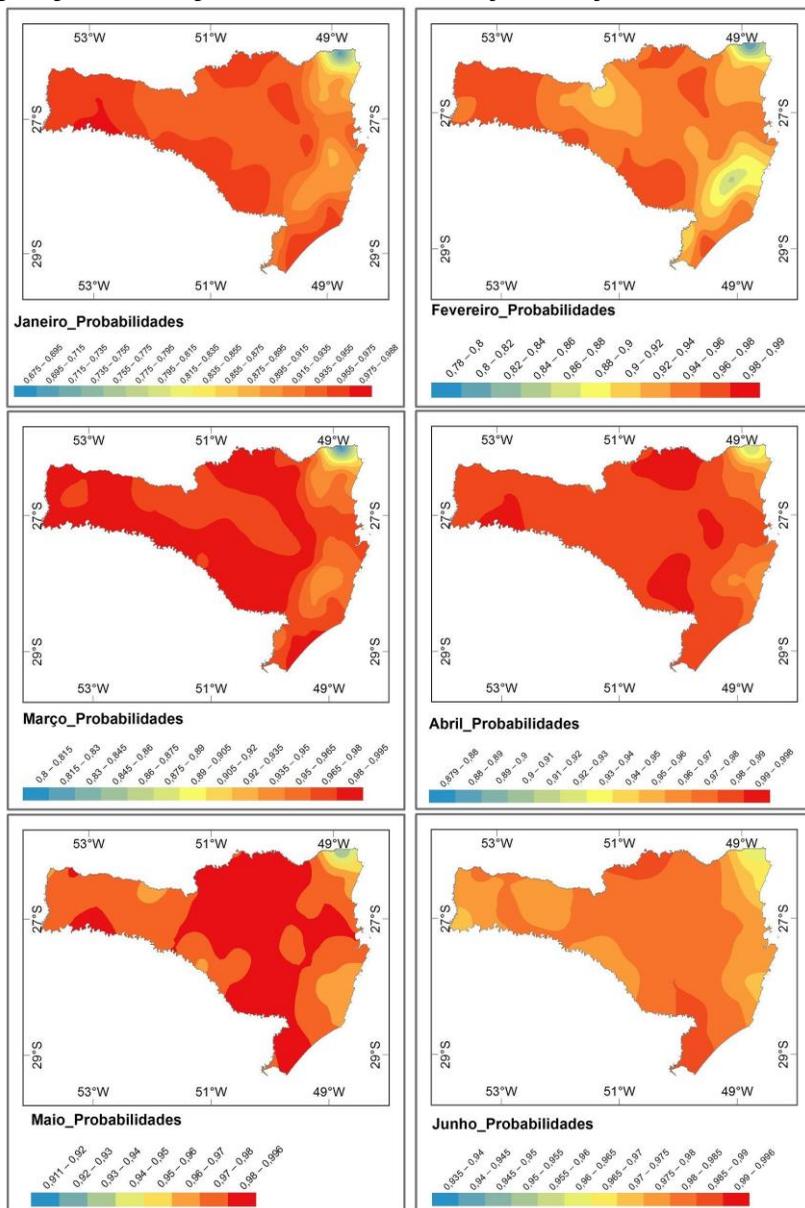
Para o Norte do estado, na região localizada na fronteira com o Paraná e próximo ao litoral, a probabilidade de ocorrência de até 3 dias consecutivos de chuva nos meses de janeiro até maio apresentam valores médios de 67%. Assim a probabilidade do período de chuva ser superior a 3 dias é da ordem de 33%.

Para a região Oeste e Serrana, durante o inverno, a probabilidade média de ocorrência de até 3 dias consecutivos de chuva é de 89% e portanto a probabilidade de ocorrer mais de 3 dias consecutivos de chuva nesta região é de 11%. Valores semelhantes para o Vale do Itajaí e a Grande Florianópolis durante a estação mais fria, apresentam uma probabilidade de até 3 dias consecutivos de chuva de 88%.

No Sul Catarinense, nos meses que contemplam o verão, a probabilidade de ocorrência de chuva de até 3 dias consecutivos é de 94%, restando somente 6% de probabilidade de chover mais que 3 dias consecutivos.

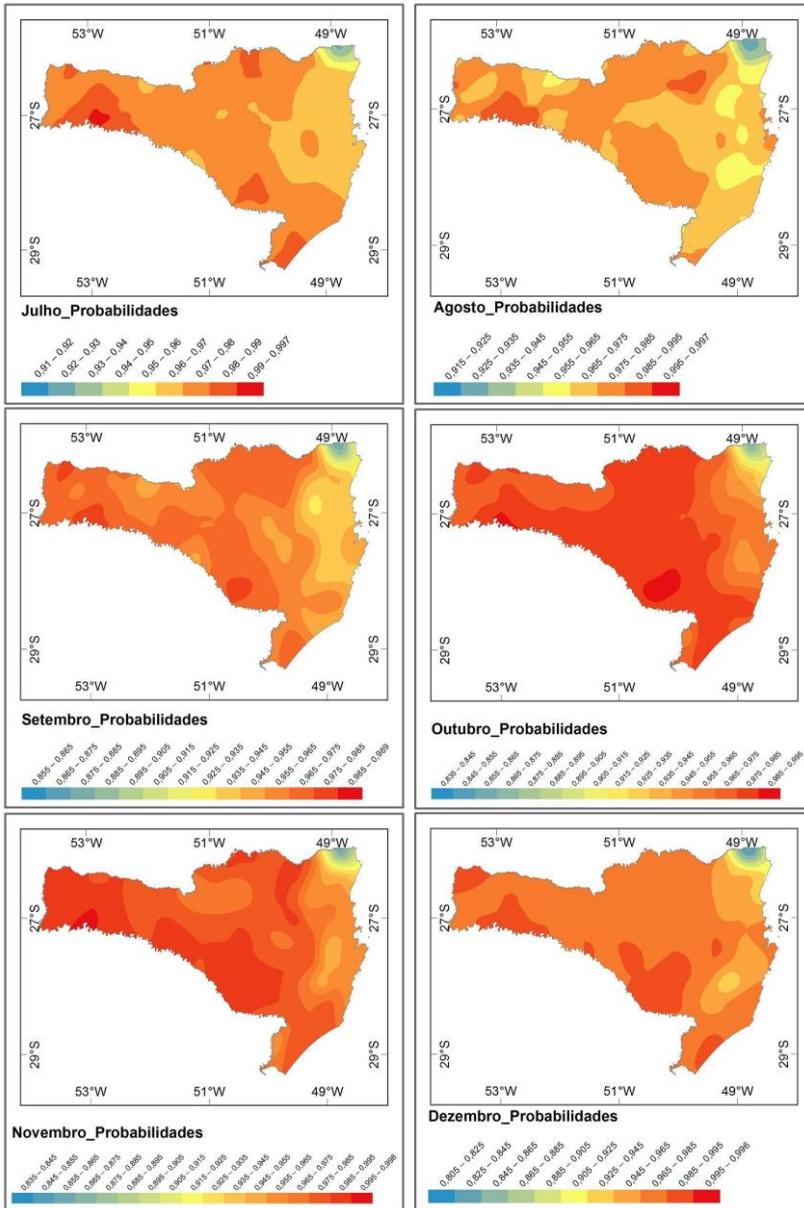
Na sequência, são apresentadas na Figura 25, a probabilidade de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses de janeiro a junho e na figura 26 o período incluído entre os meses de julho a dezembro.

Figura 25 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 26 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: junho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

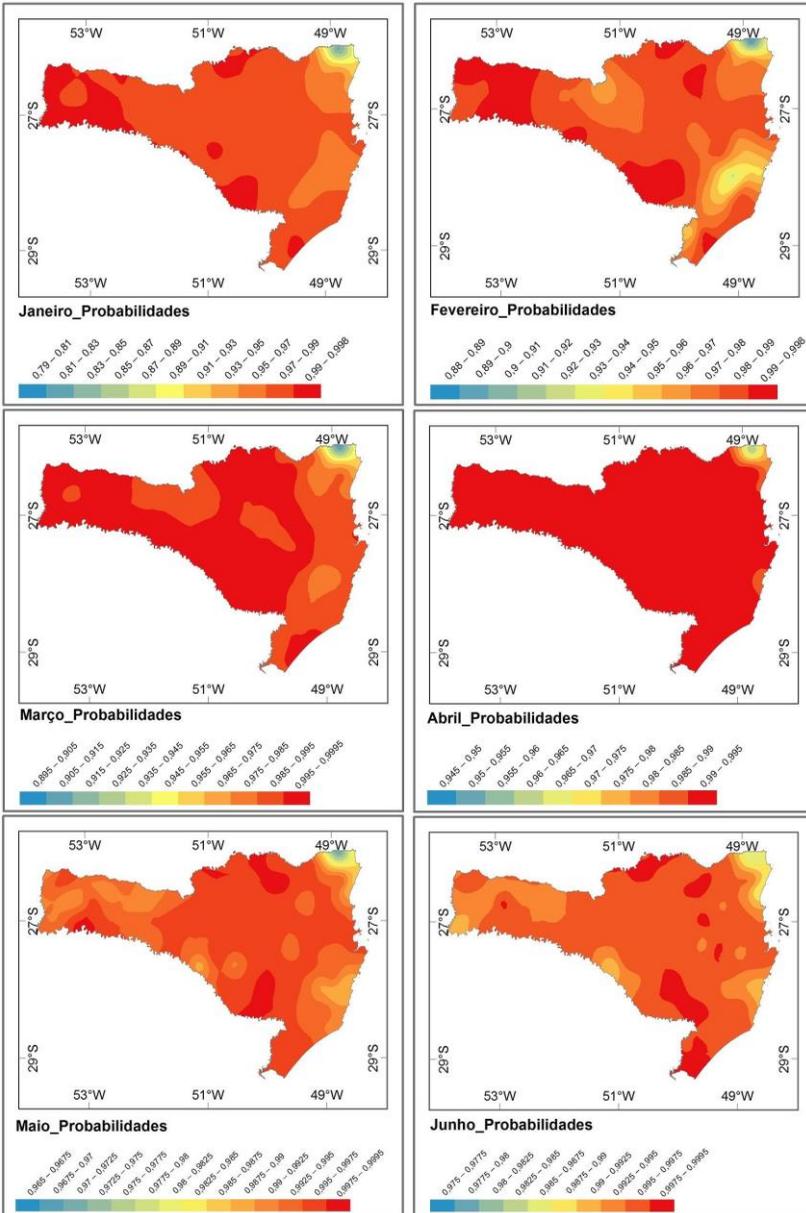
Verificando os resultados da probabilidade de ocorrência de até 5 dias consecutivos de chuva durante os anos estudados para Santa Catarina, observou-se para região Norte do estado, fronteira com o com o Paraná e próximo ao litoral, valores diferenciados do restante do estado. No período, a probabilidade de ocorrência é 87%, com 13% de probabilidade do fenômeno ser superado.

Na região litorânea, que compreende o Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul Catarinense, a probabilidade média de ocorrência de até 5 dias consecutivos de chuva durante os anos analisados é de 96%, com probabilidade de 4% deste evento ser superado.

Para região do Oeste Catarinense e Serrana verificou-se através dos mapas, a probabilidade de 98% de ocorrer o fenômeno consecutivo para os dias discutidos acima, e a pequena chance de 2% deste ser superado.

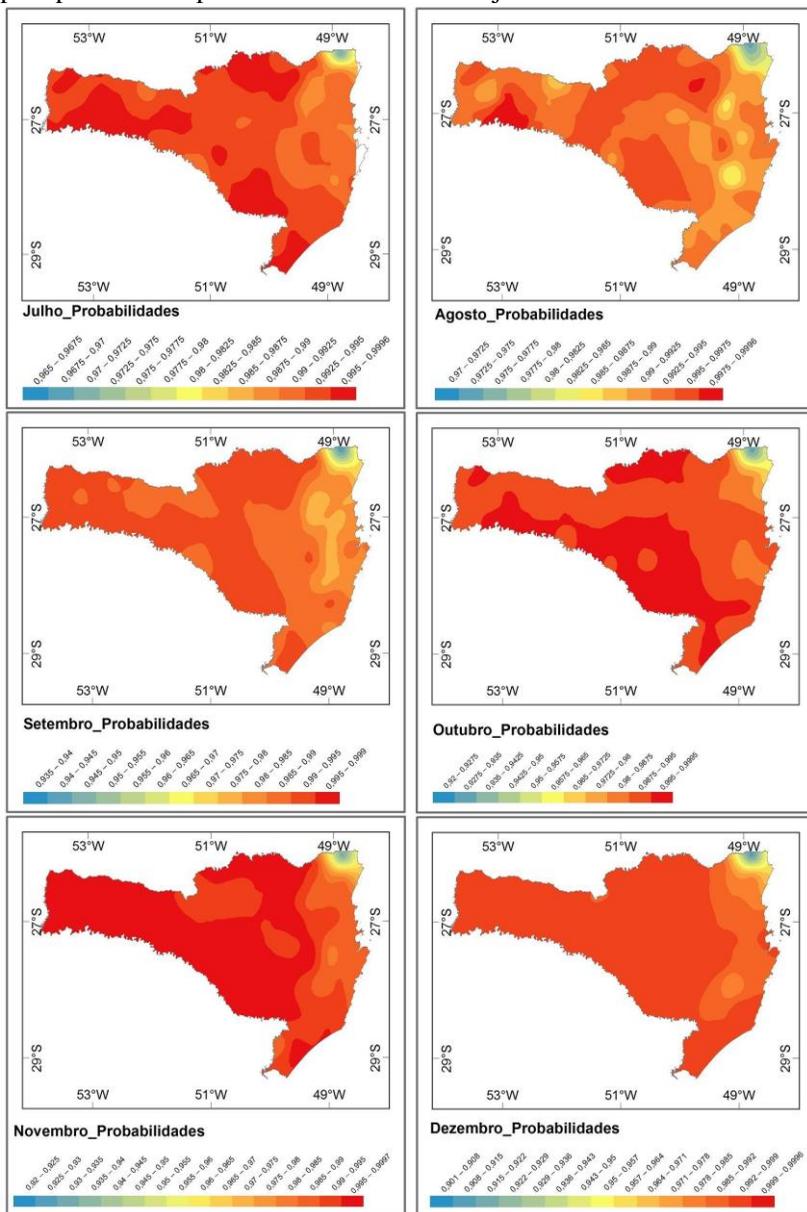
Além da probabilidade de ocorrência de dias chuvosos para 3 e 5 dias, foram gerados mapas para probabilidade de ocorrência de uma semana de chuva, ou seja, 7 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses de janeiro a junho na Figura 27 e julho a dezembro na Figura 28.

Figura 27 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 28 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva para período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

Verificando os resultados da probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva durante os anos estudados para o estado de Santa Catarina, novamente chama atenção a região Norte, na fronteira do estado do Paraná e próximo ao litoral, nos meses que compreendem o verão (Dezembro – Março) a probabilidade de ocorrência de chuva para os dias citados acima é de 89%, com probabilidade de 11% do evento se superado. Nas demais épocas do ano, a probabilidade é de 96% de ocorrer até 7 dias consecutivos de precipitação.

Na região da Grande Florianópolis, para o mês de fevereiro a probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva é de 93%, com probabilidade de 7% do evento ser superado.

Nas demais regiões, Oeste, Serrana, Vale do Itajaí e Sul Catarinense, a média anual para os dias consecutivos discutidos nas Figuras 27 e 28, fica em torno de 99,42%, com 0,58% de probabilidade de ocorrer mais de 7 dias consecutivos de precipitação.

Para os dias secos, foram gerados mapas com a probabilidade de ocorrência de 5, 7, 10 e 15 dias consecutivos sem ocorrência de precipitação. Esses resultados são provenientes das 92 estações pluviométricas estudadas para o estado de Santa Catarina, anteriormente discutidos nos gráficos Box-Plots (Figuras 21 e 22).

Abaixo, figuras com a probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos, sendo a Figura 29 com o período compreendido entre janeiro a junho, e a Figura 30 entre os meses de julho a dezembro.

Figura 29 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho.

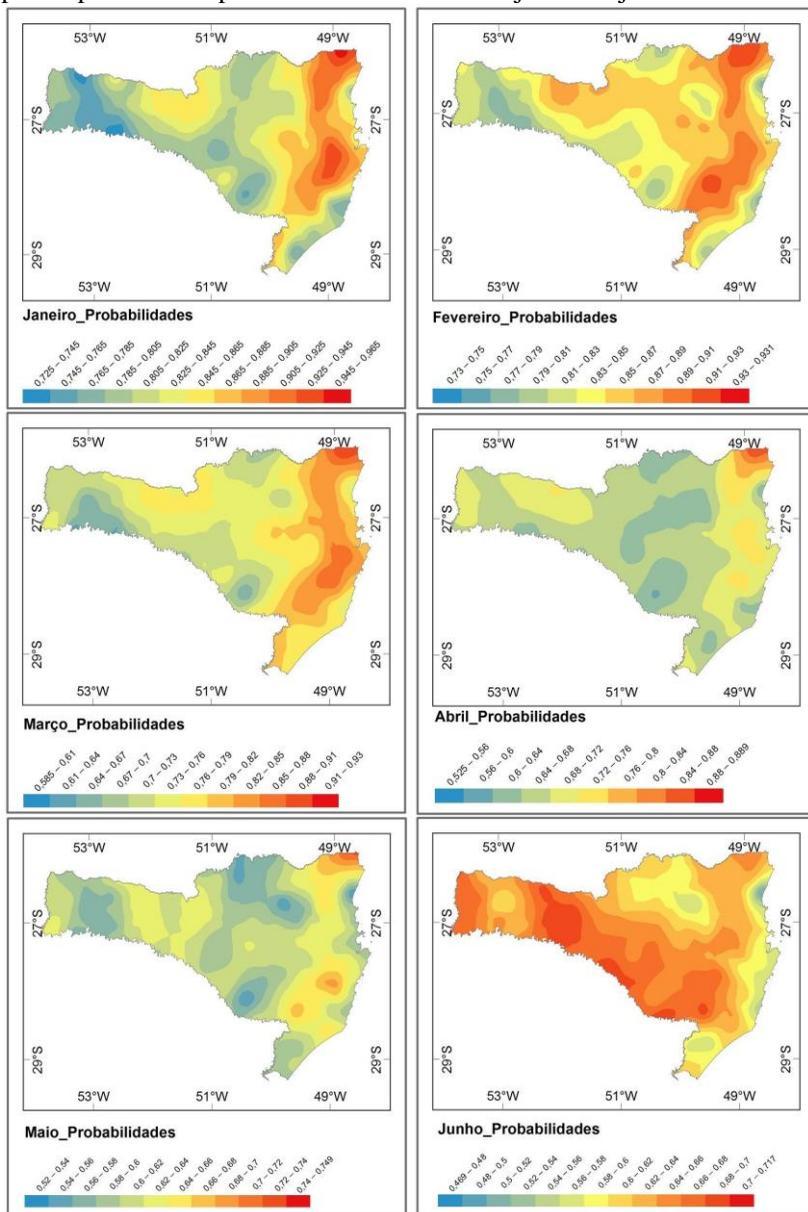
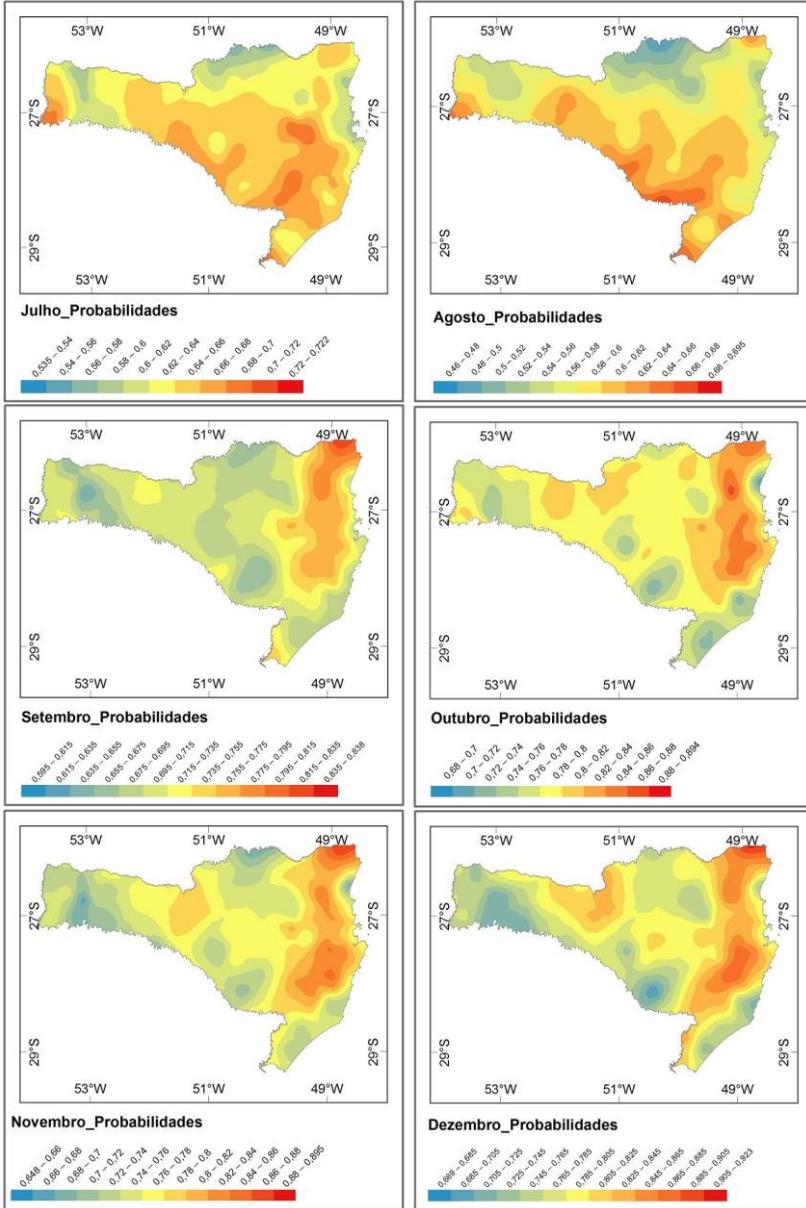


Figura 30 - Probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

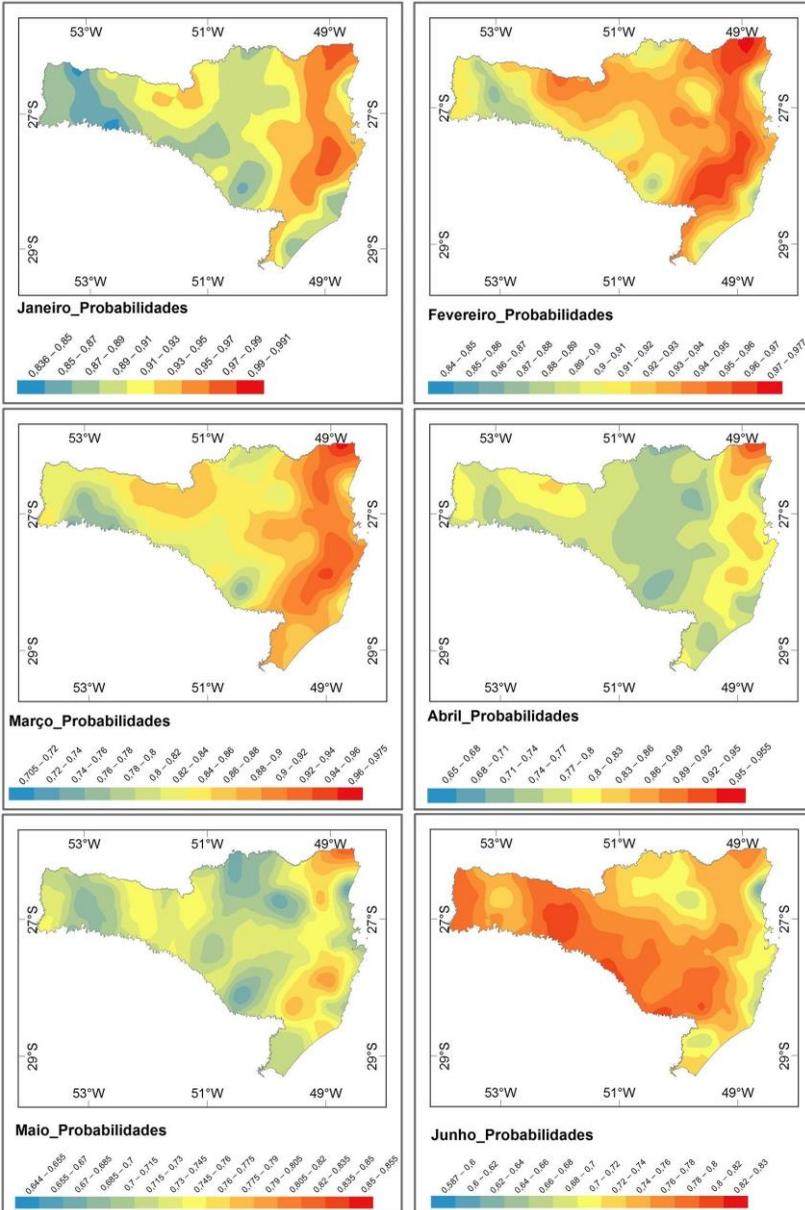
Analisando os resultados da probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos durante os anos estudados para o estado de Santa Catarina, observa-se para região Oeste uma probabilidade anual da sequência de dias secos citados acima de 70%. Assim, existe 30% de probabilidade de ocorrer períodos maiores de 5 dias consecutivos secos. Para a região da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Norte Catarinense, nos meses Janeiro – Março e Outubro – Dezembro, a probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos é 91%, com 9% de probabilidade de ocorrer mais de cinco dias secos consecutivos.

Na região Serrana, nos meses que compreendem as estações de outono (março – junho) e inverno (junho – setembro), a probabilidade de ocorrência de dias secos discutidos anteriormente é de 66%.

A região Sul Catarinense, apresenta resultados de probabilidade de ocorrência de 5 dias secos consecutivos para as estações primavera e verão de 77% e no inverno a probabilidade de 64% de ocorrência do mesmo evento.

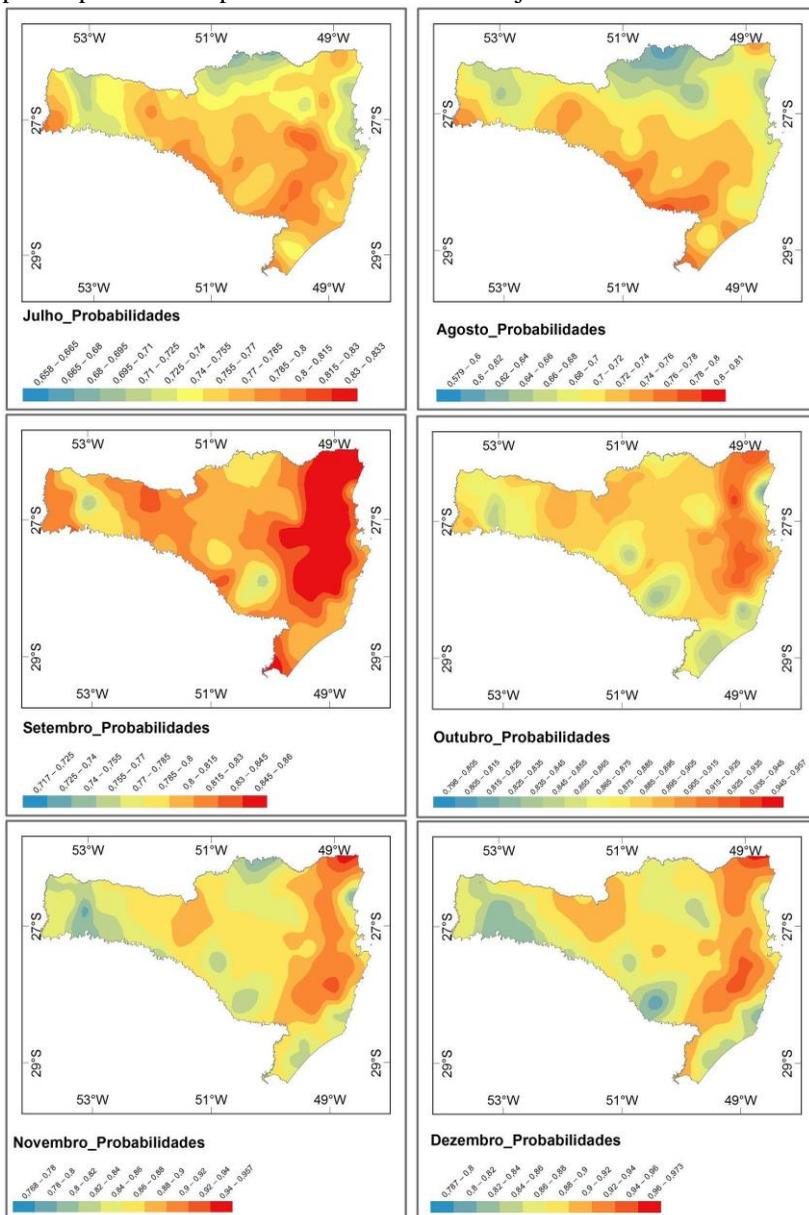
Na sequência são apresentadas as figuras com a probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos, sendo a Figura 31 com o período compreendido entre janeiro a junho, e a Figura 32 entre os meses de julho a dezembro.

Figura 31 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 32 - Probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

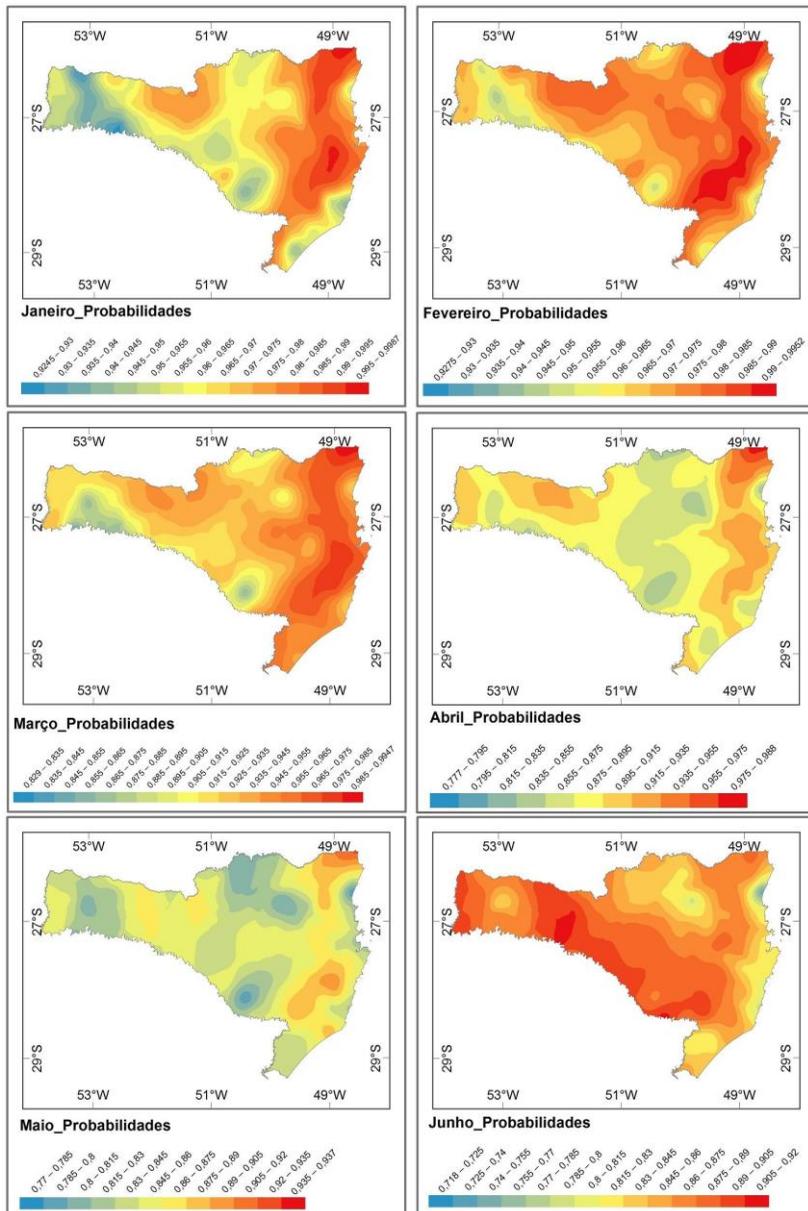
Verificando os resultados da probabilidade de ocorrência de 7 dias secos consecutivos durante os anos estudados para o estado de Santa Catarina, na região da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Norte Catarinense, em 7 meses do ano, Janeiro – Março e Setembro – Dezembro, a probabilidade de ocorrência de uma semana de dias secos é 94%.

Nas regiões do Oeste Catarinense e Serrana, nas estações primavera – verão, a probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos sem chuva é de 86%. Para as épocas mais frias, estações de outono – inverno, a probabilidade anteriormente discutida fica em 75%, com 25% de ocorrer mais 7 dias de tempo seco.

Para a região Sul Catarinense, comparando com as mesmas estações da região Oeste e Serrana, verificou-se a probabilidade de até sete dias secos de 88%, para o período primavera – verão e na estação de clima ameno, outono – inverno, essa probabilidade passa a ser de 73% .

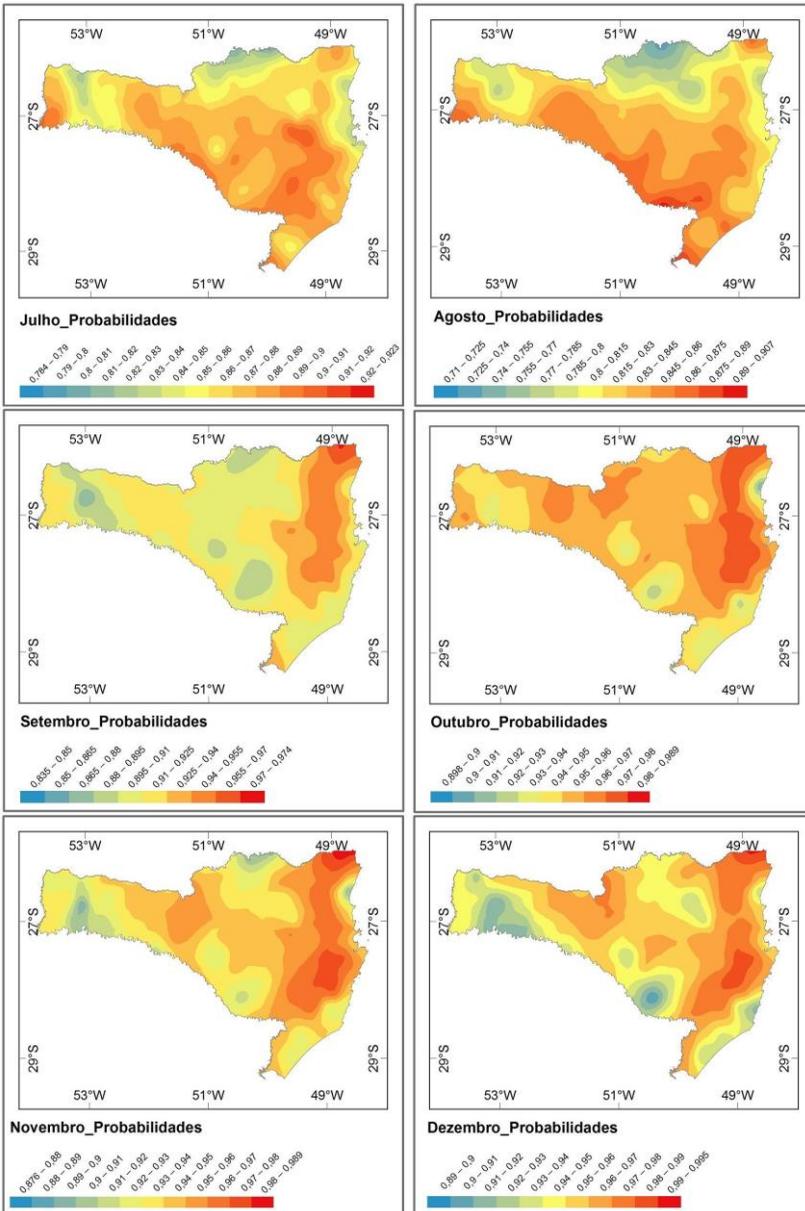
Na continuidade de obtenção das probabilidades de ocorrência de dias sem chuvas, foram gerados os mapas para 10 dias secos consecutivos, sendo a Figura 33 com o período compreendido entre janeiro a junho, e a Figura 34 entre os meses de julho a dezembro.

Figura 33 - Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 34 - Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

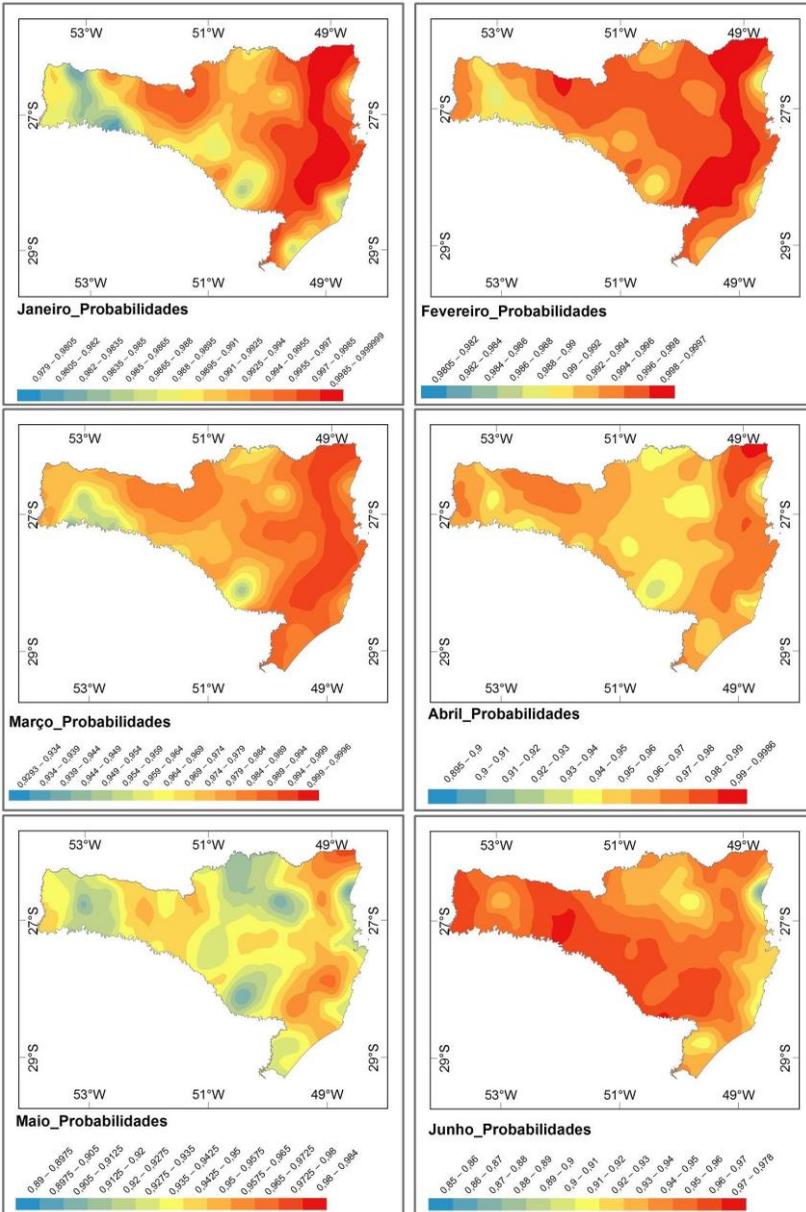
Analisando os resultados da probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos durante os anos estudados para o estado de Santa Catarina, na região da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Norte Catarinense (litoral), nos 6 meses que compõem as estações primavera - verão, a probabilidade de ocorrência de 10 dias secos é 98,7%, com apenas 1,3% de probabilidade de ocorrer mais de dez dias secos. Para o período mais frio, entre as estações outono – inverno, as chances do referido período sem chuva será de 86%, subindo para 14% as chances do período seco ser superior a dez dias. Discutindo apenas a região Norte, subtraindo a região próxima ao litoral, o interior da região apresenta um comportamento diferente a época do outono – inverno, a probabilidade de ocorrência de 10 dias consecutivos secos altera para 80%, aumentando a probabilidade de ocorrer mais de 10 dias secos para 20%.

Na região do Oeste Catarinense e Serrana, registra-se a probabilidade de 92% para o período primavera – verão, na época de clima mais frio, outono – inverno, a probabilidade de ocorrerem 10 dias sem chuva é de 87%, aumentando para 13% a probabilidade do mesmo período ser superado, em relação a primavera – verão.

Para região Sul Catarinense, registra-se a probabilidade de 95% para o período sem chuvas discutido anteriormente durante a primavera – verão, na época de clima mais frio, outono – inverno, a probabilidade de ocorrerem 10 dias sem chuva é de 85%.

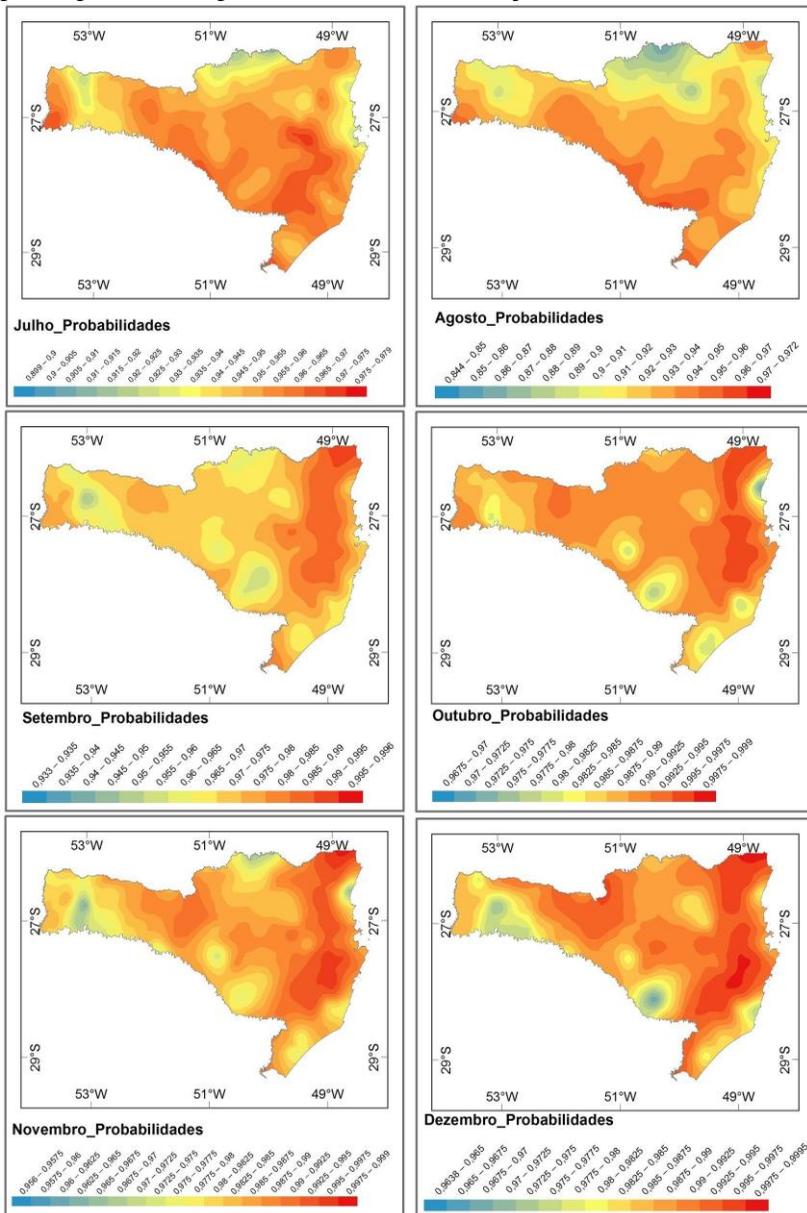
Finalizando a geração de dados para probabilidade de dias sem chuva, foram gerados os mapas para 15 dias secos consecutivos, sendo a Figura 35 com o período compreendido entre janeiro a junho, e a Figura 36 entre os meses de julho a dezembro.

Figura 35 - Probabilidade de ocorrência de 15 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: janeiro a junho.



Fonte: Autor, 2014.

Figura 36 - Probabilidade de ocorrência de 15 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses: julho a dezembro.



Fonte: Autor, 2014.

Trabalhando nos resultados de probabilidade de ocorrência de 15 dias secos consecutivos durante os anos estudados para o estado de Santa Catarina, observa-se na região da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Norte Catarinense (litoral), nos 6 meses que compõem as estações primavera - verão, a probabilidade de ocorrência de 15 dias secos é de 99,84%, com probabilidade do período ser superado em apenas 0,16%.

Na região Norte, sentido interior do estado, divisa com o Paraná, a região apresenta um comportamento diferente no período outono – inverno. A probabilidade de ocorrência de 15 dias consecutivos de chuva altera para 92%, aumentando a chance do período seco ser superior a 15 dias em 8%.

Para as regiões do Oeste Catarinense e Serrana, registra-se a probabilidade de 98% para o período primavera – verão, na época de clima mais frio, outono – inverno, a probabilidade de ocorrerem 15 dias sem chuva é de 94%.

No Sul Catarinense, registra-se a probabilidade de 98% para o período de 15 dias sem chuvas durante a primavera – verão, na época de clima mais frio, outono – inverno, a probabilidade de ocorrer o mesmo período discutido anteriormente sem chuva é de 95%.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises dos dados das 92 estações pluviométricas distribuídas pelo estado de Santa Catarina pode-se concluir que:

- 1- Quando comparada com a série de dados observados da precipitação total anual estudada a Distribuição Gama obteve a melhor aderência do que a distribuição normal em 75% das estações analisadas;
- 2- A distribuição gama se mostrou adequada para estimar a probabilidade das precipitações mensais
- 3- A distribuição geométrica se mostrou adequada para a estimativa das probabilidades de sequência de dias secos e dias chuvosos consecutivos, sendo que se observou melhor aderência para as séries de dias secos;
- 4- Existe uma variação da distribuição das precipitações mensais no território catarinense, onde os maiores valores de precipitação mensal, ocorrem na região do litoral norte entre os meses de novembro a março. Na região do oeste catarinense os maiores valores ocorrem entre os meses de abril a outubro e os menores valores de precipitação ocorrem na região sul catarinense;
- 5- O número de dias com chuva acima de 1,0 mm varia de 88 a 176 dias, com média de 114 dias;
- 6- Para a região do litoral norte verifica-se maior probabilidade de ocorrência de dias consecutivos de chuva e os menores valores são observados na região oeste do estado;
- 7- A elaboração de mapas para o estado de Santa Catarina prevendo a probabilidade de ocorrência de dias secos se torna útil no planejamento de atividades que necessitam da ausência de chuva e também no dimensionamento de estruturas de armazenamento das águas pluviais;
- 8- Os mapas para o estado de Santa Catarina com a probabilidade de ocorrência de dias chuvosos contribuem na elaboração de cronogramas de obras, prevendo dias inoperantes, permitindo assim a incorporação destes custos no orçamento de obras;

- 9- Apesar de pequeno em extensão territorial, o estado catarinense possui diferenças significativas entre suas regiões para sequência de 3 dias chuvosos; exemplo: região Norte do estado, nas estações localizadas na fronteira do estado do Paraná e próximo ao litoral, apresentam valores para os meses de janeiro até maio uma probabilidade média de 67% e no Sul, nos meses que contemplam o verão, a probabilidade de ocorrência de chuva de 3 dias consecutivos é de 94%.

## REFERÊNCIAS

AMIR, I.; ARNOL, J. B.; BILANSKI, W. K. **A procedure for determining probabilities of dry and wet days.** Canadian Agricultural Engineering, Ottawa, n. 19, p. 2-5, 1977.

ASSIS, F. N. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática.** Pelotas. Ed Universitária. 1996.161p.

BACK, A. J. **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002. 65p. (Boletim Técnico, 123).

Back, Á. J. O. Oliveira, J. L R, Henn, A. **Duration-frequency relationships of heavy rainfall in Santa Catarina, Brazil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso). , v.36, p.1015 - 1022, 2012

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. **Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial decendial igual ou superior à evapotranspiração de referência, no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 13, n. 2, p.219-224, 2005.

CATALUNHA, M. J. et al. **Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n.1, p.153-162, 2002.

CHILDS, C. **Interpolating Surfaces in ArcGIS in ArcGIS Analyst.** ArcUser, July - September 2004: 32 – 34.

CLARKE, R. T. **Markov chains: applications to modeling of daily rainfall.** In \_\_\_\_\_. Stochastic process for water scientist: developments and applications. Chi Chester: John Wiley, 1988. 183p.

\_\_\_\_\_. 1988. Markov chains: applications to modeling of daily rainfall. In: \_\_\_\_\_. **Stochastic process for water scientist:** developments and applications. Chichester: John Wiley, 1988. 183p.

FERNANDES, H. C.; HAMAKAWA, P. J.; LANÇAS, K. P. **Metodologia e cálculo dos dias trabalháveis com máquinas florestais na região de Botucatu, SP**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.22, n.1, p.68-74. 2002.

FEYERHEM, A. M.; BARK, L. D. **Goodness of Fit of a Markov Chain Model for Sequences of Wet and Dry Days**, Journal of Applied Meteorology, New York, n. 06, 1967, p.770 –773, 1967.

FOUFOLA, Georgiou. **Discrete-Time Point Process Models for Daily Rainfall, Water Resources Series**, Technical Report, n. 33, Scatle-Whashington: Dept Civil Eng University of Washington, 1985.

GABRIEL, K. R.; NEUMANN, J. A. **Markov chain model for daily rainfall occurrences at Tel Aviv**, Quarterly Journal Royal Meteorological Society, n.88, p 90-95, 1962.

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos Desastres Naturais Causados pelas Adversidade Climáticas no Estado de Santa Catarina, período 1980 a 1995**. In: \_\_\_\_\_v. 2 1997. 59p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis..

HOPKINS, J. W.; ROBILLARD, P. **Some Statistica from the Canadian Prairie Provinces**, Journal of Applied Meteorology, p.600-602, 1964.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**, 1999. (CD).

ESRI. **ArcGIS Desktop: Release 10.2. Redlands**, CA: Environmental Systems Research Institute, 2013.

KELLER FILHO, T.; ZULLO JUNIOR, J.; LIMA, P.R.S. de R. **Análise da transição entre os dias secos e chuvosos por meio da cadeia Markov de terceira ordem**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v41, n9, p.1341-1349, Set, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000900001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000900001&script=sci_arttext)>. Acesso em: 09 junho de 2014

KELMAN, Jerson. **Controle de Cheias e Aproveitamentos Hidroelétricos (RBE)**. Revista Brasileira de Engenharia, Rio de Janeiro, p 56-57 , 1987.

KITE, G. W.1977. **Frequency and risk analyses in Hydrology**. Water Resources Publications For Collins, 224p.

LARSEN, G. A.; PENSE, R. B. **Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models**. Agronomy Journal, Madison, n. 74, p. 510-514, 1982.

MILDE, L. C. E. **Estudo de precipitação diária: regimes pluviométricos e modelos de distribuição para a região cacauceira do sudeste da Bahia**. 1983. 89p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima In Grande Região Sul**. v. IV. Rio de Janeiro: FIBGE, 1968. p. 117-158.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. A.. **O Clima do trecho de Florianópolis-Porto Alegre: uma abordagem dinâmica**. In: \_\_\_\_\_. GEOSUL, n. 19/20, ano 10, 1º e 2º semestre de 1995.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDEIRO, A. **Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina**. Editora da UFSC/Edifurb: Florianópolis, 2002. 156p

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OCCHIPINTI, Antonio G. H. **Hidrometeorologia**. In: \_\_\_\_\_. **Hidrometeorologia** Rio de Janeiro: UFRJ, 1989. cap. 2, v. 2, p. 53 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos Engenharia Hidrológica).

ORSELLI, L. **Clima. Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento, 1991, 96p.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

POMPEU, C. A.; RIGHETTO, A. M. **Modelação da precipitação diária e horária para a Bacia do Rio Jacaré-Guaçu, SP.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., 1983, Blumenau, FURB 1983. p.45-52

RÃO, Nandamudi J. M.; BIAZI, Elenice. **Um estudo estocástico para dias chuvosos e não chuvosos consecutivos para uma estação do interior de São Paulo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., 1981, Fortaleza. Fortaleza: 1981. p.89

RICHARDSON, C. W. **Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation.** Water Resources Research, Washington, v. 17, n. 1, p. 182-190, 1981.

ROBERTSON, G. W. **Dry and wet spells.** Malaysia: Project Field Report, 1976. 28p.

ROLDAN, J. WOOLHISER, D. A.; **Stochastic Dily Precipita Models,** 2. A Comparison of Distributions of Amounts. Water Resources Research, 1982 1461p.

SANSIGOLO, C. A. **Modelagem Estocástica de precipitações diárias,** Revista Brasileira de Engenharia, p.35-40, 1988. Caderno de Recursos Hídricos.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. **Barragem do Rio do Salto: Relatório de Impacto Ambiental.** Florianópolis, 2000. CD.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Planejamento. Setor de Cartografia. **Distribuição Espacial das SDRs e Mesorregiões do IBGE.** Disponível em <<http://fapesc.sc.gov.br/arquivos/11112009mapamesorregioes.pdf>>. Acessado em 15 de Julho de 2014.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente; Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e Da Agricultura. **Zoneamento da disponibilidade e da**

**qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá.** Documento síntese, 1996.

SILVA, J. B.; ARAUJO, M. I. M.; ANDRADE, A. M. P. A.  
**Probabilidade de ocorrência de veranicos na baixada campista.**  
Saneamento, Rio de Janeiro, n. 51, p. 26-33, 1977.

SILVA, J. C. et al. **Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.67-72, 2007.

STERN, R. D.; COE, R. **The use of rainfall models in agricultural planning.** Agricultural Meteorology, Amsterdam, n. 26, p. 35-50, 1982.

THOMÉ, V. M. R. et al. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 1999. CD-ROM.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: ciência a aplicação.** Porto Alegre. UFRGS, 1993. 943p.

UGGIONI, A. B. **Utilização da modelagem matemática no planejamento ambiental no litoral sul de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005. 60p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A.. R. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.

VIEIRA, S.R. **Geostatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

VIRGENS FILHO, J. S.; CATANEO, A. **Modelo computacional para simulação da radiação solar global diária.** Energia na Agricultura, v. 14, n. 2, p. 24-36, 1999.

**WAYMIRE, E. E.; GUPTA, V. J. The Mathematical Structure of Rainfall Representation, Part 1, A Review of the Stochastic Rainfall Models.** Walter Resourcos Research, p. 1261-1272, 1981.

**WILLIAMS, C. C. Sequences of wet and dry days considered in relation to the logarithmic series.** Quartely Journal Royal Meteorological Society, London, n.78, p. 91-96, 1952.

**WOLF, J. M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuva para Brasília-DF.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, n. 12, p. 141-50, 1977.