

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

ROSELI APARECIDA FERNANDES CHIERICE

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

Rio Claro – SP

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

551.6 C533v Chierice, Roseli Aparecida Fernandes
Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu / Roseli Aparecida Fernandes Chierice. - Rio Claro, 2013
117 f. : il., figs., tabs., quadros

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Paulo Milton Barbosa Landim

1. Climatologia. 2. Meio ambiente. 3. Regiões homogêneas. 4. Análise de agrupamentos. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim
(Departamento de Geologia Aplicada IGCE UNESP/Rio Claro)
- orientador -

Prof. Dr. João Afonso Zavattini
(Departamento de Geografia IGCE UNESP/Rio Claro)

Prof. Dr. Edson Gomes de Oliveira
(Departamento de Geologia Aplicada IGCE UNESP/Rio Claro)

Prof^ª. Dra Célia Regina Lopes Zimback.
(Departamento de Solos e Recursos Ambientais/Faculdade de
Ciências Agrônômicas UNESP/Botucatu)

Prof. Dr. Laércio Aparecido Lucas
(Área de Ciências Exatas/AFA - Pirassununga)

Aluna: Roseli Aparecida Fernandes Chierice

Resultado: Aprovada

Rio Claro, 02 de maio de 2013

À Natale, Regiane, Natalia, Luiz Carlos e Tiago pelo amor, apoio e compreensão que me foram fundamentais na elaboração desse trabalho. Com carinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP de Rio Claro, pela orientação e ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. João Afonso Zavattini, do Departamento de Geografia da UNESP de Rio Claro, pela amizade e apoio no esclarecimento de diversas dúvidas, surgidas ao longo desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alessandro Firmiano de Jesus, da Área de Matemática da Academia da Força Aérea, pela amizade e ajuda incondicional em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Laércio Aparecido Lucas, da Área de Matemática da Academia da Força Aérea, pela amizade e pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados.

Ao Prof. Dr. Roberto Naves Domingos, do Departamento de Física da UNESP de Rio Claro, que me apontou caminhos.

Ao meu esposo Natale Júnior e as minhas filhas Regiane e Natalia, pelo especial e constante apoio nesta fase. A vocês, todo meu amor.

À minha mãe pelo carinho.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação, Luciano e Luiz pela amizade e incentivo, no decorrer desses quatro anos.

À Academia Força Área, pelos afastamentos concedidos para elaboração deste trabalho.

Aos Professores e Funcionários, do Departamento de Geologia Aplicada IGCE-UNESP de Rio Claro, pelos ensinamentos transmitidos e atenção que me dispensaram.

À Conceição, Luciane Urvaneja, Rosângela, Sônia, Maria de Lourdes e Agda pela amizade, ajuda e disponibilidade em todos os momentos.

Aos amigos da AFA, Ferrarinho, Missiato, Melo, Luis Lopes, Levada, Carlos Bispo e Tadeu, pela amizade e incentivo à pesquisa.

A todos os que me incentivaram e torceram por mim e que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada a todos. Obrigada a Deus.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade anual, mensal e sazonal das precipitações pluviométricas, tanto em sua dimensão temporal, como em sua distribuição espacial e determinar regiões pluviometricamente homogêneas, no âmbito da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, utilizando-se dados de precipitação anual de 40 postos pluviométricos, em um período de 25 anos, 1975 a 1999. Para seleção dos postos consideraram-se, aqueles cujas séries não tivessem falhas ou, então, um número reduzido delas e, que os anos dessas séries fossem concomitantes. A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está, localizada na região Nordeste do estado de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais, está compreendido entre os paralelos 20°53' e 22°30' e os meridianos 46°08' e 48°11', com uma área de drenagem de, aproximadamente, 14.653 km² no trecho paulista. Na primeira etapa deste trabalho, analisaram-se os dados pluviométricos por meio da estatística descritiva, observando-se que alguns anos apresentavam características pluviométricas diferentes. Considerou-se nessa análise, os mapas de isolinhas das chuvas anuais, de cada ano do período, e uma planilha cromática na classificação dos anos padrão. Aos mapas e à planilha atribuíram-se cores, as quais obedeciam a uma escala definida pela Regra de Sturges. Dos anos classificados, escolheu-se 1983 (padrão chuvoso), 1994 (padrão seco) e 1995 (padrão habitual), para identificar possíveis oscilações nas chuvas sazonais. Na segunda etapa, com a série de dados pluviométricos, fez-se uma análise de agrupamentos, utilizando-se, o método aglomerativo hierárquico, com o coeficiente de Ward, para a formação de grupos de postos pluviométricos similares. Com os postos pluviométricos, formaram-se quatro grupos homogêneos. Esses grupos identificaram regiões homogêneas na bacia, em função da precipitação anual. Nessa análise, foi possível localizar grupos com o mesmo comportamento, ou seja, a região mais seca e a mais chuvosa. Em função das atividades predominantes na bacia e do seu alto grau de urbanização, informações sobre o comportamento das precipitações pluviométricas são importantes para o planejamento e gestão desta bacia.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, regiões homogêneas, variabilidade espacial e temporal, análise de agrupamentos.

ABSTRACT

The aim of this research was to analyze the annual, monthly and seasonal rainfall variability, both in their temporal dimension and in their spatial distribution, and determine rainfall homogeneous regions within the ambit of the area of the Mogi Guaçu River using annual precipitation data from 40 rain gauge stations in a period of 25 years, from 1975 to 1999. Selecting the venues we considered those which series did not have failures, or else a reduced number, and that the years of these series were concomitant. The Mogi Guaçu River of the watershed is located in the northeast region of the state of São Paulo and southwest of the state of Minas Gerais, is between the parallels 20°53' and 22°30' and meridians 46°08' and 48°11', with a drainage area of approximately 14.653 km² in the stretch that belongs to São Paulo. In first step of this study we analyzed the rainfall data by using descriptive statistics, observing that some years had different rainfall characteristics. In this analysis were considered the contour maps of annual rainfall for each year of the period and a chromatic spreadsheet to classify the standard years. It was attributed colors to of the maps and to the spreadsheet wich follow regarding Sturges rule scale. From the ranked the years we chose 1983 (rainy standard), 1994 (dry standard) and 1995 (usual pattern) to identify possible oscillation in seasonal rainfall. In the second step, with a series of rainfall data, it was done a cluster analysis, using the agglomerative hierarchical method, with the coefficient of Ward, to form groups of similar climatic stations. It was then formed four homogeneous groups with pluviometric stations. These groups have identified homogeneous regions in the basin as a function of annual precipitation. In this analysis it was possible to find groups with the same behavior as the driest and rainier regions. Considering the high degree of activities and urbanization predominant in the basin, information about the behavior of rainfall are important for planning and management of the basin

Keywords: rainfall, Mogi Guaçu River basin, homogeneous regions, spatial and temporal variability, cluster analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.	28
Figura 2 - Bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.....	29
Figura 3 - Compartimentos administrativos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.	30
Figura 4 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.	31
Figura 5 - Compartimentos geomorfológicos que a bacia do Rio Mogi Guaçu transpõe.	33
Figura 6 - Mapa topográfico da bacia do rio Mogi Guaçu.	34
Figura 7 - Rede de drenagem da bacia do Rio Mogi Guaçu.	35
Figura 8 - Mapa da classificação climática da bacia do Rio Mogi Guaçu.	36
Figura 9 – Classificação climática do Estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).....	38
Figura 10 - Unidades pluviais do Estado de São Paulo.....	39
Figura 11 - Análise de Dupla Massa (Posto D3-024-Águas de Lindóia).....	47
Figura 12 - Análise de Dupla Massa (Posto C4-029-Santa Cruz das Palmeiras).....	47
Figura 13 - Análise de Dupla Massa (Posto C5-115-Barrinha).	48
Figura 14 - Distribuição espacial dos 40 postos pluviométricos na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.	49
Figura 15 - Distribuição espacial dos 40 postos pluviométricos nas sub-bacias do Rio Mogi Guaçu.	50
Figura 16 - Mapa topográfico da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu e localização dos 40 postos pluviométricos.....	50
Figura 17 - Fluxograma da metodologia proposta.	54
Figura 18 - Estatística descritiva para o conjunto de dados de chuva dos 40 postos da bacia no período 1975 a 1999.....	56
Figura 19 - Médias anuais do volume de chuva no período 1975 a 1999 na bacia.....	57
Figura 20 - Média anual do volume de chuvas para cada posto da bacia no período 1975 a 1999.....	58
Figura 21 - Reta de regressão linear para a variável pluviosidade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, no período de 25 anos.	59
Figura 22 - Curva de regressão cúbica para a variável pluviosidade na Bacia do Rio Mogi Guaçu, no período de 25 anos.	60
Figura 23 - Média Móvel dos totais anuais de chuvas para 4 anos no período 1975 a 1999.	61
Figura 24 - Reta de regressão da Média Móvel dos totais anuais de chuvas para 4 anos no período 1975 a 1999.	61
Figura 25 - Frequência relativa e frequência absoluta (números acima das colunas) de totais anuais de chuvas no período 1975 a 1999.....	64

Figura 26 - Mapas de isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).....	67
Figura 27 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" chuvoso de 1983.....	72
Figura 28 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" seco de 1994.....	74
Figura 29 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" habitual de 1995.	75
Figura 30 –Histograma da variação sazonal da pluviosidade nos "anos padrão"	76
Figura 31 - Distribuição das chuvas anuais médias na bacia.	78
Figura 32 - Distribuição dos desvios padrão em relação à média dos 25 anos para os 40 postos pluviométricos da bacia.	79
Figura 33 - Distribuição dos coeficientes de variação das chuvas anuais na bacia.....	80
Figura 34 - Distribuição das chuvas sazonais médias na bacia do Rio Mogi Guaçu.	83
Figura 35 - Histograma da contribuição da pluviosidade sazonal na bacia do Rio Mogi Guaçu.	84
Figura 36 - Dendrograma dos 40 postos pluviométricos localizados na bacia do Rio Mogi Guaçu	85
Figura 37 - Distribuição espacial das regiões dos grupos homogêneos.	86
Figura 38 - Distribuição da pluviosidade mensal de cada grupo homogêneo da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.....	89
Figura 39 - Distribuição da pluviosidade mensal do grupo anômalo: posto 3 (C5-115) e posto16 (C4-029).	91
Figura 40 - Distribuição da pluviosidade média anual para os diferentes grupos.....	92
Figura 41 - Localização dos sete postos pluviométricos na bacia.....	94
Figura 42 - Variação e tendência da pluviosidade anual para os sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu.	94
Figura 43 – Histograma da pluviosidade média mensal para os sete postos.....	97
Figura 44 - Distribuição da pluviosidade sazonal de cada posto e a média sazonal dos sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu – 1975 a 1999.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trecho do banco de dados pluviométricos.....	41
Tabela 2 - Coordenadas geográficas das 40 localidades da Bacia do Rio Mogi Guaçu.....	42
Tabela 3 - Dados mensais de chuva do posto pluviométrico D3-024 (Águas de Lindóia), mostrando os anos com dados completos e os preenchimentos de dados faltantes.....	45
Tabela 4 - Parte da planilha contendo os totais anuais de chuva, com os respectivos valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação Guaçu.....	55
Tabela 5 - Intervalos de classes (mm) obtidos por meio da técnica de Sturges e a escala cromática associada.....	63
Tabela 6 - Contribuição da pluviosidade nos períodos chuvosos e secos, nos "anos padrão"	77
Tabela 7 - Relação dos postos pluviométricos, com os respectivos valores de precipitação, desvio padrão e coeficiente de variação.....	81
Tabela 8 - Contribuição da pluviosidade (em mm) nos períodos chuvosos e secos, para os quatro grupos homogêneos.....	90
Tabela 9 - Contribuição da pluviosidade nos períodos chuvosos e secos, para os postos considerados anômalos.....	92
Tabela 10 - Estatísticas descritivas referentes aos grupos homogêneos e grupo anômalo.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de planilha cromática em que as cores qualifica os números de falhas diárias ocorridas nos meses de cada ano do período.....	43
Quadro 2 - Frequências absolutas das chuvas anuais, de acordo com os intervalos de classes definidos pela regra de Sturges, associados à escala cromática	63
Quadro 3 - Características pluviiais obtidas por meio da técnica de Sturges.....	64
Quadro 4 - Planilha cromática com a ocorrência das chuvas anuais para o período 1975-1999 dos 40 postos pluviométricos da Bacia do Rio Mogi Guaçu, de acordo com os intervalos de classes (chuvas em mm) obtidos pela técnica de Sturges.	65
Quadro 5 - Contribuição da pluviosidade sazonal nos "anos padrão".....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivo Geral	18
1.3 Objetivos Específicos	18
1.4 Estrutura do Trabalho	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Precipitação Pluviométrica	20
2.2 Pesquisa sobre Pluviosidade.....	23
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.1 Área de Estudo	28
3.2 Aspectos Físicos	31
3.2.1 Geomorfologia.....	31
3.2.2 Altimetria.....	33
3.2.3 Rede de Drenagem.....	34
3.2.4 Clima	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Materiais	41
4.2 Análise dos Dados Pluviométricos	43
4.3 Preenchimento de Falhas	44
4.4 Análise de Consistência de Séries Pluviométricas – Dupla Massa	46
4.5 Distribuição Espacial dos Postos Pluviométricos.....	49
4.6 Métodos	51
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
5.1 Variabilidade Temporal.....	55
5.2 Análise de Tendência.....	58
5.3 A Escolha dos "Anos Padrão"	62
5.3.1 Método de Sturges	62
5.3.2 Análise da Distribuição das Chuvas Anuais no Período 1975 a 1999.....	66
5.4 Variação Sazonal da Pluviosidade nos "Anos Padrão" na Bacia do Rio Mogi Guaçu.....	72
5.5 Variabilidade da Pluviosidade Média Anual na Bacia	78
5.6 Variabilidade Média Sazonal da Pluviosidade na Bacia	82
5.7 Classificação das Áreas Homogêneas para a Bacia do Rio Mogi Guaçu.....	84

5.8 Contribuição da Pluviosidade nos Períodos Chuvosos e Secos, nas Regiões Homogêneas da Bacia.....	88
5.9 Tendência e Variabilidade Pluvial de Sete Postos Pluviométricos Seleccionados nos Grupos Homogêneos.....	93
5.9.1 Tendência e Variabilidade Interanual.....	94
5.9.2 Distribuição da Pluviosidade Média Mensal.....	97
5.9.3 Distribuição da Pluviosidade Média Sazonal.....	98
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXO A.....	111
ANEXO B.....	115
ANEXO C.....	117

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um elemento importante não só na caracterização climatológica de uma região, mas também como informação básica para qualquer estudo hidrológico ou ambiental. Tendo em vista a complexidade desse fenômeno natural, necessita-se de análises mais precisas para se obter o máximo aproveitamento das informações sobre a caracterização da variabilidade pluviométrica, tanto em relação ao tempo, como ao espaço.

O conhecimento de determinadas variáveis meteorológicas, como a precipitação, para diversos setores tais como agropecuária, comércio, turismo, entre outros, é de extrema importância para a elaboração de metas e planos de ação, pois esses setores da sociedade planejam suas atividades em razão das variações da precipitação.

A observação da distribuição das chuvas, durante um longo período, coloca em evidência as irregularidades do ritmo climático atual, pois permite constatar períodos muito chuvosos, revezando-se com outros de severa estiagem. Tal distribuição deve ser analisada sob os aspectos quantitativos (diferentes volumes de precipitação) e qualitativos (padrões de distribuição pluviométrica), sendo de suma importância para a explicação da natureza e cadência das atividades humanas (ZAVATTINI, 2009).

Em termos de recursos hídricos, a precipitação pluviométrica constitui a principal entrada do balanço hidrológico de uma bacia hidrográfica (ou sistema hidrológico), representando o elemento climático, dentre outros elementos e fatores, de maior importância para entender a dinâmica climática (FERREIRA NETO, 2001).

Assim, considerando-se os mais diversos ramos de atividades em que são aplicadas pesquisas de estudos climatológicos Sant'Anna Neto (1998) afirmou que:

[...] somente a partir do conhecimento da dinâmica climática, sua gênese e previsão, pode-se minimizar seus efeitos negativos às atividades humanas e direcionar este conhecimento no sentido de encontrar um equilíbrio, aproveitando a sua variabilidade temporal para o planejamento econômico (SANT'ANNA NETO, 1998, p. 128).

Da mesma forma, Baldo et al. (2001), enfatizando também os estudos climatológicos, voltados principalmente para as bacias hidrográficas, afirmaram que:

[...] A análise climatológica fornece subsídios importantes, tanto no que diz respeito ao conhecimento da realidade espacial quanto ao da organização das atividades econômicas. Cumpre destacar o zoneamento agrícola e o estudo das bacias hidrográficas com todas as suas implicações (BALDO, MARTINS, NERY, 2001, p. 72).

Portanto, tendo em vista essas considerações, os estudos climatológicos passam a ter um papel fundamental para o desenvolvimento das atividades sociais e econômicas de uma região, pois a necessidade de informações hidrológicas para um efetivo planejamento dos recursos hídricos tem buscado a ampliação de diversas técnicas de estudo, como as técnicas da estatística clássica e da estatística multivariada (análise de agrupamentos), justificando assim os trabalhos técnico-científicos nessa área, utilizados como meio proporcionar uma adequada classificação climática de grande importância nos planejamentos urbanos, agrícolas e ambientais (FERREIRA NETO, 2001).

As bacias hidrográficas são áreas definidas geográfica e topograficamente, drenadas por um curso d'água ou também sistemas conectados de cursos d'água tal que toda a vazão efluente é descarregada através de uma simples saída, seu exutório (VILLELA; MATTOS, 1975). Essas têm sido reconhecidas como espaço geográfico mais adequado para tratar de assuntos ambientais, seja no abastecimento de água urbano, industrial e rural, seja na produção agrícola, na geração de energia, dentre outros, constituindo-se em unidade de gestão administrativa. A bacia hidrográfica passou a ser adotada como unidade territorial de planejamento e manejo ambiental no Estado de São Paulo.

Como área de abrangência para a pesquisa, selecionou-se a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, denominada no Estado de São Paulo de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 – UGRHI 09 (GOMES et al, 2003). A opção pela unidade "bacia hidrográfica" como área de estudo, deve-se às facilidades de análise que a mesma oferece, pois todos os processos geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climatológicos, ocorrem nesse limite natural.

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais, possui uma área de drenagem de aproximadamente 17.460 km², sendo 2.650 km² em território mineiro e sua maior extensão localiza-se em território paulista, aproximadamente 14.653 km², o trecho mineiro não foi incluído no presente trabalho. Ao longo do trecho paulista da bacia do Rio Mogi Guaçu tem-se ampliado as atividades agrícolas, industriais, como também o crescimento urbano (ZANCOPÉ, 2008).

Em função das atividades agroindustriais predominantes na bacia e do seu alto grau de urbanização, o estudo da variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica é de grande importância, tendo em vista que os padrões e o regime de precipitação pluviométrica determinam a produtividade e o desenvolvimento de uma região.

1.1 Justificativa

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida em um importante espaço geográfico no Estado de São Paulo, pois toda a bacia está ocupada por lavouras de cana de açúcar, de citrus (laranja), milho, pinus, braquiária, eucaliptos e pastos destinados à pecuária. No setor industrial, a região também se beneficia do Rio Mogi Guaçu pela presença de indústria alimentícia, papel, papelão, celulose, curtumes, metalúrgicas, usinas de açúcar, álcool e química, produtos minerais não metálicos: argilas e areias. O turismo também é um componente importante na economia dos municípios da bacia reconhecidos como estâncias hidrominerais: Águas da Prata, Águas de Lindóia, Lindóia, Serra Negra e Socorro, onde a qualidade do aquífero subterrâneo é um atrativo que propicia o desenvolvimento de atividades associadas à hotelaria e ao lazer (GOMES et al., 2003).

Ao longo da bacia do Rio Mogi Guaçu localiza-se os municípios de grande expressão econômica regional e estadual como Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Sertãozinho e Araras, entre outros. Segundo o censo demográfico do IBGE (2007), a população recenseada e estimada dos municípios com sede na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu era de 1.438.174 habitantes, sendo que 93% estão na área urbana (CBH-MOGI, 2008).

O Rio Mogi Guaçu é muito utilizado, na produção agrícola, no abastecimento de água urbana, industrial e como receptor de efluentes domésticos e industriais tratados e não tratados. A compreensão da dinâmica climática predominante na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, bem como a distribuição da precipitação pluviométrica no tempo e no espaço, fornece subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos dessa bacia.

O presente trabalho contribui para a compreensão efetiva das variações pluviais da bacia do Rio Mogi Guaçu, visto que, são escassas as pesquisas específicas sobre a pluviosidade com relação à região de estudo e ao período analisado, principalmente, às que utilizam a metodologia descrita nesse trabalho.

O número e a diversidade de estudos sobre o clima e as bacias hidrográficas, tendo como componente principal a pluviosidade, tem aumentado na atualidade. Para dar uma contribuição ao estudo da variabilidade da pluviosidade, em diferentes regiões da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, buscou-se identificar, por meio da aplicação de técnicas da estatística descritiva e da estatística multivariada, utilizando-se como ferramenta a análise hierárquica de agrupamentos, as regiões em grupos homogêneos com semelhança na pluviosidade de cada região (LANDIM, 2010).

Assim, é possível obter grupos homogêneos em precipitação anual para a investigação pluviométrica num comportamento espacial e temporal da bacia. Os resultados deste estudo darão suporte para modelos hidrológicos distribuídos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu (FECHINE; GALVÍNCIO, 2008).

O conhecimento detalhado da variabilidade das precipitações pluviométricas nessa área é de grande importância, pois, com isso, objetiva-se um melhor planejamento das atividades agrícolas, industriais, turísticas, bem como planejamento do uso racional da água nas diversas regiões da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo desta Pesquisa é analisar a variabilidade das precipitações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, tanto em sua dimensão temporal, para o segmento de tempo compreendido entre 1975 a 1999, como em sua distribuição espacial e identificar, por meio da análise de agrupamentos, as regiões pluviometricamente homogêneas no âmbito da bacia.

1.3 Objetivos Específicos

- a) Aplicar o método clássico de dupla massa para análise de consistência das séries pluviométricas.
- b) Identificar o regime pluviométrico da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, por meio da distribuição temporal e espacial das chuvas.
- c) Destacar as contribuições pluviais sazonais ocorridas na bacia do Rio Mogi Guaçu, salientando anos excepcionalmente secos e chuvosos, bem como os de padrão habitual.
- d) Classificar a área da bacia em regiões pluviometricamente homogêneas, por meio de uma análise de agrupamentos, evidenciando áreas mais e menos chuvosas.
- e) Analisar a contribuição da pluviosidade nos períodos chuvosos e secos na região da bacia.
- f) Verificar a tendência e variação da pluviosidade anual de sete localidades distribuídas nas regiões dos grupos homogêneos.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho será apresentado em sete capítulos, onde a introdução contempla uma apresentação, a justificativa e os objetivos desta pesquisa.

O segundo capítulo traz uma revisão conceitual sobre precipitação pluviométrica e apresenta trabalhos de relevância sobre o tema proposto e que contribuirão para este trabalho.

O terceiro capítulo envolve a caracterização da área de estudo, consistindo nos aspectos físicos, na geomorfologia e no clima da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

O quarto capítulo é fundamentado com a descrição dos materiais e métodos utilizados na pesquisa, descrevendo a origem dos dados, o período selecionado, a organização do banco de dados, o método adotado para o preenchimento de falhas e a consistência dos dados analisada por meio do método da Dupla Massa.

O quinto capítulo foi destinado, após a consistência da série de dados pluviométricos, às análises das variações das chuvas anuais, mensais e sazonais por meio das técnicas da estatística descritiva. Foram selecionados os anos que pudessem representar o ano de padrão "habitual" e o "excepcional" (chuvoso e seco). Para os anos escolhidos como "anos padrão" analisou-se a pluviosidade sazonal. As técnicas da análise de agrupamentos, por meio do método hierárquico aglomerativo de Ward, foram aplicadas nas séries de dados de precipitação pluviométrica anuais, para os 40 postos pluviométricos inseridos na área de estudo, a fim de dividir, quanto à precipitação, a região em grupos homogêneos. Os agrupamentos obtidos, por esse método, são apresentados em forma de dendrograma. As regiões, que formaram os grupos com as características homogêneas, foram analisadas quanto à contribuição da pluviosidade, nos períodos chuvosos e secos. Foram selecionados sete postos pluviométricos distribuídos pelos grupos homogêneos da bacia do Rio Mogi Guaçu, para as análises da variação mensal, sazonal e tendência da pluviosidade.

O sexto capítulo, dedicado às considerações finais e trabalhos futuros, traz as principais conclusões obtidas na pesquisa. Por meio da análise de agrupamentos, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, foi caracterizada em quatro grupos homogêneos e um grupo considerado anômalo, com relação à precipitação pluviométrica. No período entre 1975 a 1999, a contribuição da pluviosidade na bacia hidrográfica apresentou um comportamento homogêneo para períodos secos e chuvosos e, no sétimo capítulo, apresentam-se as referências bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se uma revisão conceitual sobre a precipitação pluviométrica e sua variabilidade espacial e temporal, e também traz uma relação de alguns trabalhos de relevância nacional e internacional, envolvendo as análises de agrupamentos e da variabilidade climática.

2.1 Precipitação Pluviométrica

A precipitação é definida como toda água, seja na forma líquida ou sólida, proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Entre as diferentes formas de precipitação destacam-se as chuvas, granizo, geada ou neve. A precipitação, representada na forma de chuva, é um elemento importante não só na caracterização climatológica de uma região, mas, devido à sua capacidade de produzir escoamento, a chuva (precipitação pluvial) tem papel fundamental para a hidrologia, principalmente na região de estudo, onde essas outras formas de precipitação são raras (FERREIRA NETO, 2001).

A disponibilidade da precipitação pluvial numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação das culturas, o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. As características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuição temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não tiver ligado a uma duração. A ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência. Por isso, o tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é estatístico (TUCCI, 2009).

A precipitação pluviométrica, segundo a natureza das nuvens, geralmente é considerada como: a) estratiforme, quando oriunda de nuvens do tipo nimbostratus e, b) convectiva, oriunda das nuvens do tipo cumulus ou cumulonimbus (EMÍDIO, 2008).

Segundo Ayoade (2010) é convencional classificar a precipitação em três tipos principais, tomando-se por base a maneira de elevação do ar que tenha dado origem à precipitação. Os tipos são:

- 1- convectivas de precipitação associado com a instabilidade convectiva;
- 2- ciclônicas ou frontais, associado com convergência em uma depressão;
- 3- orográficas associada às áreas acidentadas ou montanhosas.

As precipitações pluviométricas do tipo convectivas estão associadas às nuvens do tipo cumulus e cumulonimbus e são causadas pelo movimento vertical de uma massa de ar ascendente, que é mais quente do que o meio ambiente. A chuva do tipo convectivo é usualmente mais intensa do que a ciclônica ou orográfica, embora ela seja normalmente mais curta quanto à duração. Essas chuvas costumam ocorrer principalmente no verão e na primavera, tendo grande variabilidade na sua distribuição espacial e temporal. Geralmente provocam fortes tempestades, sendo acompanhadas de descargas elétricas e ventos fortes. No Brasil há uma predominância de chuvas convectivas, especialmente nas regiões tropicais (AYOADE, 2010).

As precipitações ciclônicas ou frontais são causadas por um movimento vertical do ar em grande escala, associado com sistemas de baixa pressão como as depressões. As chuvas são moderadamente intensa, contínua e afeta áreas muito extensas, pela intensidade média, distribuindo-se geralmente, com uniformidade no espaço e no tempo. A precipitação ciclônica não é tão intensa como a precipitação do tipo convectivo, porém tem uma duração mais prolongada. Frequentemente, a precipitação ciclônica dura de 6 a 12 horas. No Brasil as chuvas frontais são muito frequentes nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e por vezes, no Nordeste (EMÍDIO, 2008).

As precipitações orográficas são definidas como as que ocorrem quando as massas de ar são forçadas a uma ascensão mecânica provocada por obstáculos do relevo, como uma cordilheira, montanha, ou serra muito alta. Contudo, as montanhas, sozinhas, não são muito eficientes para fazer com que a umidade seja removida da massa de ar que se desloca por elas. Todavia, as áreas montanhosas recebem mais precipitação do que os terrenos baixos adjacentes. O grau de influência das montanhas sobre a precipitação depende do seu tamanho e de seu alinhamento relativo aos ventos portadores de chuvas. Em uma atmosfera estável, a influência orográfica restringe-se à proximidade da montanha ou da escarpa, de maneira que a ação principal do terreno elevado é apenas redistribuir a precipitação. São chuvas de baixa intensidade e longa duração que cobrem pequenas áreas. Por outro lado, quando a atmosfera é instável, a orografia tende a aumentar o volume de precipitação bem como distribuí-la por sobre uma área maior. As chuvas orográficas são frequentes na região Sudeste do Brasil, ao longo da Serra do Mar (EMÍDIO, 2008).

Segundo Ayoade (2010) a variabilidade da precipitação pluvial é importante nos trópicos, pois tende a ser mais variável do que na região temperada e também é mais sazonal em sua incidência dentro do ano.

A chuva tem distribuição espacial e temporal variada, e podemos apontar os seguintes fatores que influem na sua distribuição (EMÍDIO, 2008):

- a) as características influentes no volume e intensidade;
- b) o caráter regional, ou local da chuva, ou ambos combinados;
- c) a sazonalidade (verão, outono, inverno, primavera);
- d) as características de altitude e relevo da bacia e
- e) correntes de vento.

A variabilidade da precipitação pluviométrica pode ser analisada sobre duas grandes divisões, a de grande e pequena escala. Em grande escala, as variações que ocorrem no tempo e no espaço, podem afetar grandemente a disponibilidade de água para as atividades humanas, em pequena escala o conhecimento da variação pluviométrica é necessário sempre que se requer a verificação e avaliação relacionadas com a situação hídrica.

Para se conhecer adequadamente as distribuições das chuvas, estimando-se as variabilidades, é necessário dispor de sistemas eficientes de medidas. Medidas pontuais por pluviômetro e as observações por sensoriamento remoto de radar e satélite revelam que os campos de chuva são altamente variáveis numa escala espacial de alguns metros a centenas de quilômetros. Portanto, a representação de sua variabilidade no domínio espaço e tempo estão sujeitas a um alto grau de indeterminação (EMÍDIO, 2008).

Para representar a distribuição pluviométrica sobre uma região utilizam-se os traçados das isoietas, que são curvas que unem os pontos de igual altura de precipitação para um período determinado. As isoietas representam, pois, as curvas de nível do relevo pluviométrico anual, sazonal, mensal, diário ou de uma precipitação isolada (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Segundo Villela e Mattos (1975), a precipitação varia geográfica, temporal e estacionalmente. O conhecimento da distribuição e das variações da precipitação tanto no tempo como geograficamente é importante para o planejamento de recursos hídricos e para estudos hidrológicos. Em geral, a precipitação quanto à variação geográfica é máxima no Equador e decresce com o aumento da latitude. Entretanto, a irregularidade e orientação das isoietas de mapas de precipitação média anual mostram que existem outros fatores como altitude, latitude, a distância do mar e de outras fontes de umidade que afetam mais efetivamente a distribuição geográfica da precipitação do que a distância do Equador.

Quanto à variação temporal, embora os registros de precipitação sugiram uma tendência de aumentar ou diminuir, existe normalmente uma tendência de voltar à média; períodos úmidos, mesmo irregularmente, são sempre contrabalanceados por períodos secos. A

distribuição estacional da precipitação varia grandemente de um local para outro (VILLELA; MATTOS, 1975).

2.2 Pesquisas sobre Pluviosidade

Sant'Anna Neto (1995) em sua Tese de Doutorado intitulada: “As Chuvas no Estado de São Paulo: Contribuição ao Estudo da Variabilidade e Tendência da Pluviosidade na Perspectiva da Análise Geográfica” apresentou uma contribuição ao estudo geográfico do regime pluviométrico no Estado de São Paulo, pois fez uma classificação tipológica das chuvas nesse Estado. Assim, nesse estudo propôs a existência de oito unidades regionais e vinte e cinco subunidades homogêneas para o Estado de São Paulo, reconhecendo-as por suas características de variabilidade temporal, distribuição espacial, sazonalidade, tendência e ciclicidade. Cada uma destas unidades pluviais apresenta fatores geográficos em seu interior que provocam pequenas modificações do padrão geral regional, mas que continuam, hierarquicamente, comprometidas e subordinadas aos processos e estruturas regionais.

Menardi Júnior (2000) analisou o regime e o ritmo das chuvas na bacia do Rio Piracicaba – SP, primeiramente sob uma ótica de climatologia estática, em que obteve cinco compartimentos, resultando numa “tipologia pluvial”; sob a ótica dinâmica onde foram analisados dezessete episódios pluviométricos excepcionais, através da análise rítmica destacando os sistemas atmosféricos geradores ou não das chuvas. Complementando os resultados obtidos, relatou ainda, por meio dos episódios selecionados e das notícias coletadas na imprensa regional, os principais impactos pluviais ocorridos na bacia.

Boin (2000), no trabalho sobre Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada tratou da análise climatológica da região Oeste do Estado de São Paulo. Correlaciona totais de chuvas a processos erosivos e propõe, ao finalizar a pesquisa, não apenas um detalhamento da classificação climática de Monteiro (1973) como também, uma classificação climática baseada no ritmo atmosférico e na gênese das chuvas diárias e dos processos erosivos no Oeste Paulista. Segundo Boin (2000), o Oeste Paulista divide-se em quatro porções climáticas regionais e em nove unidades climáticas. Inspirando-se no método de integração de cartas morfométricas do relevo, uniram em um único documento cartográfico, as informações da Carta de Erosão e os da Carta Proposta de Classificação Climática de Base Genética, considerou-se, ainda, a quantidade e intensidade das chuvas, assim como sua gênese e direção de correntes, para definir a Carta de Risco Pluvial. Desta forma, foram definidas dez classes de risco à erosão pluvial, para a região do Oeste Paulista.

Tavares (2001) realizou um estudo sobre a Variabilidade e mudanças climáticas, a partir de uma concepção geográfica do clima. Para a caracterização desses conceitos, foram utilizados dados meteorológicos de Piracicaba – SP. O estudo mostrou que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) desempenha importante papel na variabilidade do clima, fundamentado na Organização Meteorológica Mundial em 1966 denomina-se (TAVARES, 2001, p.18):

[...] **variabilidade do clima** "a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro".

A variabilidade climática poderá ser mais bem observada quanto maior for o período de dados, pois ela é fruto das características dinâmicas da circulação atmosférica e está estreitamente vinculada à concepção de intervalos de recorrência. Assim sendo, se as características zonais respondem pelas feições do ritmo climático, a circulação atmosférica, em interação com os aspectos geográficos de uma determinada área, é a responsável pela variabilidade do clima. A variabilidade deve, portanto, estar contida no conceito de clima, pois é inerente a ele e tem sido, desde há muito, objeto de investigação nas pesquisas em climatologia (TAVARES, 2001).

O estudo realizado por Silva (2001) sobre a distribuição temporal e espacial das chuvas, na bacia do Rio Corumbataí–SP, buscou correlacionar os índices mensais de precipitação pluviométrica com as amostras de águas coletadas, no intuito de verificar o comportamento dos índices de consumo da cidade de Rio Claro e as condições da qualidade da água em função do ritmo pluvial na área de estudo. Constatou que a estação mais chuvosa é o verão e a mais seca é o inverno e que o outono se caracteriza como a estação de transição entre o período das chuvas e a época de estiagem. Esse estudo permitiu compreender melhor a relação entre o ritmo da circulação atmosférica regional e a influência de elemento pluvial nos espaços naturais e urbanos.

Ferreira Neto (2001) dividiu o Estado de Alagoas em regiões climatologicamente homogêneas, detectando regiões com características climáticas diferenciadas e, ainda, identificar épocas (anos ou mesmo meses) em que ocorreram valores extremos de precipitações (secas ou enchentes). Nessa pesquisa foram aplicadas três metodologias para a análise dos dados de precipitação: método de dupla massa, método de Hurst e análise de correspondências.

Unal et al (2003) propuseram uma divisão climática para a Turquia utilizando a metodologia matemática da análise de agrupamentos. Foram utilizados os dados de

temperatura (média, máxima e mínima) e precipitação mensal total de 113 estações climáticas, no período de 1951 a 1998. A análise de agrupamentos hierárquicos – técnica de Ward é escolhida para realizar a regionalização. Decidiu-se que sete zonas climáticas são suficientes para representar as regiões homogêneas, tendo como base a temperatura e a precipitação.

Keller Filho et al (2005) identificaram, no Brasil, regiões homogêneas quanto à distribuição de probabilidades de chuva com o objetivo de contribuir para os estudos de riscos climáticos na agricultura. As regiões foram delimitadas mediante aplicação da análise de agrupamento hierárquica, utilizando o método da variância mínima (Ward). Neste trabalho, foram utilizados dados de precipitação pluvial diária referente a 2341 postos pluviométricos dispersos em todo o território brasileiro. A análise hierárquica de agrupamento permitiu identificar 25 zonas pluviometricamente homogêneas, localizadas em seis áreas representativas da diversidade climática do território brasileiro.

Venkatesh e Jose (2007) em trabalho realizado na Índia, cuja área de estudo compreendeu um distrito costeiro e suas áreas adjacentes no Estado de Karnataka, utilizando dados médios anuais de precipitação de 93 postos pluviométricos distribuídos ao longo da área de estudo, durante um período de 10 a 50 anos. Encontraram, por meio das técnicas da análise de cluster e análise de variância, três regiões com regimes distintos de precipitação.

Emídio e Landim (2008) no estudo da superfície de tendência aplicada à chuva medida por radar meteorológico, nas regiões de Assis e Piracicaba, SP, aplicaram a técnica de análise de superfície de tendência com regressão polinomial de primeiro grau, com o objetivo de detectar as anomalias na distribuição da chuva medida pelo radar meteorológico, no período de 21 de outubro de 2004 a 29 de abril de 2005, período que abrange a estação chuvosa do Estado de São Paulo. Por meio da metodologia aplicada, verificou-se que a distribuição espacial da chuva acumulada pelo radar, em toda a extensão da área de estudo, identificou e localizou as regiões onde houve excesso e falta de chuva, durante o período analisado, possibilitando, dessa forma, identificar um indicativo preliminar das áreas em que ocorreu mais impacto pluvial e, conseqüentemente, mais propícia a danos ambientais.

André et al (2008) identificaram as regiões pluviometricamente homogêneas, no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. Para esse estudo foram utilizadas médias mensais de precipitação de 48 estações meteorológicas, no período 1971-2000, a avaliação da estrutura de grupos contida nos dados, identificando as regiões homogêneas, fez-se pela análise hierárquica de agrupamentos, adotando-se como medida de semelhança a distância euclidiana e, como algoritmo de agrupamentos, o método de Ward. Os resultados

mostraram que o Estado do Rio de Janeiro pode ser dividido, quanto à precipitação, em seis regiões pluviometricamente homogêneas, a região norte do Estado é a mais seca, e a região da encosta sul da Serra do Mar é a mais chuvosa.

Zavattini (2009) estudou as chuvas e as massas de ar no Estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática em uma área contígua à do Estado de São Paulo, que integra parcialmente a bacia do Paraná, o Estado do Mato Grosso do Sul. Analisou a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul, sob o ponto de vista da dinâmica atmosférica, em seus diferentes ritmos de sucessão dos tipos de tempo, com base nos "tipos de fluxo de invasão polar". Identificou e elaborou a faixa de transição climática regional, que separa os dois climas "Climas Zonais A e B", A ao norte e B ao sul, para a região do Mato Grosso do Sul. Propondo uma classificação climática de base genética, fundada nas variações do ritmo pluvial associadas à circulação atmosférica regional e aos aspectos morfológicos da área de estudo. Para Zavattini (2009), o Estado do Mato Grosso do Sul divide-se em quatro porções climáticas regionais e em dez feições climáticas, conforme a morfologia e a pluviometria da região.

Fritzsons et al (2011) identificaram as zonas homogêneas em pluviometria para o Estado do Paraná, neste trabalho foram utilizados dados pluviométricos de 469 postos no Estado do Paraná, obtidos num período de 30 anos (1977 a 2006). Os dados foram submetidos às Análises de Componentes Principais para definir a relação entre as componentes (variáveis) e sua importância relativa. Posteriormente, utilizou-se a Análise de Agrupamento (Cluster's Analysis - método Ward's) para visualização dos grupos formados pelas regiões dos postos pluviométricos, com base na aplicação da análise de agrupamentos, foram definidos 14 grandes grupos de observações pluviais no Estado do Paraná. Após definido 14 como sendo o número de grupos formados, aplicou-se o método das K- médias considerando três grandes grupos no estado: um com estiagem de grau variável no inverno, outro com a precipitação mais uniforme durante o ano e um terceiro grupo, intermediário entre os dois.

Jácomo (2011) estudou o regime pluviométrico no Oeste do Estado de São Paulo, por meio de técnicas de Geoestatística Clássica, para analisar o comportamento da precipitação pluviométrica ao longo do tempo e no espaço, esse autor fez uma análise de agrupamentos, utilizando a técnica proposta por Ward para formação de grupos de estações similares e formação de anos similares.

Alguns trabalhos relacionados, especificamente com a área da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, foram tratados por alguns pesquisadores. Dentre eles,

Gomes (2003) apresentou um Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, esse Plano Diretor representa um instrumento orientador do poder público e da sociedade na utilização, proteção e conservação dos recursos hídricos. Fez-se uma descrição geral do Rio Mogi Guaçu tanto nos aspectos físicos, quanto nos político e demográfico. O autor analisa a situação dos recursos hídricos, o uso e a ocupação do solo.

Zibordi (2004) realizou um estudo, por meio da análise multivariada para a gestão socioeconômica e ambiental da agropecuária, na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Foram utilizados os métodos da análise fatorial em componentes principais e da classificação automática hierárquica, a análise efetuada através dos dendrogramas focalizou as formações dos grupos de Municípios para cada aspecto analisado, ocupação do solo, recurso tecnológico (tratores e colheitadeiras, entre outros), aspecto socioeconômico e meio físico (relevo e solo).

Zancopé (2008) que analisou a morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu. Este estudo mostra que a dinâmica pluvial do Rio Mogi Guaçu é influenciada pelas estruturas geológicas da bacia hidrográfica. A análise do desenvolvimento dos meandramentos e a associação de pedofáceis mostraram duas planícies do Rio Mogi Guaçu com comportamentos morfodinâmicos distintos.

Moschini (2008) analisou e caracterizou a bacia hidrográfica do Médio Rio Mogi Guaçu Superior com relação aos aspectos sócio-econômico-políticos, na perspectiva de subsidiar a proposição de estratégias para o uso sustentável dos recursos naturais (recursos hídricos, vegetação e solo).

Storani (2010) relacionou as condições ambientais e geomorfológicas pretéritas do Quaternário, especificamente do Pleistoceno, de alguns pontos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu com o cerrado, por meio de técnicas de datação e correlação desses dados com características da evolução da paisagem e datações relativas de outros estudos. Propõe-se que as superfícies de aplainamento e níveis de terraço podem ser consideradas geossistemas específicos pela íntima relação entre seus elementos num determinado período de tempo.

Nesse contexto, objetivou-se obter e agregar informações que pudessem servir como referência para o presente estudo.

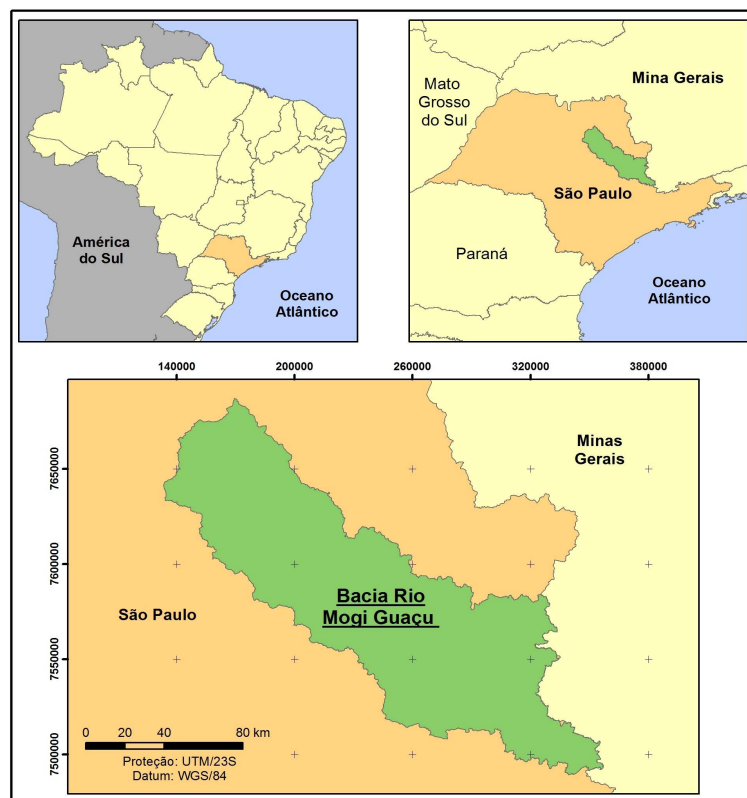
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo consiste, em síntese, na descrição geral da área de estudo abordando os aspectos físicos, geomorfológicos e climatológicos. Para a classificação climática da região, baseou-se nos modelos propostos por Köppen, Monteiro e Sant'Anna Neto.

3.1 Área de Estudo

A área de estudo selecionada refere-se à bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais. O Rio Mogi Guaçu nasce no Morro do Curvado, no município de Bom Repouso no Estado de Minas Gerais, numa altitude aproximada de 1.510 m e coordenadas aproximadas de 22°30'S e 46°08'W, na região da Serra da Mantiqueira. Após escoar longitudinalmente por aproximados 530 km, deságua no Rio Pardo a 483 m acima do nível médio do mar, entre as coordenadas aproximadas 20°53'S e 48°11'W, entre os municípios de Pitangueiras e Pontal no Nordeste do Estado de São Paulo (ZANCOPE, 2008). A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo no Estado de São Paulo.

Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o Relatório de Situação 2008-2011 do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu (CBH-MOGI, 2008) - os principais afluentes da bacia do Rio Mogi Guaçu pela margem direita são os rios: Onça, Itupeva, Claro e Jaguari Mirim; pela margem esquerda, os rios: Eleutério, do Peixe, do Roque, Bonito, Araras e Mogi Mirim. A Bacia do Mogi Guaçu apresenta interfaces com as bacias dos rios: Pardo; Piracicaba/Capivari/Jundiá; Baixo Pardo/Grande; Tietê/Jacaré; Turvo/Grande e Tietê/Batalha. A Figura 2 representa a distribuição das bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.

Figura 2 - Bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.



Fonte: Adaptado de <http://www.comitepcj.sp.gov.br/Paginas.php?CodPag=2>

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, é denominada de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09-UGRHI 09 (GOMES et al., 2003).

A implantação oficial do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, CBH-MOGI, aconteceu em 1996. O primeiro Relatório da Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu foi publicado no ano de 1999, seguindo o que determina o artigo 30 da lei 7.663, sob a coordenação geral da Secretaria Executiva do CBH-MOGI (CBH-MOGI, 1999).

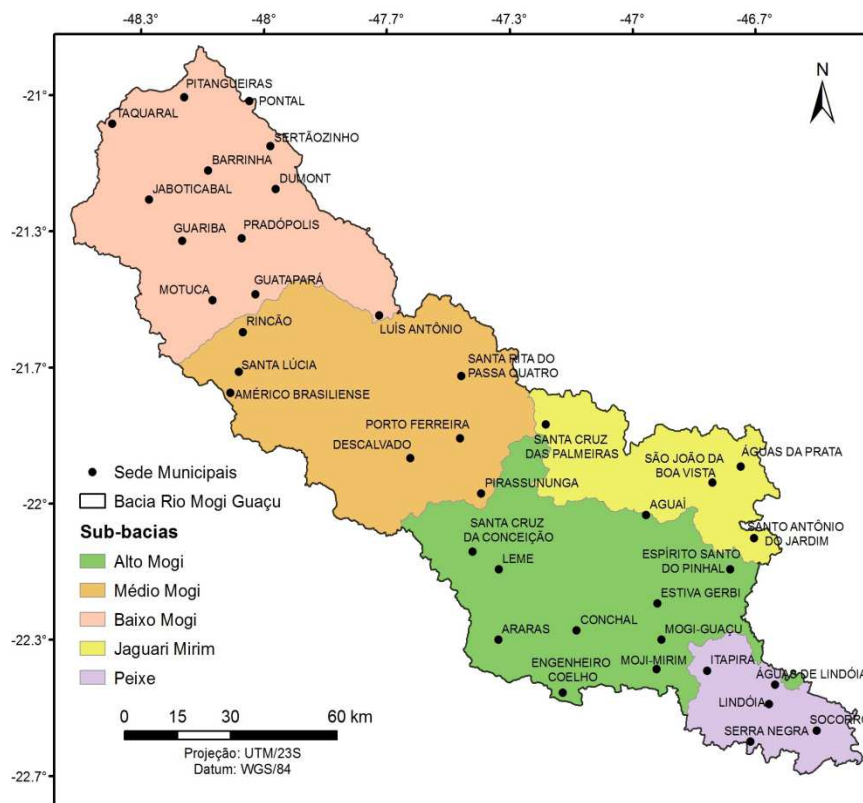
No Estado de São Paulo, a UGRHI 09 está inserida em área geográfica de 59 municípios, 27 têm sua área geográfica totalmente contida na bacia (Aguai, Águas de Lindóia, Américo Brasiliense, Araras, Barrinha, Conchal, Descalvado, Dumont, Espírito Santo do

Pinhal, Estiva Gerbi, Guariba, Guatapar, Itapira, Jaboticabal, Leme, Lindóia, Mogi Guaçu, Motuca, Pirassununga, Porto Ferreira, Pradópolis, Rincão, Santa Cruz da Conceiao, Santa Cruz das Palmeiras, Santa Lúcia, Santa Rita do Passa Quatro, Santo Antonio do Jardim), 10 municípios têm sua área urbana localizada na área de drenagem da bacia (guas da Prata, Engenheiro Coelho, Luis Antonio, Mogi Mirim, Pitangueiras, So João da Boa Vista, Serra Negra, Sertãozinho, Socorro, Taquaral), 4 municípios têm parte da área urbana contida na bacia (Casa Branca, Cravinhos, Monte Alto, Pontal) e 18 municípios têm apenas parte de sua área rural contida na área de drenagem do Rio Mogi Guaçu (Ribeirão Preto, Santa Rosa do Viterbo, So Simão, Tambaú, Vargem Grande do Sul, Amparo, Analândia, Corumbataí, Limeira, Rio Claro, Araraquara, Ibaté, São Carlos, Taiuva, Dobrada, Matão, Santa Ernestina, Taquaritinga) (CBH-MOGI, 2008).

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu foi subdividida em 2008, em cinco compartimentos administrativos. Esses compartimentos contem as sub-bacias: Peixe, Jaguari Mirim, Alto Mogi, Médio Mogi e Baixo Mogi (CBH-MOGI, 2008).

Os compartimentos da Bacia do Rio Mogi Guaçu, com os 38 municípios com sede (malha urbana) na UGRHI 09, estão representados na Figura 3.

Figura 3 – Compartimentos administrativos da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.



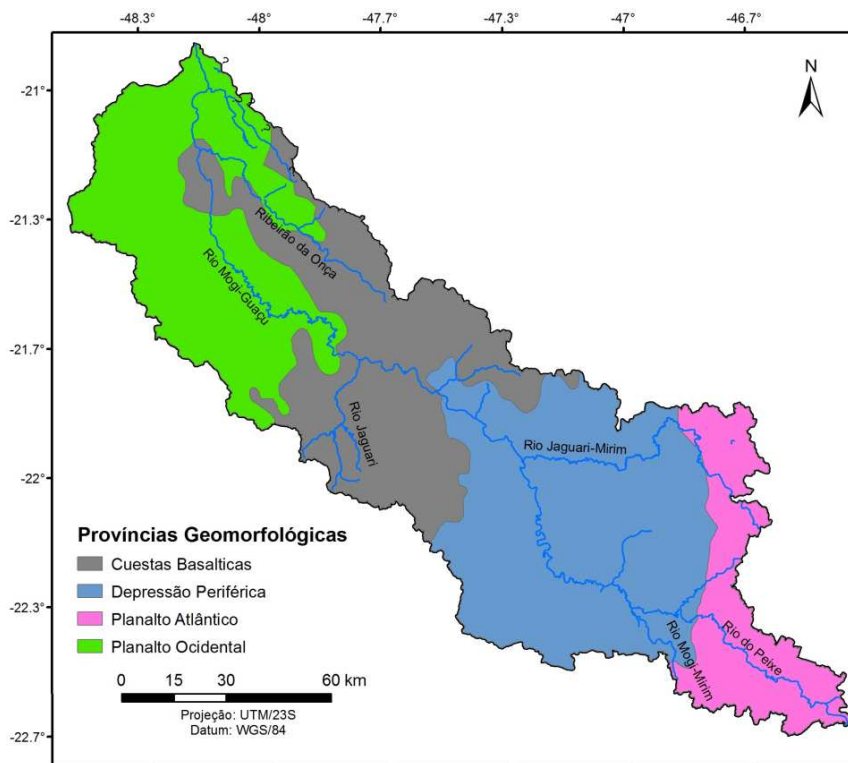
Fonte: CBH - Mogi, 2008

3.2 Aspectos Físicos

3.2.1 Geomorfologia

A bacia do Rio Mogi Guaçu estende-se por quatro grandes províncias geomorfológicas. De montante a jusante encontra-se: Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental (GOMES et al., 2003), Mostradas na Figura 4.

Figura 4 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: IPT, 1981. Adaptado CBH - Mogi, 1999.

O Planalto Atlântico localiza-se a montante, desde a nascente do rio Mogi Guaçu, no Estado de Minas Gerais. A topografia apresenta grande diversidade e declividade, com altitudes médias de até 1600 m. Destaca-se a zona de Serrania de Lindóia (CBH-MOGI,1999).

A Depressão Periférica é uma área rebaixada pela erosão localizada entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cristas, igualmente, das cuestas basálticas (ALMEIDA, 1974).

O contato entre as rochas sedimentares da Depressão Periférica e as rochas cristalinas do Planalto Atlântico oferece áreas de diferentes resistências à erosão fluvial,

proporcionando o aparecimento de cachoeiras e corredeiras. As altitudes oscilam de 400 m a 750 m.

As áreas de Depressão Periféricas, a oeste, são constituídas litologicamente, de modo geral, por arenitos. Isso resultou na formação de solos ácidos e pobres em fertilidade. Essa é uma das áreas de recarga do aquífero Botucatu-Piramboia, considerado o mais importante da América do Sul (CBH-MOGI, 1999).

A província geomorfológica Cuestas Basálticas ocupa a região centro e oeste, sendo cortada pelo Rio Mogi Guaçu. Trata-se de um relevo dessimétrico, constituído de um lado por um perfil côncavo em declive íngreme, denominado frente, do outro, de perfil suavemente inclinado, denominado reverso. É na área do reverso que se situam os solos conhecidos como latossolos roxos, de grande fertilidade agrícola, derivados de rochas basálticas (ZIBORDI, 2004).

O relevo das Cuestas é formado por chapadões, com altitudes de 600 m a 1000 m. Nas escarpas das Cuestas, as altitudes chegam a alcançar 1200 m, como é o caso da serra de São Simão.

O Planalto Ocidental apresenta pequena expressão na Bacia do Mogi Guaçu, localizando-se na porção mais a oeste. Essa região apresenta grande uniformidade, o que confere certa monotonia ao relevo, com predomínio de baixas e amplas colinas, como a Serra de Jaboticabal. As altitudes oscilam de 400 m a 600 m (GOMES et al, 2003).

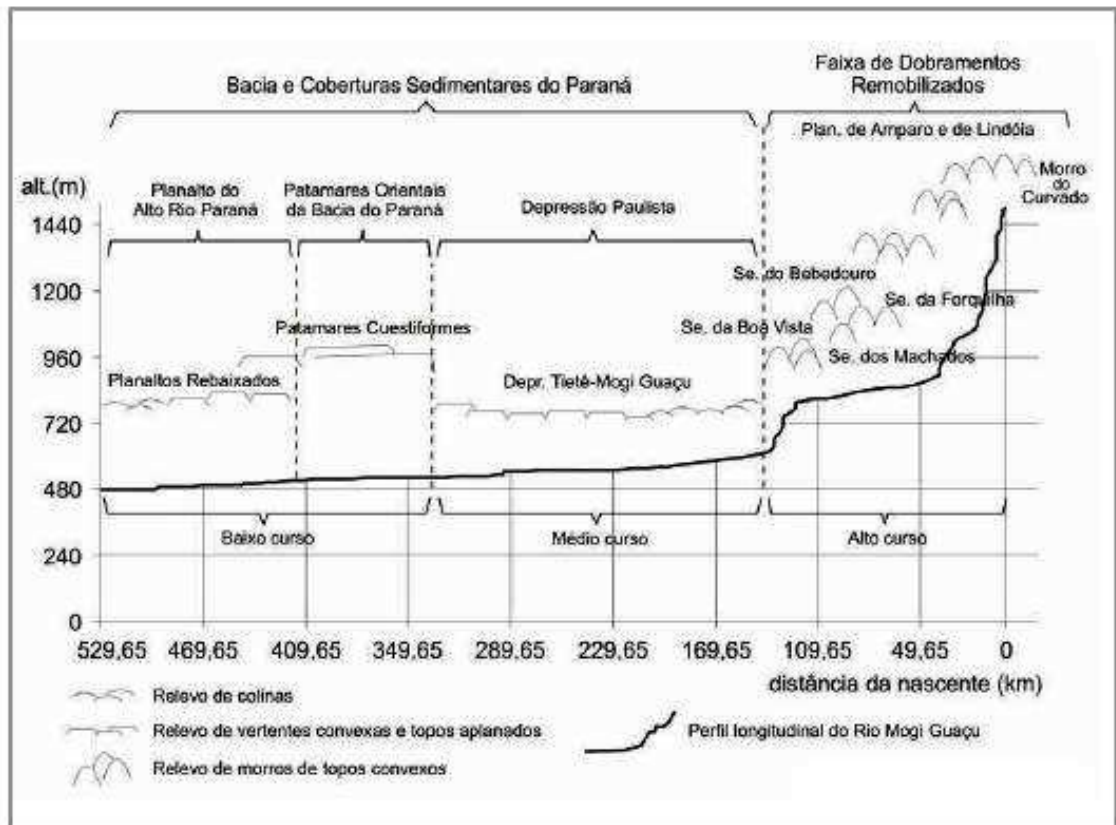
Segundo Storani (2008), a nascente do Rio Mogi Guaçu e todo seu alto-curso correm sobre o Planalto de Serra Negra-Lindóia, do Complexo Cristalino do Pré-Cambriano, com predomínio de granitos, gnaisses, quartzitos e migmatitos, solos Podzólicos Vermelho-Amarelos (Argissolos Vermelho-Amarelos) e Cambissolos com modelado de cristas e morros de topos convexos.

Na maior parte do território paulista, o Rio Mogi Guaçu escoia sobre as rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, lito-estrutura que o sustenta até a foz, atravessando a Depressão Periférica Paulista com predomínio de arenitos finos, argilitos e folhelhos e de Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Escuros (Latossolos Vermelhos) e Podzólicos Vermelho-Amarelos (Argissolos Vermelho-Amarelos), com vertentes convexas e topos aplanados. Este trecho compreende o médio-curso, entre os municípios paulistas de Mogi Guaçu e Porto Ferreira (STORANI, 2008).

Entre os municípios de Descalvado, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa Quatro, aquele rio transpõe as cuestas do Planalto Ocidental Paulista, para entrar em seu baixo-curso, correndo sobre o Planalto Ocidental Paulista em leitos predominantemente de basaltos, solos

da classe Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho) e o relevo variando de vertentes plano-convexas a convexas de topos aplanados baixos a médios. O perfil dos compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está representado na Figura 5.

Figura 5 - Compartimentos geomorfológicos que a bacia do Rio Mogi Guaçu transpõe.



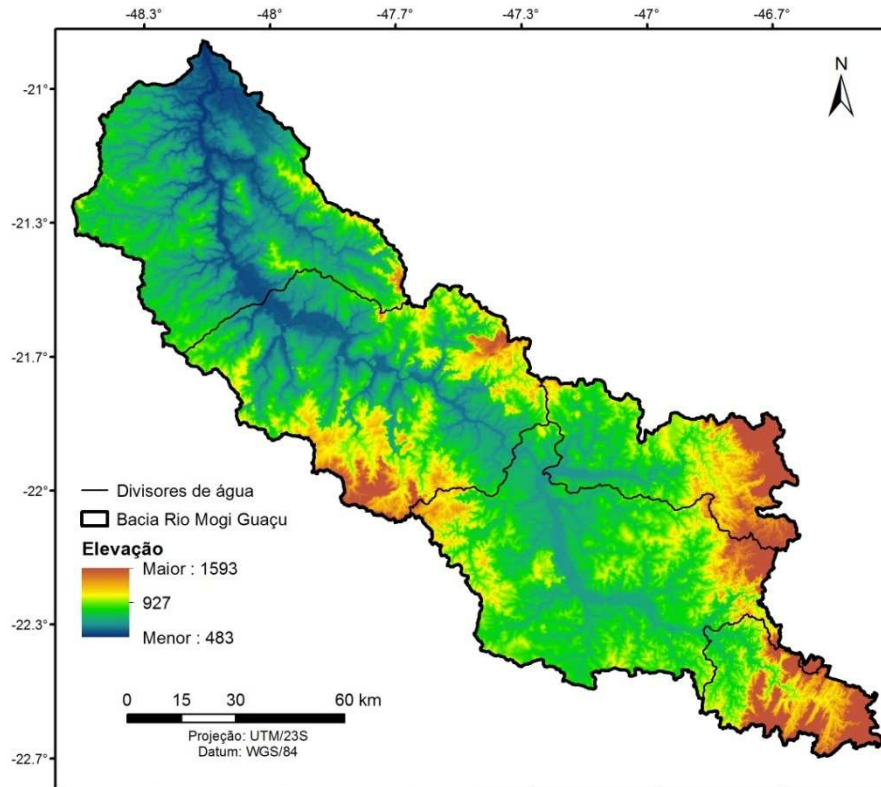
Fonte: Adaptado de: Zancopé, 2008.

3.2.2 Altimetria

Referindo-se às suas características quanto aos níveis altimétricos, a Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, apresenta altitudes predominantemente situadas entre os 480 e os 1600 metros acima do nível do mar.

As características da morfologia do relevo estão representadas na Figura 6, onde podemos visualizar que as cores mais claras representam menores altitudes e as cores mais escuras maiores altitudes. A região caracterizada por altitudes mais elevadas são áreas mais altas, pertencentes ao Planalto Atlântico. A região de altitudes mais baixas corresponde ao Planalto Ocidental.

Figura 6 - Mapa topográfico da bacia do rio Mogi Guaçu.



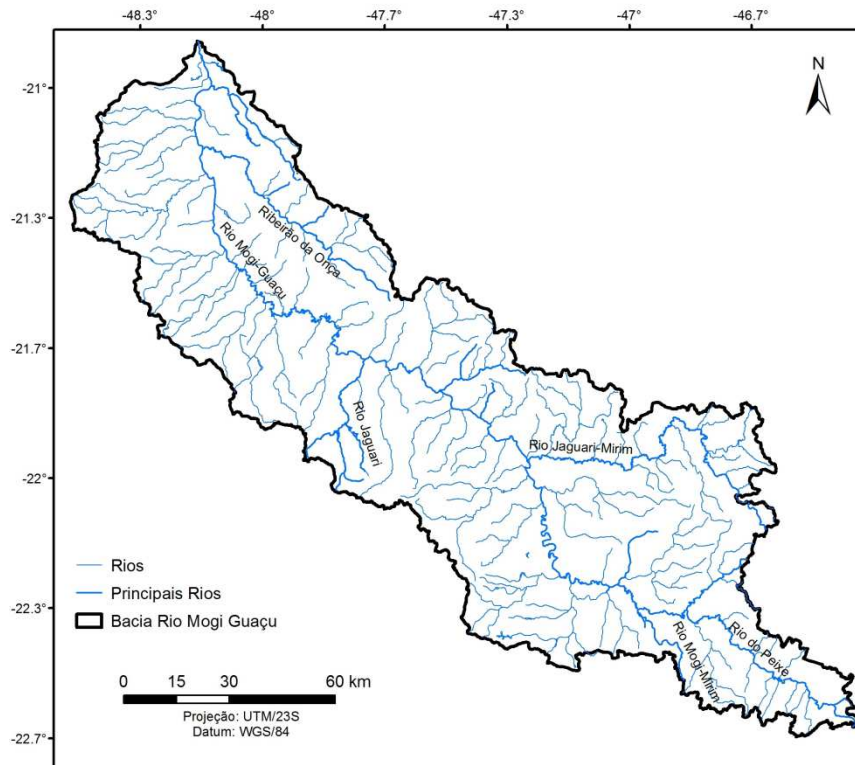
Fonte: SRTM Embrapa (MIRANDA, 2005).

3.2.3 Rede de Drenagem

A rede de drenagem da área foi obtida no Plano da Bacia, que é o relatório de planejamento definido pela legislação, que orienta a gestão de uma bacia hidrográfica, no uso, recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos (CBH-MOGI, 2008), elaborado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, conforme Figura 7.

O compartimento com maior densidade de área de drenagem é o Rio do Peixe, seguido do compartimento do rio Jaguari Mirim, ambos localizados nas partes altas em áreas de relevo ondulado a forte ondulado do Planalto Atlântico. A menor densidade de área de drenagem é justamente na área do compartimento Baixo Mogi, região de relevo suave ondulado na sua maioria, intensamente utilizado para a agricultura (CBH-MOGI, 2008).

Figura 7 - Rede de drenagem da bacia do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: Adaptado de: (CBH-MOGI, 2008)

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu é uma bacia de oitava ordem hierárquica, com uma rede de 20.193 canais.

O relevo determina a direção que os rios correm bem como a densidade da drenagem. Portanto, nas áreas de maiores altitudes a densidade dos rios é maior do que nas áreas de menores altitudes. A hidrografia é também em função do relevo.

3.2.4 Clima

Pelo Sistema Internacional de Köppen, que se baseia em valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, foram identificadas quatro divisões climáticas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu: Cwa, Cwb, Aw e Cfa (conforme a Figura 8) (CBH-MOGI, 1999).

Cwa: clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente ultrapassa 22° C. O total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm/ano. De acordo com a classificação climática de Köppen, praticamente maior

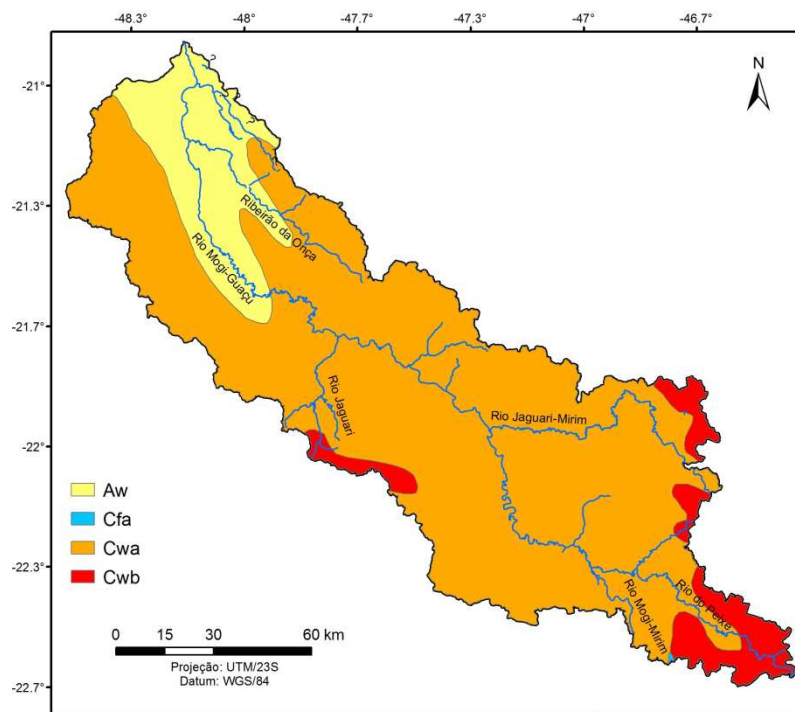
parte da área da bacia do Rio Mogi Guaçu está inserida na classificação climática do tipo Cwa – clima temperado úmido com inverno seco e verão quente.

Cwb: clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado, em que a temperatura do mês mais quente não atinge 22° C. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1300.e 1700 mm/ano.

Aw: clima tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O índice pluviométrico varia entre 1100 e 1300 mm/ano. Esse tipo climático encontra-se no noroeste da bacia hidrográfica do Mogi Guaçu.

Cfa: clima mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22° C. O mês mais seco é julho, com totais pluviométricos acima de 30 mm. O mês mais chuvoso é janeiro. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm/ano. Na bacia hidrográfica do Mogi Guaçu esse tipo climático está localizado em uma pequena região no compartimento do Peixe, em área do município de Amparo.

Figura 8 - Mapa da classificação climática da bacia do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: Relatório Zero - CBH - Mogi, 1999.

Por meio da verificação da distribuição das chuvas, aliada à sua gênese e também às grandes unidades geomorfológicas do relevo, alguns pesquisadores realizaram estudos de classificação climática em diferentes áreas.

Dentre os pesquisadores cita-se o importante e pioneiro trabalho do pesquisador Carlos A. Monteiro (1973) em sua obra "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo". Inicia este trabalho com uma fundamentação meteorológica através de um esquema geral da circulação atmosférica da América do Sul, relacionando-a com os fatores geográficos, considerando a influência da orientação e da morfologia do relevo nas rotas de passagem das correntes atmosféricas. Analisa o período 1941-1957 e, a partir da explicação da sucessão dos tipos de tempo fundamentais da circulação regional e das chuvas a elas associadas, propõe a busca de anos padrão como técnica de análise e compreensão da dinâmica climática (SANT'ANNA NETO, 1995).

Pela classificação climática proposta por Monteiro (1973) para o Estado de São Paulo, baseado na análise geográfica das chuvas, associada à dinâmica atmosférica, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida nas regiões classificadas por Setor Centro-Norte (V) e Contrafortes da Mantiqueira (IV b). Por essa classificação a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu localiza-se numa região de climas controlados por massas equatoriais e tropicais, caracterizando-se por climas de caráter tropical, alternadamente seco e úmido.

De acordo com o autor, nos contrafortes ocidentais (IV b), na faixa fronteira a Minas Gerais, tem índices pluviométricos elevados (1400 a 1700 mm anuais), mas revela no inverno uma sensível redução (200 a 400 mm). A quantidade e a frequência de chuvas é, contudo, bem superior àquela que se observa nas áreas que se desenvolvem a oeste, ressaltando assim a importância e o destaque desta área.

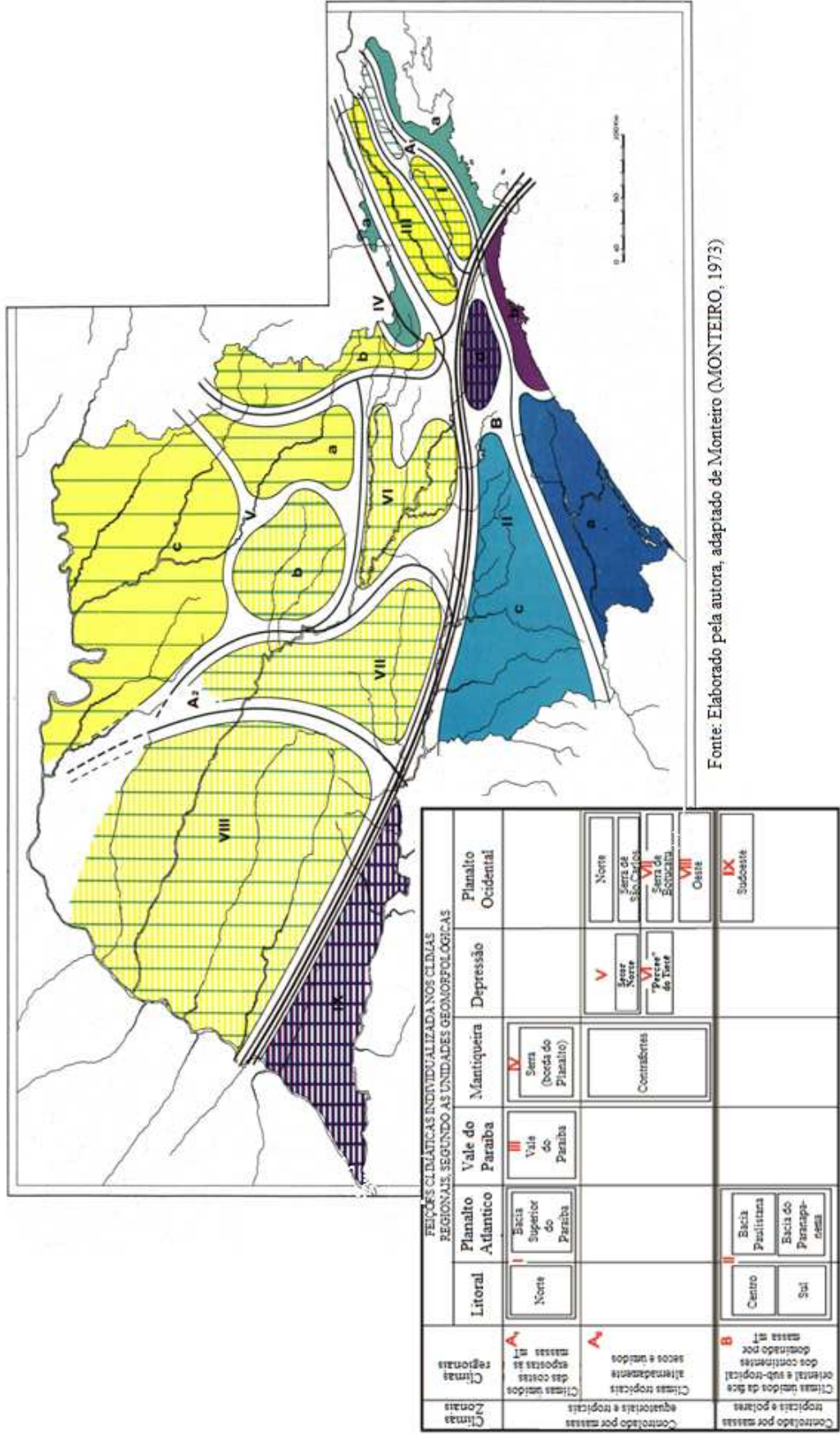
Quanto ao Setor Centro-Norte (V) a região caracteriza-se principalmente pela existência de um período seco muito nítido onde a frequência da chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor Norte que se constitui na área de inverno mais nitidamente seco do Estado.

Trata-se de área de acentuada participação da Tropical Atlântica que em certos invernos é mais ativa que no litoral norte, submetida à passagem da massa polar (MONTEIRO, 1973).

O mapa da classificação climática do Estado de São Paulo, proposto por Monteiro (1973), está representado na Figura 9.

Figura 9 - Classificação climática do Estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).

ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NO TERRITÓRIO PAULISTA DENTRO DAS CÉLULAS CLIMÁTICAS REGIONAIS E DAS ARTICULAÇÕES DESTAS NAS FAIXAS ZONAIS



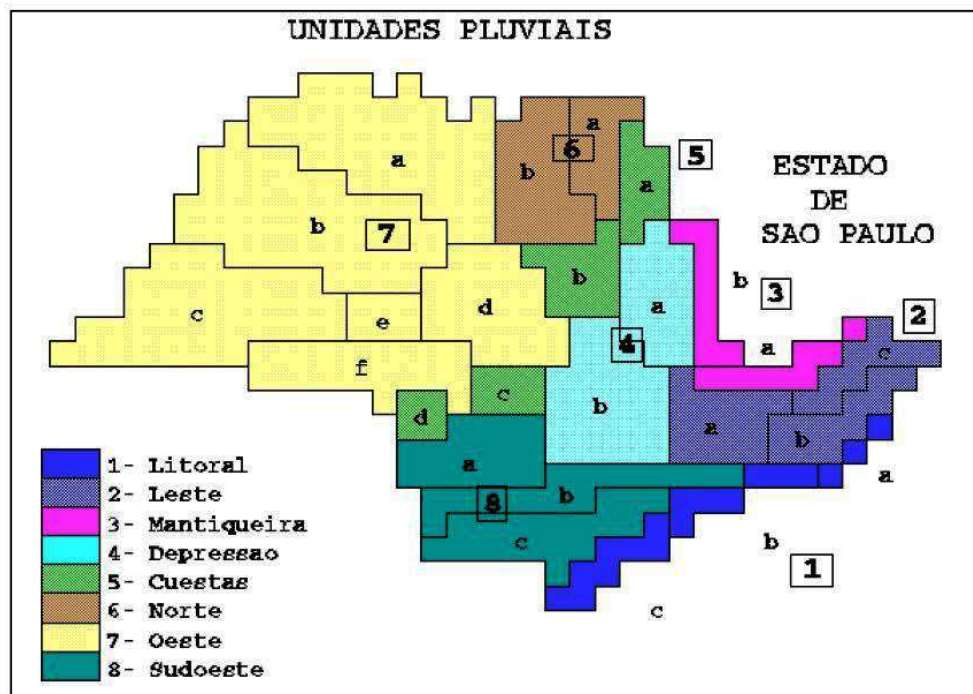
Sant'Anna Neto (1995) propôs uma classificação de unidades pluviais para o Estado de São Paulo, elaborou-se uma carta síntese a partir da análise do período de 1971 a 1993, que comparada com os resultados alcançados por Monteiro (1973) sofreu pequenas alterações, em função da disponibilidade de dados e um ajustamento que obedecesse à proposta de classificação das células regionais dos climas estabelecida por Monteiro.

A carta síntese demonstrou a existência de oito grandes unidades pluviais homogêneas para o Estado de São Paulo, reconhecendo-as por suas características de variabilidade temporal, distribuição espacial, sazonalidade, tendência e ciclicidade.

Dentro das oito grandes unidades pluviais estão inseridas 25 subunidades que apresentam algum tipo de particularidade. Foram selecionados para a pesquisa 25 postos que atendiam aos critérios de duração da série temporal, consistência dos dados e representatividade territorial das características regionais (SANT'ANNA NETO, 1995).

O mapa a seguir, representado na Figura 10, mostra a localização das oito unidades e 25 subunidades pluviais.

Figura 10 - Unidades pluviais do Estado de São Paulo.



Fonte: Adaptado de: Sant'Anna Neto, 1995.

De acordo com a classificação pluvial do Estado de São Paulo sugerida por Sant'Anna (1995), a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu localizada na região nordeste do Estado de São Paulo encontra-se nas unidades regionais: 3 – Mantiqueira, 4 – Depressão, 5 – Cuestas, 6 – Norte.

A unidade 3 – Mantiqueira está localizada no Planalto Atlântico. Essa unidade divide-se em duas subunidades, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida na subunidade 3b – Contrafortes da Mantiqueira: A precipitação média anual varia de 1500 mm a 1800 mm. Quanto à variação sazonal, o trimestre mais chuvoso e o mais seco são, respectivamente, de dezembro a fevereiro e de junho a agosto.

A unidade 4 – Depressão Periférica está compreendida entre os contrafortes da Serra da Mantiqueira e da linha frontal das cuestas basálticas, com altitudes entre 400 e 800 metros representando 10,2% do Estado. Essa unidade divide-se em duas subunidades, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida na subunidade 4a – Depressão Setentrional: A precipitação média anual varia de 1300 mm a 1500 mm. A variação sazonal é idêntica à unidade anterior, pois, é influenciada pelos mesmos sistemas atmosféricos.

A unidade 5 – Cuestas Basálticas está compreendida entre a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental, com altitudes entre 600 e 1000 metros, disposta numa linha que se estende de nordeste a sudoeste do Estado, representando 7,4% do território paulista. Essa unidade divide-se em quatro subunidades, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida na subunidade 5b – São Carlos/São Pedro: O total anual de precipitação varia de 1500 mm a 1800 mm. Quanto à variação sazonal, o trimestre mais chuvoso ocorre entre dezembro e fevereiro e o mais seco entre junho e agosto.

A unidade 6 – Norte está localizada entre os vales dos rios Grande e Pardo, com altitudes que variam de 400 e 800 metros representam 7,4% do território paulista. Essa unidade divide-se em duas subunidades, a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu está inserida na subunidade 6b – Vale do Pardo/Mogi: Área mais baixa, comprimida entre os dois vales, na região de Ribeirão Preto. O total anual de precipitação varia de 1500 mm a 1700 mm. Quanto à variação sazonal, o trimestre mais chuvoso ocorre entre dezembro e fevereiro e o mais seco entre junho e agosto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, com base na análise da pluviosidade, elemento climático que melhor representa a diversidade climática na região, será abordado, a origem e a organização do banco de dados, o preenchimento das falhas mensais existentes, a análise de consistência das séries, a análise de agrupamentos e os métodos estatísticos clássicos utilizados na pesquisa.

4.1 Materiais

Ao iniciar o levantamento de dados de precipitação pluviométrica para a bacia do Rio Mogi Guaçu, visando a uma melhor caracterização pluviométrica desta bacia, recorreu-se ao banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo. Os dados de precipitação pluviométrica do Estado de São Paulo estão disponibilizados pelo DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica (SÃO PAULO, [20--?]). A Tabela 1 ilustra uma planilha, com dados de chuvas mensais, obtida nesse endereço eletrônico.

Tabela 1 – Parte do banco de dados pluviométricos

Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo

Pesquisar por:		Prefixo	Tipo de Dados:									
Prefixo DAEE		D4-101	Chuva mensal		OK							
Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Bacia	Prefixo ANA					
Aguai	D4-101	Faz. Santa Isabel	580 m	22°02'	47°07'	Itupeva	02247099					
CHUVA MENSAL (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	138,1	221,1	71,4	64,5	29,6	0,0	23,6	0,0	25,2	149,1	407,8	234,1
1976	236,1	379,9	192,1	38,0	72,9	59,4	107,2	94,8	134,4	110,6	203,4	257,9
1977	413,9	67,3	144,6	191,3	0,0	39,6	13,6	31,5	83,1	116,3	144,4	256,7
1978	232,0	110,7	151,2	60,7	56,6	51,2	65,6	0,0	32,0	113,1	282,8	173,4
1979	89,5	182,8	129,3	145,9	111,7	0,0	24,7	56,8	135,7	70,3	93,8	225,8
1980	289,9	251,5	112,9	144,6	24,6	83,4	0,0	25,1	122,6	79,8	172,4	247,7
1981	380,7	70,8	78,0	14,5	25,9	95,4	6,6	4,4	7,7	205,9	133,5	---
1982	232,2	---	266,1	12,5	27,5	46,5	19,1	50,5	8,3	221,9	126,0	---
1983	243,5	231,7	343,4	113,6	171,3	97,1	63,4	0,0	205,4	288,9	---	354,0
1984	112,8	50,1	49,2	61,4	79,9	0,0	0,0	143,6	74,6	0,0	105,6	297,0
1985	384,9	68,8	143,3	79,3	33,2	12,0	1,0	10,4	62,6	89,9	219,4	173,5
1986	134,3	304,2	184,7	60,3	70,3	0,0	28,6	107,2	18,0	67,7	87,0	524,7
1987	293,6	172,0	50,2	135,1	127,0	23,5	18,1	12,4	69,7	83,7	306,3	349,0

Fonte: Adaptado de SÃO PAULO (Estado), [20--?], <http://sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?lig=pdfp>

Cada posto de coleta possui uma localização diferente, georreferenciada, e um banco de dados pluviométricos, com informações sobre: chuva diária e chuva mensal. A partir da rede de postos pluviométricos mantidos pelo DAEE, a série temporal para a análise da

distribuição espacial e temporal das chuvas foi escolhida, privilegiando os postos inseridos na área da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, o período selecionado foi de 25 anos, representados pelos valores totais mensais de janeiro de 1975 a dezembro de 1999, num total de 40 postos pluviométricos. A Tabela 2 apresenta a relação dos postos utilizados neste trabalho, contendo os campos: ordem, município, prefixo do posto, altitude, latitude (S) e longitude (W).

Tabela 2 – Coordenadas geográficas das 40 localidades da Bacia do Rio Mogi Guaçu.

Ordem	Postos Pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu				
	Município	Prefixo	Altitude	Latitude	Longitude
1	Pitangueiras	C5-040	520 m	21°03'	48°16'
2	Sertãozinho	C5-114	520 m	21°06'	48°04'
3	Barrinha	C5-115	490 m	21°11'	48°07'
4	Ribeirão Preto	C4-057	590 m	21°18'	47°56'
5	Jaboticabal	C5-028	550 m	21°20'	48°19'
6	Cravinhos	C4-032	720 m	21°20'	47°47'
7	Guariba	C5-112	570 m	21°21'	48°12'
8	Pradópolis	C5-104	540 m	21°22'	48°04'
9	Luis Antonio	C4-056	580 m	21°27'	47°54'
10	Guataporá	C5-020	500 m	21°30'	48°02'
11	Motuca	C5-009	610 m	21°31'	48°09'
12	Luis Antonio	C4-096	670 m	21°35'	47°42'
13	Santa Lucia	C5-011	700 m	21°41'	48°05'
14	Sta Rita do Passa Quatro	C4-041	700 m	21°43'	47°30'
15	São Carlos	C4-019	620 m	21°47'	47°47'
16	Sta Cruz das Palmeiras	C4-029	610 m	21°50'	47°15'
17	Porto Ferreira	C4-094	580 m	21°51'	47°30'
18	Casa Branca	C4-026	700 m	21°54'	47°02'
19	Casa Branca	C4-097	610 m	21°56'	47°08'
20	Descalvado	C4-021	840 m	21°57'	47°42'
21	São João da Boa Vista	C3-031	740 m	21°57'	46°48'
22	Águas da Prata	C3-034	940 m	21°57'	46°42'
23	Pirassununga	C4-085	640 m	21°58'	47°28'
24	Pirassununga	C4-033	670 m	22°02'	47°25'
25	Aguai	D4-101	580 m	22°02'	47°07'
26	Aguai	D3-022	660 m	22°03'	46°58'
27	São João da Boa Vista	D3-066	810 m	22°05'	46°44'
28	Sta Cruz da Conceição	D4-032	620 m	22°07'	47°25'
29	Sto Antonio do Jardim	D3-071	900 m	22°09'	46°43'
30	Leme	D4-030	600 m	22°10'	47°17'
31	Estiva Gerbi	D3-067	670m	22°13'	46°57'
32	Araras	D4-029	660 m	22°15'	47°23'
33	Espirito Santo do Pinhal	D3-003	680 m	22°17'	46°46'
34	Conchal	D4-094	580 m	22°20'	47°11'
35	Mogi Mirim	D3-033	630 m	22°27'	46°57'
36	Itapira	D3-015	660 m	22°27'	46°49'
37	Águas de Lindóia	D3-024	1040 m	22°28'	46°38'
38	Lindóia	D3-014	680 m	22°31'	46°39'
39	Serra Negra	D3-012	940 m	22°36'	46°42'
40	Socorro	D3-030	740 m	22°36'	46°32'

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Análise dos Dados Pluviométricos

Para a escolha dos postos pluviométricos relacionados na Tabela 2, foi verificado os postos com maior série temporal e menor período de interrupção, eliminou-se os postos com lacunas em dados anuais, um ano de interrupção, e os que foram fechados antes de 1999, ou mesmo aqueles que possuíam as séries temporais inferiores a 25 anos de dados. Desta seleção resultou um total de 40 postos com séries de 25 anos, alguns postos pluviométricos os dados de chuva no nível diário e mensal estavam completos e outros com algumas falhas.

Para a verificação das falhas nos dados de chuva de todos os postos pluviométricos no nível diário e mensal, foi utilizada a técnica de construção de planilhas contendo as séries históricas, usada por Zavatini (1990) apud Zandonadi (2009) em pesquisa sobre as chuvas na bacia do Paraná, visando o preenchimento das falhas no banco de dados pluviométricos. Esta planilha, parcialmente representada no Quadro 2 auxiliou na identificação da série pluviométrica das localidades da bacia do Rio Mogi Guaçu.

Quadro 1 - Exemplo de planilha cromática em que as cores qualificam os números de falhas diárias ocorridas nos meses de cada ano do período.

Prefixo	Posto	mês/ano	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99		
D3-024	ÁGUAS DE LINDÓIA	jan																											
		fev																				3							
		mar																											
		abr																											
		mai																											
		jun																											
		jul								1																			
		ago																											
		set							1																				
		out								1																			
		nov																											
		dez																											
C5-040	PITANGUEIRAS	jan																											
		fev																											
		mar																											
		abr							4																				
		mai																											
		jun																											
		jul																											
		ago																											
		set								1																			
		out																											
		nov									1																		
		dez										1																	

■ meses sem falhas ■ meses com até 10 dias de falhas ■ meses com mais de 10 dias de falhas

Fonte: Elaborado pela autora.

Esse procedimento de construção das planilhas para o preenchimento de falhas de dados facilitou a visualização de todas as séries de dados disponíveis e para melhor interpretar essas informações contidas nas planilhas utilizou-se, ainda, um esquema cartográfico de cores que representam os meses e dias com falhas: as células verdes são os meses sem falhas, as células amarelas indicam os meses com até 10 dias de falhas e, as vermelhas, os meses com mais de 10 dias de falhas. Dentro dos meses com falhas foram identificados quantos são os dias falhados.

O procedimento adotado, conforme se observa no exemplo do Quadro 2, possibilitou a análise das séries temporais de precipitação disponível para cada posto pluviométrico. Foi possível observar que 6 postos pluviométricos não apresentavam falhas de dados, 20 tinham um número de falhas mensais que não ultrapassavam 10 dias e os demais postos pluviométricos apresentavam falhas mensais superiores a 10 dias. Os postos pluviométricos com falhas mensais superiores a 10 dias que apresentaram falhas nos dados que excediam 4 meses, isolados ou consecutivos dentro de um ano, foram descartados.

Após a seleção da série temporal correspondente ao período 1975 a 1999 e, de um total de 40 postos pluviométricos, inseridos na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, bem distribuídos espacialmente, visou-se a completar as falhas existentes nessas séries temporais climatológicas de precipitação.

4.3 Preenchimento de Falhas

Detectados os problemas existentes na série de dados, a etapa seguinte foi o preenchimento dos dados mensais faltantes. Para o complemento dessas falhas, procurou-se adotar um procedimento de análise dentro do posto pluviométrico com dados faltantes e seguir o mesmo critério para preenchimento de falhas para todos os outros postos.

Para realizar o preenchimento de falhas, optou-se pelo método estatístico da média aritmética, conforme Fernandez (2007), a fim de prever os dados faltantes.

O método, utilizado para o preenchimento de dados mensais de precipitações, segue o seguinte critério: identifica-se o mês do dado faltante e calcula-se a média aritmética da própria localidade dos dados de precipitação do mesmo mês dos demais anos da série. No lugar do dado faltante, coloca-se o calculado (Tabela 3). Essa decisão do uso da média das chuvas mensais foi tomada após ter sido aplicado os métodos da ponderação regional e da regressão linear em alguns postos cujos postos vizinhos não apresentavam falhas (TUCCI, 2009). Observou-se que os resultados obtidos por esses métodos eram poucos discrepantes em

relação aos obtidos pela média. Essa condição e a dificuldade de encontrar postos vizinhos sem falhas, que auxiliariam na aplicação dos métodos, foram os fatores que levaram à escolha da média aritmética, com o intuito de padronizar a aplicação de um método (SCHRÖDER, 1956).

Tabela 3 - Dados mensais de chuva do posto pluviométrico D3-024 (Águas de Lindóia), mostrando os anos com dados completos e os preenchimentos de dados faltantes.

Município	Prefixo	Nome do Posto	Altitude	Lat.(S)	Long.(W)	Bacia						
Águas de Lindóia	D3-024	Águas de Lindóia	1040 m	22°28'	46°38'	Peixe						
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	195,2	264,2	52,4	92,1	18,5	19	33	0	20,4	119,4	382,8	389,7
1976	231,8	442,8	135	89,8	147	78,9	120,1	122,9	177,7	78,6	242,7	191,6
1977	236,2	66	212	132	11	67,5	6,7	28,7	117,6	73,8	360,4	317,9
1978	180,8	129	80,3	39,9	98,4	59,1	114,5	7,3	75,7	124,2	312,7	273,4
1979	329,9	300,8	161	178	127	0	42,8	39,9	93,6	125,8	173,6	272
1980	321	235,1	111	294	42,4	128,2	41,1	31,4	54,7	133,7	260,9	387,8
1981	423,7	99,6	102	69,2	25,6	105,4	19,5	10,5	8,1	262,2	200,6	306,1
1982	218,3	225,1	385	42,3	57,3	137,7	50,3	29	31,5	272,3	131	392,4
1983	391,6	392,6	310	280	280	199	81,1	2,6	280,1	218,6	127,1	414,1
1984	230,9	35,2	32,5	234	70,8	0	8,1	160,3	117,6	16,2	209,8	339,1
1985	375	231,4	205	68,7	56,8	15,9	7,6	24,3	85,4	52,6	207,5	103
1986	251,5	260,4	263	112	98,3	0,6	30,7	113,8	40	58,7	161,5	509,4
1987	456,9	182,8	186	120	225	70,8	13,4	14	152,3	40,9	210,9	176,7
1988	282,6	240,8	293	146	142	27,6	0	0	10,2	210	145,3	130,4
1989	337,3	261	96	45	53,9	27,4	87,5	47,4	100,1	2,1	217,2	350
1990	250,4	187,7	91,6	92,2	46,7	9,6	79,4	73,3	70,1	124,5	138,3	121,5
1991	269,3	186,1	396	181	32,5	17,5	18,2	1,5	104,9	117,8	124	408,6
1992	179,4	72,7	214	66,7	123	0,1	90,9	24,3	136,7	269,3	224,8	72,4
1993	205,1	223,8	212	111	65,1	24,9	5,7	47,9	193,7	116,7	128,1	190,1
1994	208,4	156,9	311	37	76,1	49,3	63,5	0	0,4	63,2	169,2	299,3
1995	251,6	550,4	186	117	86,3	18,9	87,3	1,8	54	238,9	140,3	268
1996	169,2	194,3	350	107	34,3	55	5,5	68,9	209,8	151,9	238,8	454,9
1997	332,8	145,5	55,6	69,2	67,5	183	19,2	1,4	63,9	139,9	309	208,2
1998	287,2	248,3	168	134	120	13,4	0,4	13,9	48,4	204,2	114,3	306,9
1999	549,7	263,4	183	62,1	52,1	82,6	1,4	0,2	91,9	127,1	56,5	244,9
média	286,6	223,8	192	117	86,3	55,7	41,1	34,6	93,6	133,7	199,5	285,1

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 3 exemplifica o tratamento estatístico adotado no preenchimento de falhas. Assim, no posto pluviométrico D3-024 (Águas de Lindóia) a falha no mês de Fevereiro de 1993, foi preenchida pela precipitação média do mesmo posto e do mesmo mês, utilizando-se os valores mensais dos anos restantes.

4.4 Análise de Consistência de Séries Pluviométricas – Dupla Massa

Após o preenchimento das falhas existentes na série pluviométrica foi necessário analisar a sua consistência dentro de uma visão regional, isto é, comprovar o grau de homogeneidade dos dados de chuva disponíveis em um posto com relação às observações registradas em postos vizinhos. Para esta análise foi usado o método de Dupla Massa, desenvolvido pelo U.S. Geological Survey (USGS) é uma prática comum adotada no Brasil para avaliação da consistência dos dados de chuva, sendo válida apenas para séries mensais ou anuais (TUCCI, 2009).

O método consiste em plotar num gráfico cartesiano com os valores mensais (ou anuais) acumulados do posto a consistir (nas ordenadas) e os valores médios das precipitações mensais (ou anuais) acumuladas de todos os postos da região (nas abscissas). Se os dados do posto a consistir são proporcionais aos observados na base de comparação, os pontos devem-se alinhar segundo uma única reta. A declividade da reta determina o fator de proporcionalidade entre ambas as séries. Na construção dos gráficos utilizou-se o programa Excel (EXCEL, 2010).

É possível que os dados dos postos não se alinhem segundo uma única reta apresentando, uma mudança de declividade na reta num determinado ponto. Tal fato evidencia uma eventual anormalidade no regime de precipitação do posto pluviométrico a consistir, que podem ser decorrentes de mudança do local ou das condições de operação do aparelho, de modificação no método de observação ou de postos com diferentes regimes pluviométricos (TUCCI, 2009).

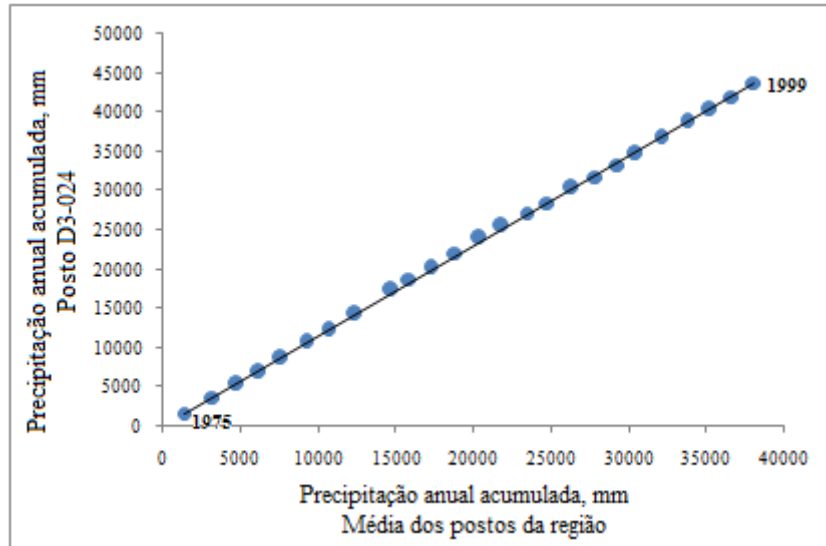
Segundo Oliveira et al. (2010) com o intuito de se verificar a homogeneidade das séries anuais de precipitação pluvial, faz-se a análise de consistência para cada posto isoladamente, empregando-se a metodologia da Dupla Massa descrita por Tucci (2009). A totalidade destas informações encontra-se no Anexo A.

A Figura 11 permite observar a consistência da série de precipitações totais anuais acumulados do posto pluviométrico D3-024 (Águas da Lindóia), para o período 1975 a 1999, utilizando-se como base de comparação à média dos valores de precipitações anuais acumulados de todos os postos da região. Como os pontos alinham-se em uma reta de declividade única, os dados do posto D3-024 são consistentes.

A análise de consistência da série de dados dos postos pluviométricos que compõem o referido Anexo A, permite constatar, que dos 40 postos selecionados, apenas 2 apresentam alguma evidência de anormalidade, os referidos postos são C4-029 e o C5-115,

localizados, respectivamente, nos municípios de Santa Cruz das Palmeiras e Barrinha. Os demais postos apresentam uma consistência satisfatória nas suas séries de dados pluviométricos.

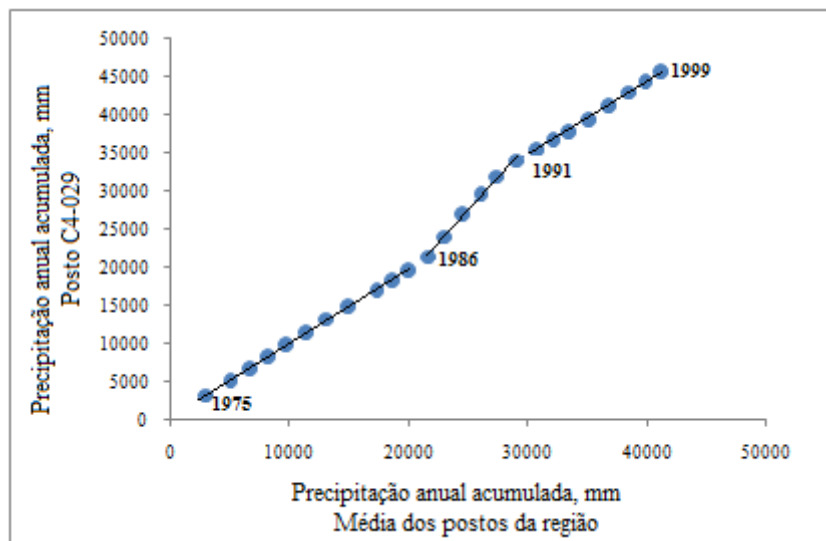
Figura 11 - Análise de Dupla Massa (Posto D3-024 - Águas de Lindóia).



Fonte: Elaborado pela autora

Os dados do posto C4-029 (Santa Cruz das Palmeiras) a consistir, utilizando como base de comparação os dados dos demais postos localizados na região da Bacia do Rio Mogi Guaçu, não se alinham segundo uma única reta. A Figura 12 permite observar uma modificação de tendência, entre os anos de 1986 e 1991.

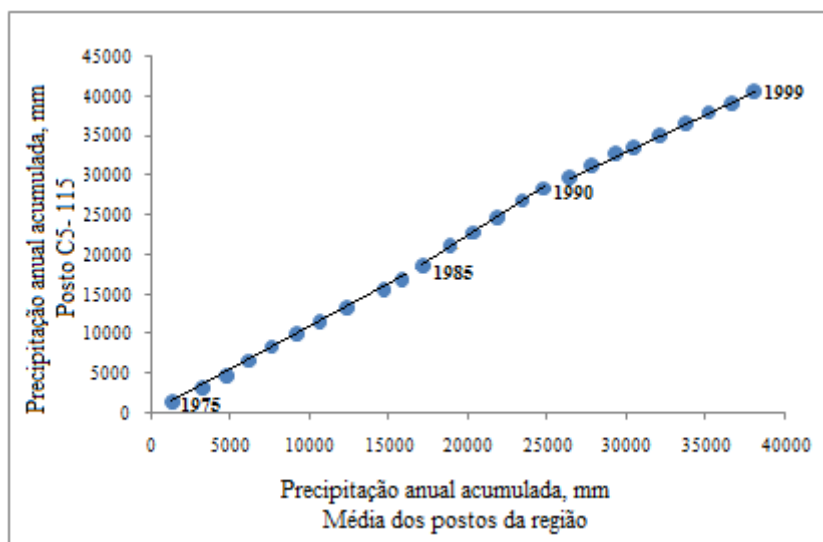
Figura 12 - Análise de Dupla Massa (Posto C4-029-Santa Cruz das Palmeiras).



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados de Dupla Massa aplicados aos dados do posto pluviométrico C5-115 (Barrinha) encontram-se na Figura 13. Observa-se, no gráfico apresentado abaixo, que existe uma evidência de mudança na declividade da reta, entre os anos 1985 e 1990.

Figura 13 -. Análise de Dupla Massa (Posto C5-115-Barrinha).



Fonte: Elaborado pela autora

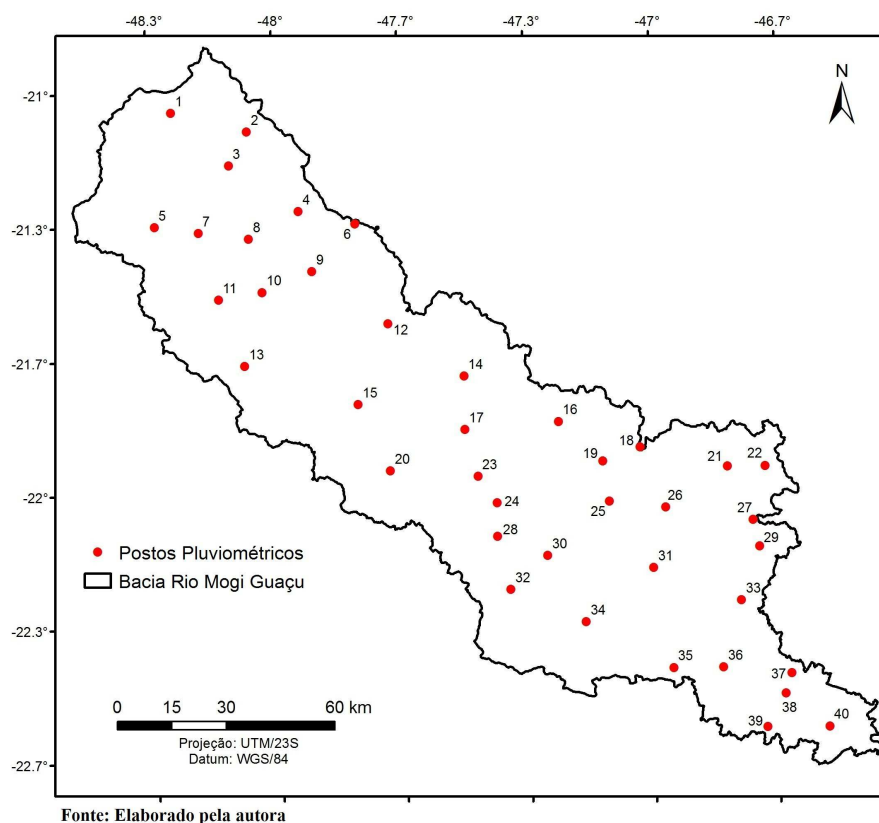
Mesmo com as anomalias detectadas por meio da análise da consistência desses dois postos, optou-se por não retirá-los da análise, e sim trabalhar com os dados sem corrigi-los, com a finalidade de identificar a existência de postos com séries atípicas (outliers). Nas análises futuras, que envolvem a aplicação do método multivariado da análise de agrupamentos, com o objetivo de reunir grupos homogêneos, espera-se que essas observações atípicas sejam indicadas. Dentre as possíveis causas do aparecimento de observações atípicas, pode-se citar a presença de (valores extremos) anos extremos nas séries temporais ou por diferentes regimes pluviométricos em relação aos demais postos (TUCCI, 2009).

Os dados do DAEE foram reorganizados de modo que as informações pluviométricas de todos os postos referentes ao período 1975 a 1999 ficassem completas, pois, por exemplo, para a análise espacial do estudo geostatístico correspondente a um determinado ano, necessita-se das informações espaciais referentes a todos os postos pluviométricos neste ano, e se caso o estudo for temporal em um posto específico, serão necessários os dados de todo o período referente a esse posto pluviométrico. Portanto, para iniciar o estudo da variabilidade pluviométrica na bacia do Rio Mogi Guaçu as análises das séries temporais dos postos pluviométricos que consistem no preenchimento de falhas mensais existentes e na verificação da consistência foram realizadas (OLIVEIRA et al., 2010).

4.5 Distribuição Espacial dos Postos Pluviométricos

Os postos pluviométricos da rede de monitoramento operados pelo DAEE, inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu estão representados espacialmente, pela sua Ordem. Refere-se à Ordem uma listagem contendo a classificação dos postos pluviométricos ordenados de Norte para Sul e de Oeste para Leste, correspondendo da menor para a maior latitude e da maior para a menor longitude. A rede de postos pluviométricos selecionados corresponde a um total de 40 postos que estão distribuídos de forma uniforme ao longo da bacia (Figura 14).

Figura 14 - Distribuição espacial dos 40 postos pluviométricos na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.



A Figura 15 representa a localização dos postos pluviométricos que se encontram dentro da área da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu distribuída ao longo dos cinco compartimentos administrativos da bacia hidrográfica. Esses mapas temáticos (Figuras 15 e 16) foram gerados utilizando-se o programa ArcGIS10 (ARCGIS10, 2010).

A distribuição dos postos pluviométricos e a correspondente topografia da bacia do Rio Mogi Guaçu/SP, segue representada na Figura 16.

Figura 15 - Distribuição espacial dos 40 postos pluviométricos nas sub-bacias do Rio Mogi Guaçu.

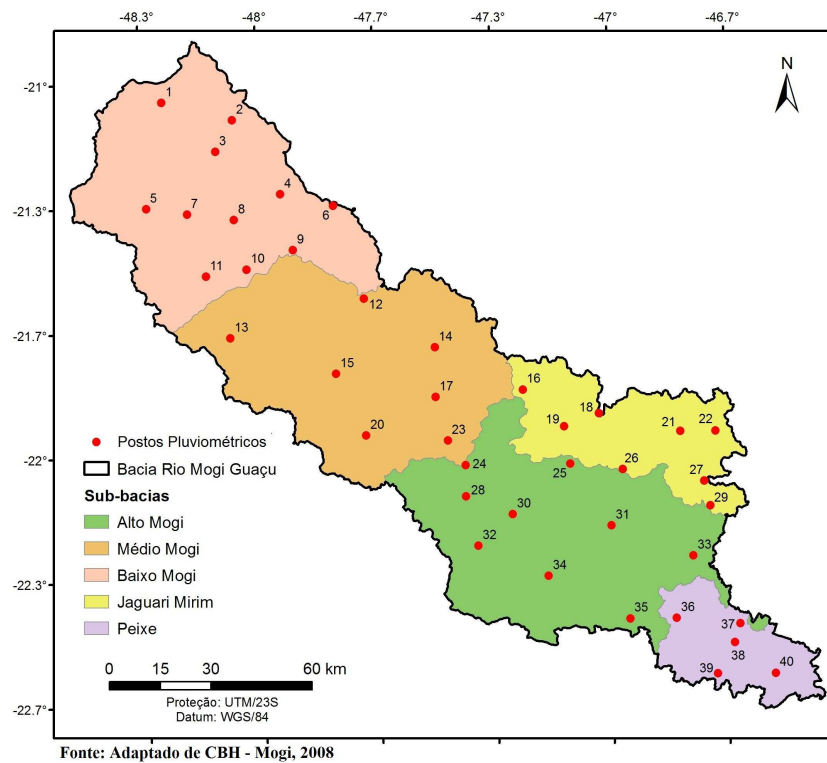
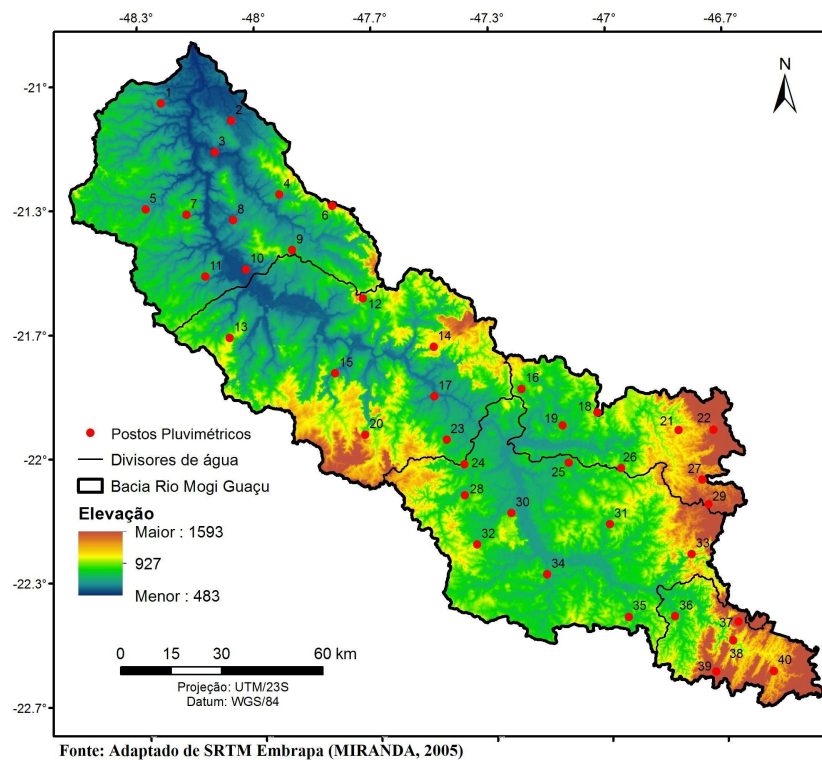


Figura 16 - Mapa topográfico da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu e localização dos 40 postos pluviométricos.



4.6 Métodos

As séries temporais (homogêneas) representadas pelos valores mensais, anuais e sazonais do período de 1975 a 1999 referentes aos quarenta postos pluviométricos situados dentro da área de estudo, foram organizados e tabulados fazendo uso do programa Excel, versão 14, da Microsoft Corporation, 2010.

Uma vez organizada a série temporal para esta pesquisa, foi possível aplicar cálculos estatísticos básicos, como a média (\bar{X}), o desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV), onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad S = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$$

x_i = dados pluviométricos, n = número de observações

Essas análises foram processadas para os respectivos valores totais anuais de precipitação. Os resultados destes cálculos estão reunidos na Tabela 4, apresentadas no Anexo B. A aplicação do desvio padrão e do coeficiente de variação nos estudos de precipitação permite uma melhor compreensão da variabilidade (ou dispersão) anual das chuvas sobre a bacia (GERARDI; SILVA, 1981). Este banco de dados foi utilizado para a confecção dos gráficos e tabelas, de extrema importância, visto que foram empregados em todas as etapas das análises auxiliando na interpretação dos resultados.

Considerando que os valores da chuva estão relacionados a diversos fatores do espaço geográfico, optou-se também, por avaliar a evolução das chuvas nesse período de vinte e cinco anos por meio das análises de regressão polinomial de primeiro grau, de terceiro grau e a de correlação, estas técnicas são importantes para a interpretação dos dados e fenômenos geográficos envolvendo, ao mesmo tempo, duas variáveis: chuva e tempo. As retas de tendência foram obtidas pelo método dos mínimos quadrados, ajustados aos dados pluviométricos pela equação, Spiegel (1977):

$$\hat{Y} = \bar{Y} + \left(\frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \right) \cdot x_i$$

x_i = variável independente tempo, y_i = variável dependente chuva

\bar{Y} = média aritmética do período

A interpolação dos dados para a confecção dos mapas de chuva, na forma de isolinhas (ou cartas de isoietas), foram traçados com o auxílio do programa SURFER, Versão 8.0 da "Golden Software, Inc.", 2002, tendo sido utilizado o método de interpolação o inverso do quadrado da distância, algoritmo matemático usado para ajustar uma superfície através dos dados estimados. Através desses mapas, foi possível ter uma melhor representação da distribuição das chuvas que ocorreram na área de estudo, no decorrer do período analisado (LANDIM, 2003; LANDIM, MONTEIRO, CORSI, 2002). Segundo Oliveira e Chaudhry (1995) os métodos geoestatísticos permitem uma maior precisão na determinação das isoietas, por possibilitarem prever informações no espaço em pontos não cobertos pelos postos pluviométricos. Os mapas temáticos (relevo e drenagem) foram gerados utilizando-se o software ArcGIS10 (ARCGIS10, 2010).

Neste trabalho foi utilizada a técnica estatística multivariada da análise de agrupamentos. Esta análise permite classificar os valores de uma matriz de dados sob estudo em grupos discretos. A técnica classificatória multivariada da análise de agrupamentos pode ser utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos ou entre variáveis definindo-os em grupos, considerando simultaneamente, no primeiro caso, todas as variáveis medidas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas mensurações (LANDIM, 2010).

O objetivo da análise de agrupamentos foi realizar um estudo da bacia do Rio Mogi Guaçu, delimitando as regiões que apresentassem similaridade no padrão pluviométrico (SANTOS; et al., 2008). Estes agrupamentos também serviram como subsídio para a seleção dos sete postos pluviométricos pertencentes aos grupos homogêneos que elegemos para as análises da variação mensal, sazonal e tendência da pluviosidade.

Partindo de uma matriz de dados X_{np} , onde "n" linhas representam os indivíduos, e as "p" colunas representam as variáveis. Neste trabalho, os indivíduos foram definidos como postos pluviométricos e as variáveis foram os dados da precipitação. Na análise de agrupamentos, todos os processos de hierarquização são similares, iniciando-se pela determinação de uma função de agrupamentos. Essa função é usada como critério para medir a distância entre dois objetos ou para estabelecer o quanto eles são parecidos. Essa função pode se dividir em duas categorias: medida de similaridade e dissimilaridade. Na medida de similaridade, quanto maior o valor observado, mais parecido são os objetos. Já na segunda, quanto maior o valor observado menos parecido são os objetos (MACHADO et al., 2010).

A idéia central dos agrupamentos de um conjunto de dados distribuídos em pontos é à distância. A mais utilizada é a distância euclidiana, que é definida por meio da fórmula:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_k (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

d_{ij} = a distância euclidiana entre os objetos i e j

Como as variáveis X são frequentemente medidas em unidades diferentes, a fórmula da distância na equação acima é aplicada mais comumente para dados padronizados. Com isso, atribui-se peso igual a cada variável padronizada de maneira que elas sejam igualmente importantes na determinação da proximidade dos objetos no espaço (LATTIN, 2011).

Para efetuar a regionalização (determinação das áreas homogêneas) foi utilizado o método de classificação hierárquico, a partir da precipitação pluvial anual.

No método hierárquico, várias técnicas ou critérios de agrupamentos são propostas, os métodos mais usados são: ligação completa; ligação simples; agrupamentos pareados proporcionalmente ponderados; agrupamentos pareados igualmente ponderados e variância mínima.

No método de agrupamentos pela variância mínima, conhecido por método de Ward (WARD, 1963), cujo objetivo é minimizar o quadrado da distância euclidiana às médias dos conglomerados. Este é um dos métodos mais utilizados em estudos para minimizar a variabilidade entre os dados, agrupando elementos que devem possuir uma homogeneidade e os elementos dos outros grupos diferentes devem possuir uma alta heterogeneidade (ROMESBURG, 2004; MARTIN; et al., 2008).

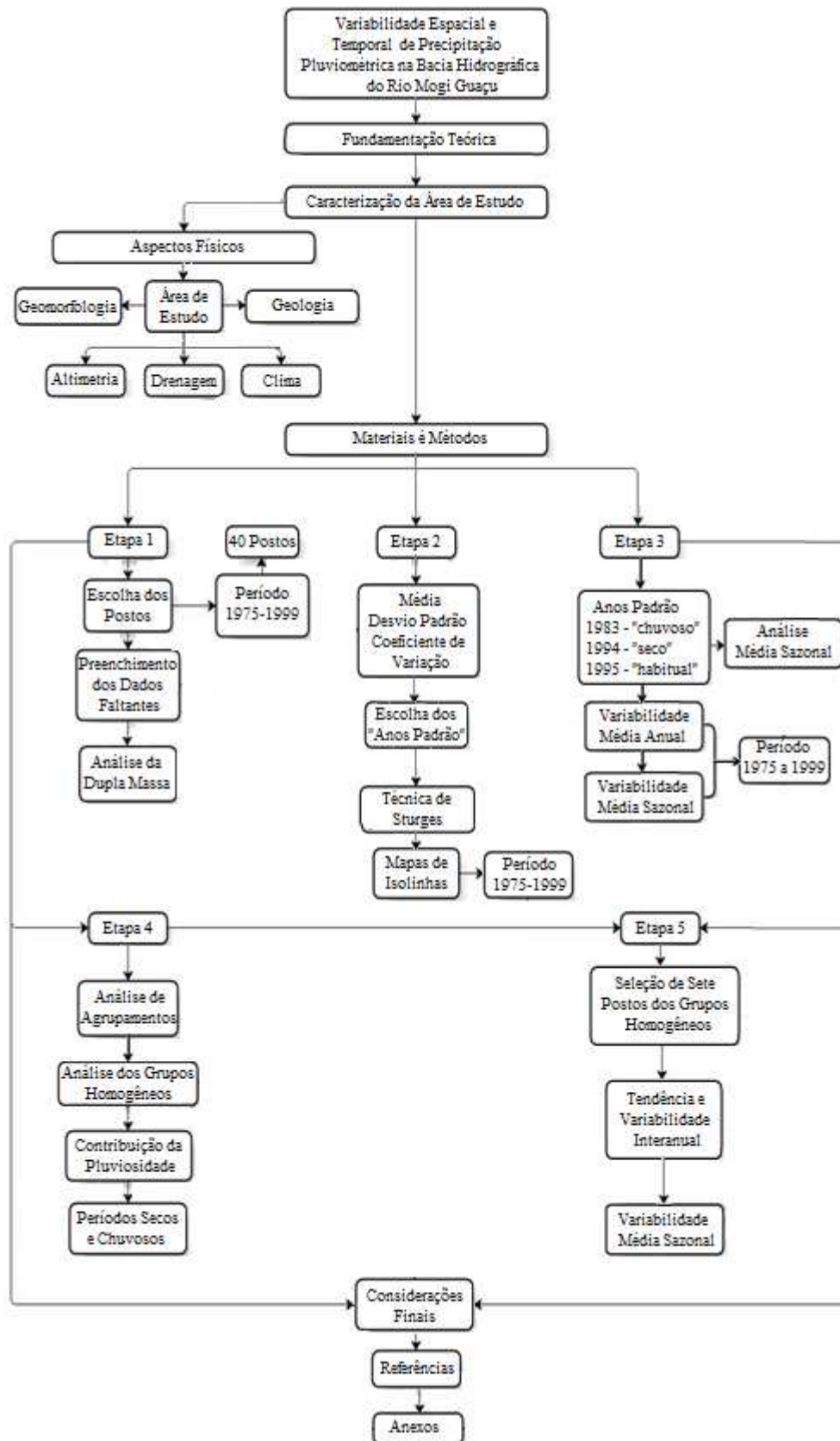
A forma gráfica usada para representar o resultado final dos diversos agrupamentos é o dendrograma (gráfico em árvore). Nele estão dispostas linhas ligadas segundo os níveis de similaridade que agrupam pares de indivíduos ou de variáveis. O dendrograma mostra graficamente como os agrupamentos são combinados em cada passo do procedimento até que todos estejam contidos em um único agrupamento (HAIR et al., 2005).

A partir dos totais anuais de precipitação pluviométrica do período de 1975 a 1999, foram construídas as tabelas do tipo "indivíduos (posto) x variáveis (totais pluviométricos)". Para avaliação da estrutura dos grupos utilizou-se o método de Ward, por meio de um processo hierárquico e aglomerativo (LANDIM, 2010).

Os processamentos das análises, como a representação dos resultados através do dendrograma foi gerada por meio do programa XLSTAT, versão 2011.4.02, Copyright Addinsoft, 2011.

A Figura 17 representa o fluxograma que sintetiza a metodologia proposta.

Figura 17 – Fluxograma da metodologia proposta.



5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Variabilidade Temporal

Para as análises dos dados dos totais anuais das chuvas da bacia do Rio Mogi Guaçu foram aplicadas as técnicas da estatística clássica, baseadas nos trabalhos de Gerardi e Silva (1981); Naghettini e Pinto (2007), Zavattini e Boin (2013), destacando-se as medidas de tendência central e de variabilidade (ou dispersão). A Tabela 4 exemplifica os valores do desvio padrão, do coeficiente de variação e da média das chuvas anuais. A Tabela 4 completa encontra-se no Anexo B.

Tabela 4 - Parte da planilha contendo os totais anuais de chuva, com os respectivos valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação.

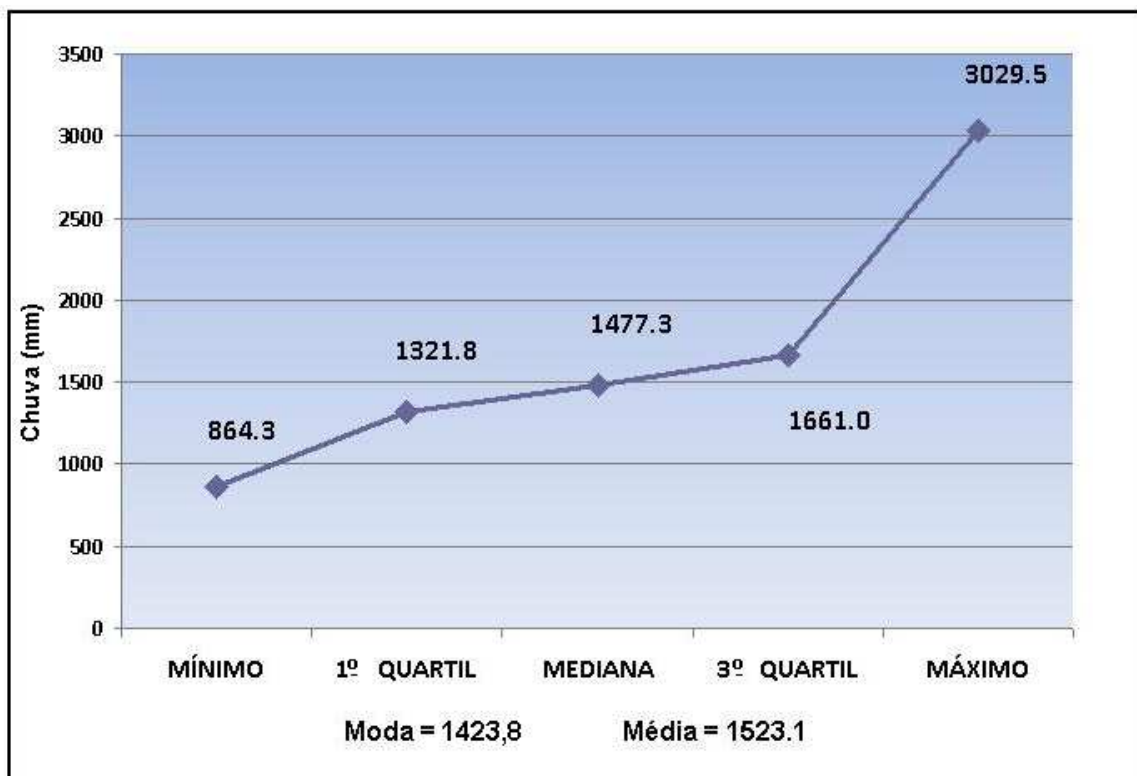
Prefixo	D3-015	D3-024	D3-014	D3-012	D3-030	TOTAL	MÉDIA	D.P.(mm)	C.V.(%)
Ano/Posto	36	37	38	39	40	TOTAL	MÉDIA	D.P.(mm)	C.V.(%)
1975	1178,2	1586,7	1280,2	1495,8	1481,7	53964	1349,1	138,4	10,3
1976	1974,4	2059,3	1938,5	1972,5	2085,3	75728	1893,2	182,3	9,6
1977	1427,9	1629,6	1536,9	1689,4	1604,7	61773	1544,3	139	9
1978	1170,2	1495,3	1291,3	1361,5	1327	55893	1397,3	179,9	12,9
1979	1488,5	1844,8	1637,3	1357,1	1396,2	58707	1467,7	193,3	13,2
1980	1423,8	2041,2	1758,5	1565,9	1757,8	63343	1583,6	185,2	11,7
1981	1342,6	1632,3	1485,8	1517,7	1621,9	56522	1413	150,1	10,6
1982	2009	1972,5	1883,6	1805,4	2246,4	68657	1716,4	200	11,7
1983	2069,4	2976,7	2520	2710,3	2606,9	94118	2352,9	222	9,4
1984	1317,9	1454,3	1286	1366,8	1342,1	45665	1141,6	131,1	11,5
1985	1191	1433,6	1346,7	1735,5	1447,8	53445	1336,1	155	11,6
1986	1631,6	1900	1965	1935,5	1753,6	66820	1670,5	211,6	12,7
1987	1535	1850,1	1588,8	1660,7	1603,3	59279	1482	244,6	16,5
1988	1345,4	1627,6	1655,7	1579,4	1558,3	58823	1470,6	306	20,8
1989	1326,3	1624,9	1403,1	1595,1	1695,4	63799	1595	248,8	15,6
1990	1004,3	1285,3	1252,7	1285,2	1171,3	54288	1357,2	197,1	14,5
1991	1753,5	1857,3	1575,8	1557,1	1767,6	63570	1589,3	208,4	13,1
1992	1290,3	1473,9	1546,8	1407,5	1578,2	58870	1471,7	205,2	13,9
1993	1421,2	1523,5	1577,8	1291,6	1568,5	58253	1456,3	158,4	10,9
1994	1194,6	1433,8	1265,7	1118,2	1225,7	47194	1179,8	124	10,5
1995	1580,5	1999,8	1893,3	1529,3	2005,6	63903	1597,6	171,9	10,8
1996	1766,3	2039,6	2080,4	1439,8	1929,5	67319	1683	218	13
1997	1231	1595,2	1569,3	1299,8	1429,4	58472	1461,8	174,4	11,9
1998	1425,2	1659,2	1465,8	1534	1667,5	56517	1412,9	158,8	11,2
1999	1671,3	1714,6	1645,1	1393,9	1334,7	58171	1454,3	192,8	13,3
TOTAL	36769	43711	40450	39205	41206	TOTAL			
MÉDIA	1470,8	1748,4	1618	1568,2	1648,3	MÉDIA			
D.P.(mm)	279,5	338,4	301,8	313,1	330,3	D.P.(mm)			
C.V.(%)	19	19,4	18,7	20	20	C.V.(%)			
M.BACIA	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	MÉDIA DA BACIA			

Fonte: Elaborado pela autora.

O desvio padrão e o coeficiente de variação são índices que mostram a variabilidade (ou dispersão) dos dados analisados. Esses índices serão representados por meio dos mapas de isolinhas que possibilitam uma melhor análise da variabilidade das precipitações pluviométricas na região (GERARDI; SILVA, 1981).

Foi efetuada uma abordagem climática tradicional das chuvas, calculando-se a média aritmética, moda, mediana e os quartis, para proporcionar uma visão quantitativa das variações das precipitações pluviométricas no período estudado, dos 40 postos pluviométricos espalhados pela região de estudo (Figura 18).

Figura 18 - Estatística descritiva para o conjunto de dados de chuva dos 40 postos da bacia no período 1975 a 1999.



Fonte: Elaborada pela autora

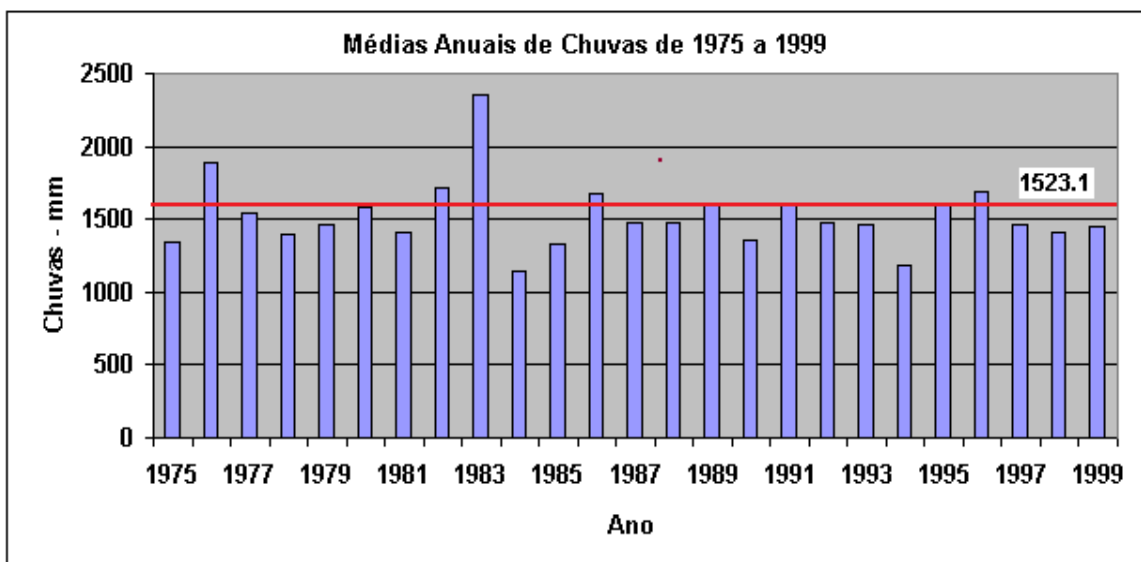
A amplitude interquartil, ou variação interquartil, dos valores anuais de precipitação dos 40 postos pluviométricos da bacia que engloba os 50% centrais dos dados, estão compreendidas entre 1321,8 a 1661,0 mm. Os valores de chuva situados entre 864,3 a 1321,8 mm e 1661,0 a 3029,5 mm representam os 25% mais baixos e mais altos, respectivamente. Observou-se que, quando os totais da pluviosidade anual fossem inferiores

ao 1º Quartil ou superiores ao 3º Quartil estariam caracterizados, respectivamente, os anos de pluviosidade excepcional, secos e chuvosos (ZAVATTINI, BOIN, 2013).

Os resultados mostraram que a média anual de chuvas para toda a bacia do Rio Mogi Guaçu é 1523,1 mm.

A Figura 19 apresenta a precipitação total anual média para o período de 1975 a 1999. Na análise do histograma verifica-se o ano com a maior pluviosidade média anual foi 1983, quando se registrou o volume de 2352,9 mm. Na sequência decrescente temos os anos de 1976 e 1982, ambos com a média anual de 1893,2 mm e 1716,4 mm, respectivamente. O ano com menor média anual de pluviosidade foi 1984, registrando o valor de 1141,6 mm, seguido dos anos 1994 e 1985, com os valores 1179,8 mm e 1336,1 mm, respectivamente.

Figura 19 - Médias anuais do volume de chuva no período 1975 a 1999 na bacia.



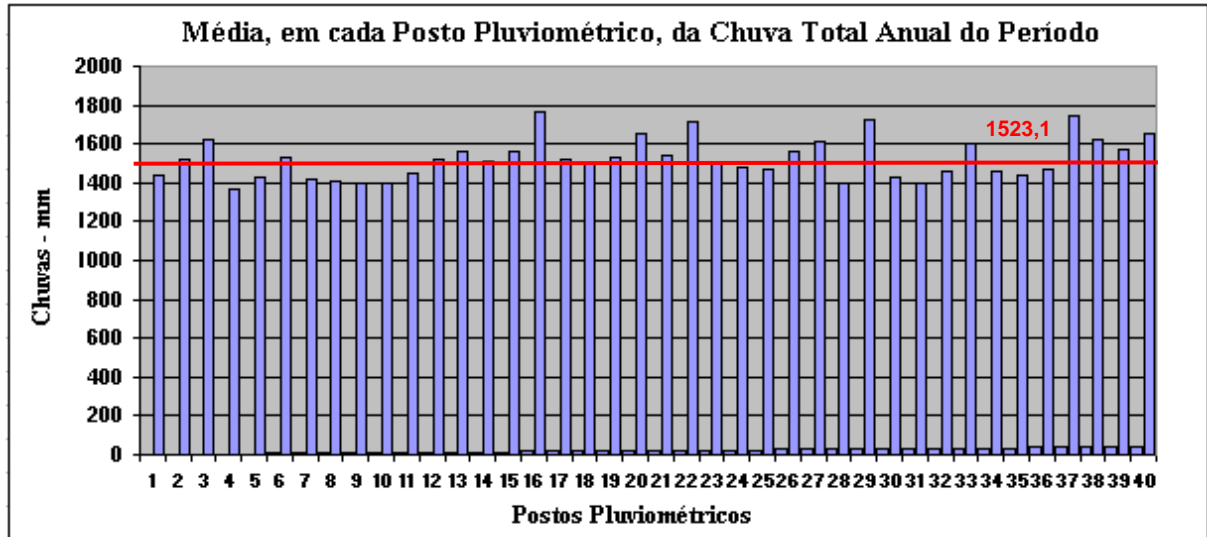
Fonte: Elaborada pela autora

Concomitantemente a este processo foi elaborado o histograma representativo das médias anuais das chuvas de cada posto da bacia, no período de 1975 a 1999, representado na Figura 20.

Os postos pluviométricos com os menores valores médios de chuvas anuais foram os referentes aos postos de ordem 4 (C4-057), 9 (C4-056) e 10 (C5-020) conforme se observa na Figura 20, foram registrados valores iguais a 1367,3 mm, 1393,7 mm e 1396,0 mm, respectivamente.

A maior média anual de chuvas ocorreu no posto de ordem 16 (C4-029), com 1768,8 mm, em seguida, numa ordem decrescente, estão os postos de ordem 37 (D3-024) e 29 (D3-071), onde ocorreram, respectivamente, 1748,4 mm e 1724,6 mm.

Figura 20 - Média anual do volume de chuvas para cada posto da bacia no período 1975 a 1999.



Fonte: Elaborada pela autora

Em relação aos totais anuais de chuvas, o menor valor encontrado no período analisado foi de 864,3 mm, no ano de 1994, no posto de ordem 3 (C5-115), situado a noroeste da bacia, na região da sub-bacia Baixo Mogi.

O maior valor do total anual de chuva registrado no período de 1975 a 1999 foi de 3029,5 mm, no posto de ordem 16 (C4-029), localizado na região leste da bacia, na sub-bacia Jaguari Mirim, no ano de 1988. Estes fatos foram observados na Tabela 4 (Anexo B). A Amplitude Total de Variação – diferença entre os valores extremos da série das chuvas na bacia, durante a série analisada, é de 2165,2 mm.

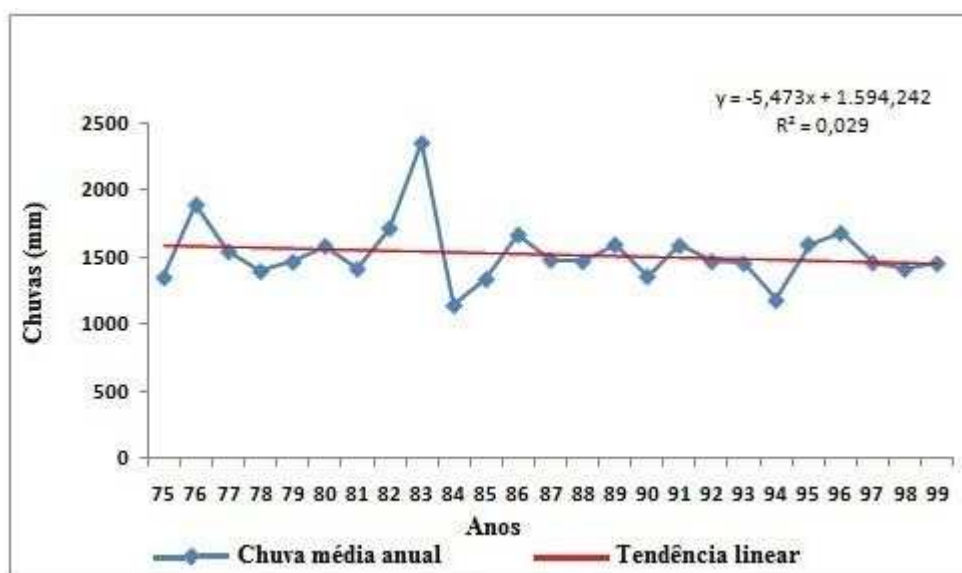
5.2 Análise de Tendência

O estudo da tendência da pluviosidade média anual foi realizado por meio da análise de regressão (GERARDI; SILVA, 1981), foram analisadas as equações de regressões, linear e cúbica, são técnicas importantes para a interpretação dos dados, envolvendo as variáveis, tempo e chuva (SPIEGEL, 1977).

Com o intuito de explicar a evolução da pluviosidade no período, também foi utilizado a técnica estatística da média móvel para ciclos de 4 anos. Através destes cálculos, podemos demonstrar tanto a tendência positiva, como a negativa da série temporal, bem como a existência de ciclos periódicos.

A equação da reta de regressão linear, tendo como variável dependente a média anual de precipitação pluviométrica, e como variável independente o tempo cronológico, de 25 anos de dados, no período 1975 a 1999, foi $y = -5,473x + 1594,2$. Conforme Figura 21.

Figura 21 - Reta de regressão linear para a variável pluviosidade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, no período de 25 anos.



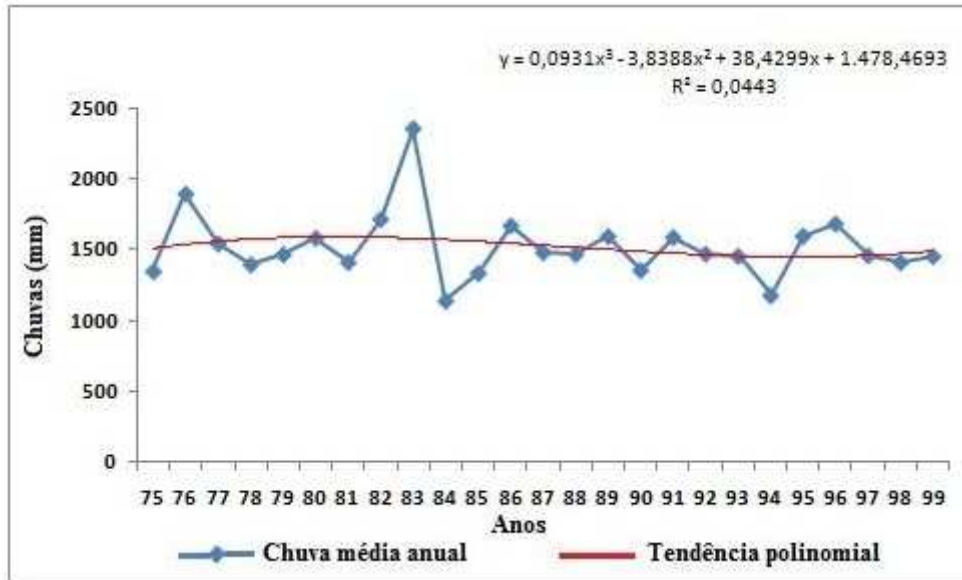
Fonte: Elaborada pela autora

Ao aplicar-se a técnica de regressão linear para o cálculo da reta de tendência, verificou-se que as precipitações médias dos totais anuais no período de 1975 a 1999 apresentaram decréscimo (diminuição) da pluviosidade. O coeficiente de determinação (R^2) tem o valor $R^2 = 2,9\%$ muito baixo, expressando que, apenas 2,9% da variação da chuva são explicadas pela variação do tempo. A dispersão dos dados indica uma possível propensão à diminuição da pluviosidade numa razão de, aproximadamente, 5,5 mm de chuva ao ano, ou seja, 55 mm a cada 10 anos.

A equação de regressão cúbica $y = 0,0931x^3 - 3,8388x^2 + 38,4299x + 1478,4693$ ajustada à série de dados de chuva, também apresentou um baixo coeficiente de determinação, ou seja, $R^2 = 4,43\%$. Em síntese, apenas 4,43% da variação da chuva é associada com a variação do tempo. A Figura 22 representa a curva da regressão polinomial com a linha de

tendência ajustada por um polinômio de grau 3, os dados foram ajustados por uma curva polinomial, baseada no método dos mínimos quadrados para um conjunto de pontos.

Figura 22 - Curva de regressão cúbica para a variável pluviosidade na Bacia do Rio Mogi Guaçu, no período de 25 anos.

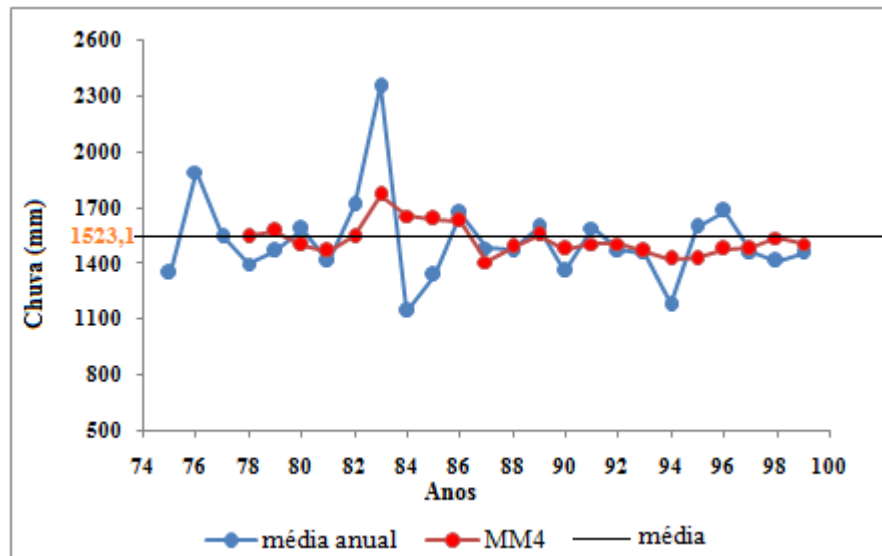


Dessas análises verifica-se que para as variáveis, pluviosidade média anual e tempo, 25 anos no período 1975 a 1999, os coeficientes de determinação R^2 para as regressões, linear e cúbica, indicam um coeficiente baixo, o que apresenta ser decorrente da grande variabilidade da pluviosidade que, durante todo o período analisado teve índices pluviométricos oscilando, principalmente, entre 1300 mm e 1700 m.

A média móvel fornece também informações sobre a tendência, ela suaviza as flutuações em uma série de dados, mostrando assim, mais claramente a tendência dessa série de dados. A Figura 23 mostra o resultado gráfico da média móvel, para ciclos de 4 anos, obtida por meio dos cálculos aplicados à série de chuva média anual do período de 1975 a 1999. Dentre as séries de média móvel geradas para 2, 3, 4 e 5 anos, optou-se pela de 4 anos, pois foi a que apresentou o menor valor do Erro Médio Quadrático (BUSSAB; MORETTIN, 2002; LARSON; FARBER, 2007) para o período de tempo analisado

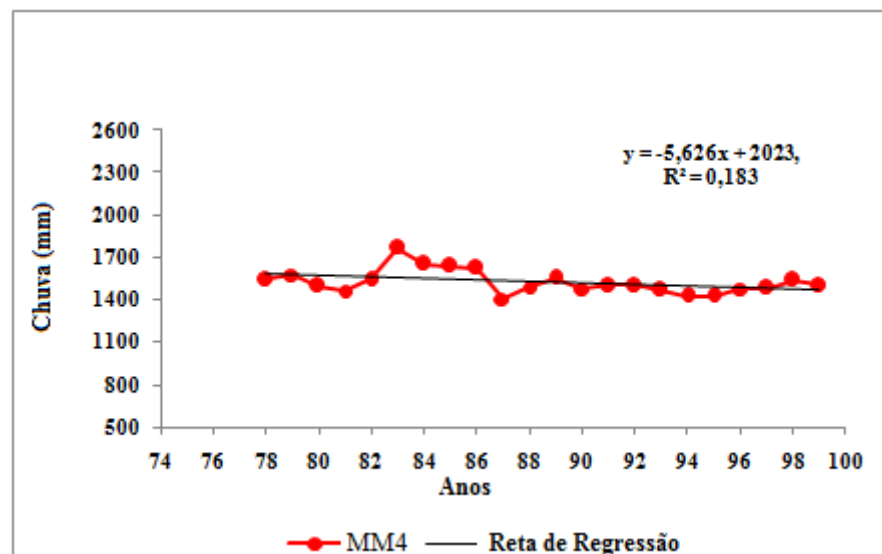
Quando aplicado à média móvel na série de dados da chuva anual, os valores extremos se aproximaram mais da média anual do período permitindo observar, por meio da nova curva, que a variabilidade da chuva ocorreu abaixo da média anual na maioria dos anos do período de 1988 a 1999.

Figura 23 - Média Móvel dos totais anuais de chuvas para 4 anos no período 1975 a 1999.



Os valores da média móvel foram ajustados por meio de uma reta de regressão linear para realizar uma análise de tendência (Figura 24). A equação da reta de regressão apresentou uma taxa de decrescimento anual de 6,1 mm, ou seja, 61 mm por cada 10 anos. O coeficiente de determinação é em torno de 19%, em razão da variabilidade dos dados. A média móvel dos totais anuais de chuva para um ciclo de 4 anos oscilou entre 1407 mm a 1700 mm de chuva.

Figura 24 - Reta de regressão da Média Móvel dos totais anuais de chuvas para 4 anos no período 1975 a 1999.



5.3 A Escolha dos "Anos Padrão"

Após a análise da variabilidade temporal dos valores médios da pluviosidade sobre a área de estudo, outras técnicas foram aplicadas para auxiliar no entendimento da variabilidade temporal e espacial das chuvas ao longo da bacia, bem como garantiram a escolha dos anos-padrão para futuras análises nas escalas anual, sazonal e mensal.

Para a seleção dos anos padrão que, no período de 1975 a 1999, pudessem representar os anos "habitual" e "excepcional" (alta e baixa ocorrências), baseados nos padrões da pluviosidade consideradas médias, elevadas ou reduzidas desenvolvidas na área, foram aplicadas técnicas para definir os "anos padrão": o Método de Sturges (método estatístico utilizado para a definição do número de classes em uma série) e, por meio, dos Mapas de isolinhas anuais do período 1975 a 1999 (permite uma visualização da distribuição temporal e espacial das chuvas na bacia) (GERARDI; SILVA, 1981; RAMOS; SANCHEZ, 2000; ZANDONADI, 2009).

A finalidade da aplicação de técnicas diferentes aplicadas aos dados gerados a partir dos totais anuais de chuvas dos 40 postos pluviométricos da bacia para o período de 1975 a 1999 foi a de certificar que a distribuição da pluviosidade no período analisado representasse, de maneira mais fiel, o comportamento local, auxiliando, na decisão da escolha do período do ano a ser analisado.

5.3.1 Método de Sturges

Para sintetizar o conjunto de informações da variação das chuvas anuais na bacia do Rio Mogi Guaçu aplicou-se a fórmula de Sturges (STURGES, 1926; ZANDONADI, 2009), para a determinação do número ideal de intervalos de classe por meio da fórmula:

$$k = 1 + 3,33 \log N$$

onde, k corresponde ao número de classes e N, corresponde ao número de elementos da série.

Aplicando se a fórmula à série analisada chegou-se ao número de 11 (onze) classes. A amplitude dos intervalos de classe foi obtida pela divisão da Amplitude Total de Variação (2165,2 mm) pelo número de classes (11), chegando-se a um intervalo de classe de amplitude igual a 197 mm. Para cada classe definida associou-se uma cor. A distribuição desses intervalos de classes (em mm) e as respectivas cores são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Intervalos de classes (mm) obtidos por meio da técnica de Sturges e a escala cromática associada.

Classes	Limite Mínimo	Limite Máximo	Cor Associada
1ª classe	863	1060	
2ª classe	1060	1257	
3ª classe	1257	1454	
4ª classe	1454	1651	
5ª classe	1651	1848	
6ª classe	1848	2045	
7ª classe	2045	2242	
8ª classe	2242	2439	
9ª classe	2439	2636	
10ª classe	2636	2833	
11ª classe	2833	3030	

Fonte: Elaborada pela autora

A planilha com as frequências absolutas das chuvas anuais para o período de 25 anos, de acordo com os intervalos de classes (em mm) definidos pela técnica de Sturges, e a respectiva escala cromática é apresentada no Quadro 2.

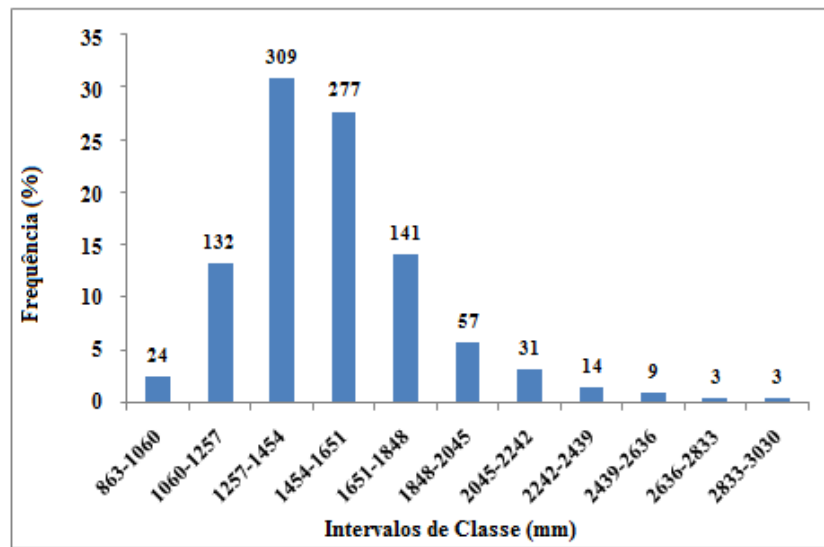
Quadro 2 - Frequências absolutas das chuvas anuais, de acordo com os intervalos de classes definidos pela regra de Sturges, associados à escala cromática.

cor	classes	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
	863-1060	0	0	0	1	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	2	1	0	0	7	0	0	0	1	0
	1060-1257	10	0	0	5	3	1	7	0	0	20	12	0	5	5	0	8	0	5	5	22	1	1	6	7	9
	1257-1454	23	0	10	21	18	9	20	2	0	7	21	5	14	17	12	25	9	18	13	11	7	7	13	15	12
	1454-1651	6	5	21	10	10	17	8	14	0	1	5	14	16	13	18	4	14	10	20	0	18	10	17	13	13
	1651-1848	1	8	9	3	9	9	5	11	0	0	2	16	3	2	6	0	13	5	1	0	11	14	4	4	5
	1848-2045	0	18	0	0	0	4	0	12	0	0	0	4	1	2	1	0	2	1	1	0	3	7	0	0	1
	2045-2242	0	9	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	2242-2439	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2439-2636	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2636-2833	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2833-3030	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 25 mostra a frequência absoluta e a frequência relativa de totais anuais de chuvas na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu no período de 1975 a 1999, de acordo com os seus respectivos intervalos de classes.

Figura 25 - Frequência relativa e frequência absoluta (números acima das colunas) de totais anuais de chuvas no período 1975 a 1999.



Fonte: Elaborada pela autora

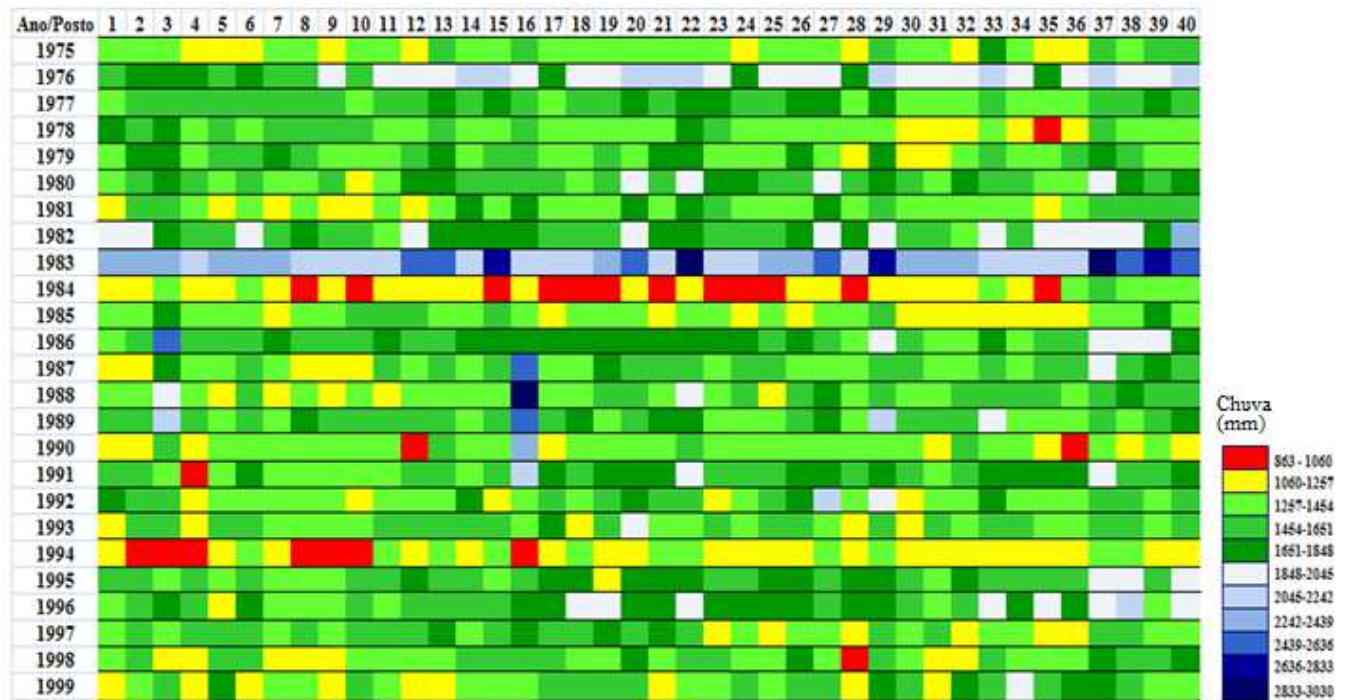
Observa-se que, de um total de 1000 dados de chuvas anuais ocorridas no período, 72,7% apresentaram volume compreendido entre 1257 a 1848 mm, com predominância entre 1257 a 1651 mm de chuvas, cujas características pluviais podem ser consideradas como padrão habitual, pois a média da série é de, 1523,1 mm e a moda é 1423,8 mm de chuvas. Os anos secos que representam 15,6% das frequências ocorridas concentram-se entre 863 a 1257 mm de chuvas. Os 11,7% finais concentram-se maiores volumes de chuvas, compreendidos entre 1848 a 3030 mm.

Quadro 3 - Características pluviais obtidas por meio da técnica de Sturges.

Características Pluviais	Classes	Frequência	
		Absoluta	Relativa (%)
Seco		24	2,4
		132	13,2
Habitual		309	30,9
		277	27,7
		141	14,1
Chuvoso		57	5,7
		31	3,1
		14	1,4
		9	0,9
		3	0,3
		3	0,3
		3	0,3
		1000	100

No Quadro 3 são apresentados os valores anuais de chuvas divididos em intervalos de classes associados à escala cromática, evidenciando as características pluviais, assim, os anos chuvosos (cores azuis), os anos habituais (cores verdes) e os anos secos (cores vermelha e amarela). A partir do Quadro 3, foi gerado o Quadro 4, cuja planilha cromática propiciou uma melhor visualização da variabilidade da chuva tanto no tempo como no espaço, para o período 1975-1999, de acordo com os intervalos de classes que permitiram, por meio da escala de cor associada, constatar, os anos excepcionais (secos e chuvosos) e o anos considerados habituais da área de estudo. Na construção desses Quadros utilizou-se o programa Excel (EXCEL, 2010).

Quadro 4 - Planilha cromática com a ocorrência das chuvas anuais para o período 1975-1999 dos 40 postos pluviométricos da Bacia do Rio Mogi Guaçu, de acordo com os intervalos de classes (chuvas em mm) obtidos pela técnica de Sturges.



Fonte: Elaborado pela autora por meio de planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

A técnica de Sturges definiu intervalos de classes que permitiram, por meio da escala de cor associada, constatar, quanto à análise dos anos, que 1976, 1982 e 1983 indicam anos com comportamentos não habituais, esses anos destacaram-se como padrão chuvoso. Os anos 1984 e 1994 destacaram-se, também, como excepcionais, esses anos representaram os mais secos. Os anos que apresentaram pluviosidade reduzida, bem como, os anos com pluviosidade mais elevada, de todo o período analisado, estiveram bem distribuídos ao longo de toda a área de estudo.

Para a análise e seleção dos anos considerados padrão habitual da pluviosidade na bacia, recorreu-se a planilha cromática definida pela fórmula de Sturges e, ainda, aos resultados das frequências absolutas, cujos volumes de chuvas ficaram entre a classe modal e a classe posterior. Assim, os anos de 1975, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999, foram escolhidos como representativos do padrão habitual.

5.3.2 Análise da Distribuição das Chuvas Anuais no Período 1975 a 1999

Buscando uma avaliação que represente a distribuição temporal e espacial das chuvas anuais ao longo da área estudada, com o objetivo de constatar a classificação dos anos-padrão definidos pelo Método de Sturges, foram construídos os Mapas de isolinhas das chuvas anuais. Atribuiu-se a esses mapas a mesma escala de cores, usadas na planilha cromática com a finalidade de classificar os anos padrão.

Na geração desses mapas, para cada ano do período 1975 a 1999, utilizou-se o inverso do quadrado da distância, um dos métodos de interpolação de dados do programa Surfer 8 (SURFER 8, 2002).

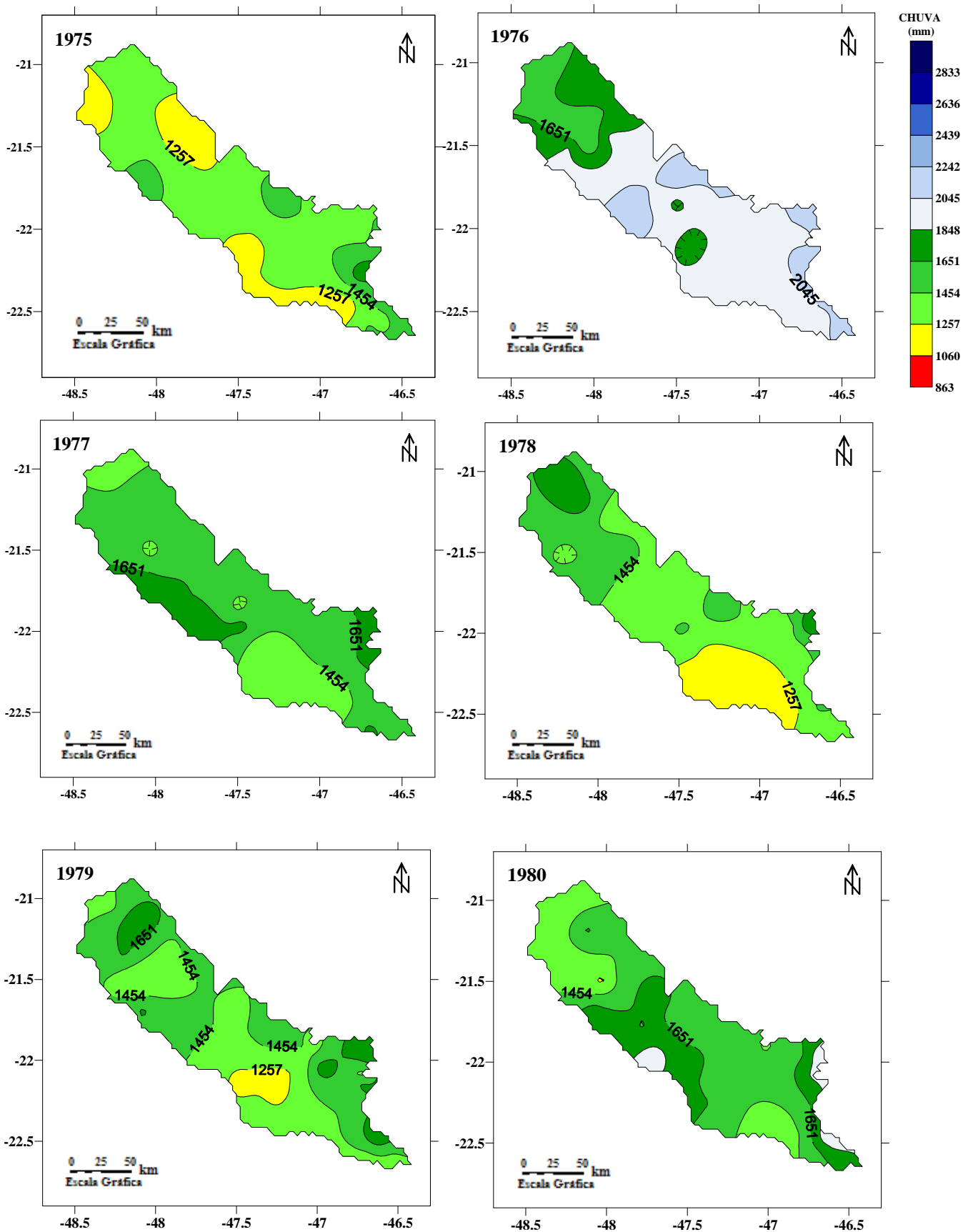
Aos os intervalos de classes, obtidos pelo Método de Sturges, associou-se cores para uma análise visual das chuvas que ocorreram, na bacia, em cada ano do período.

Este procedimento, além de auxiliar na visualização da distribuição espacial das chuvas ao longo da bacia, permitiu, ainda, comparar um ano ao outro, para a identificação prévia dos anos mais chuvosos, bem como os dos mais secos, para identificação dos anos considerados excepcionais, e ainda os anos de pluviosidade média, que identifica os anos de padrão habitual, contribuindo para a seleção dos anos-padrão.

Foram construídos 25 mapas de isolinhas, os quais representam a distribuição espacial das chuvas para cada ano na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu do período 1975 a 1999. Esses mapas são apresentados na Figura 26 abaixo.

Figura 26 - Mapas de isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).

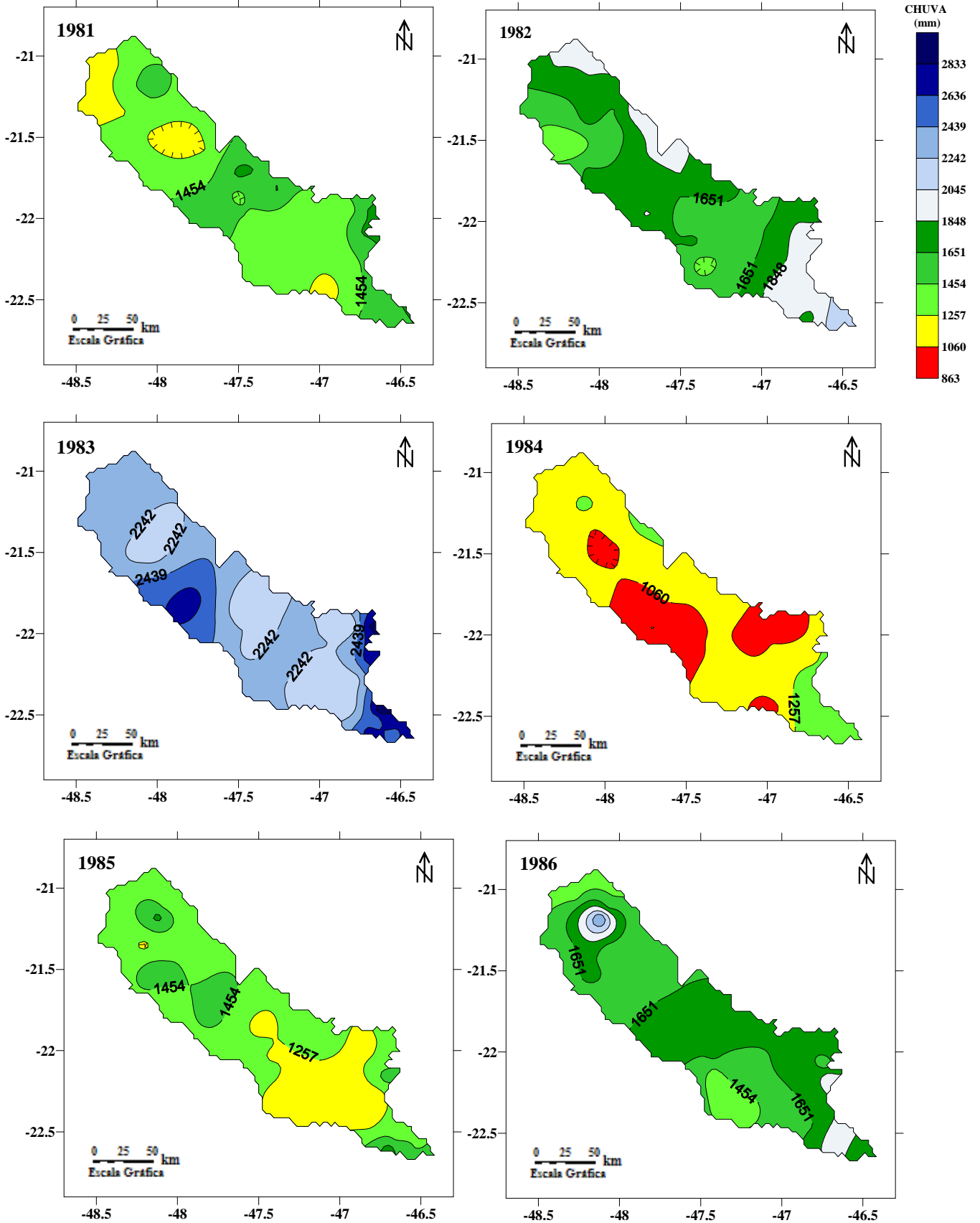
(continua)



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

Figura 26 - Isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).

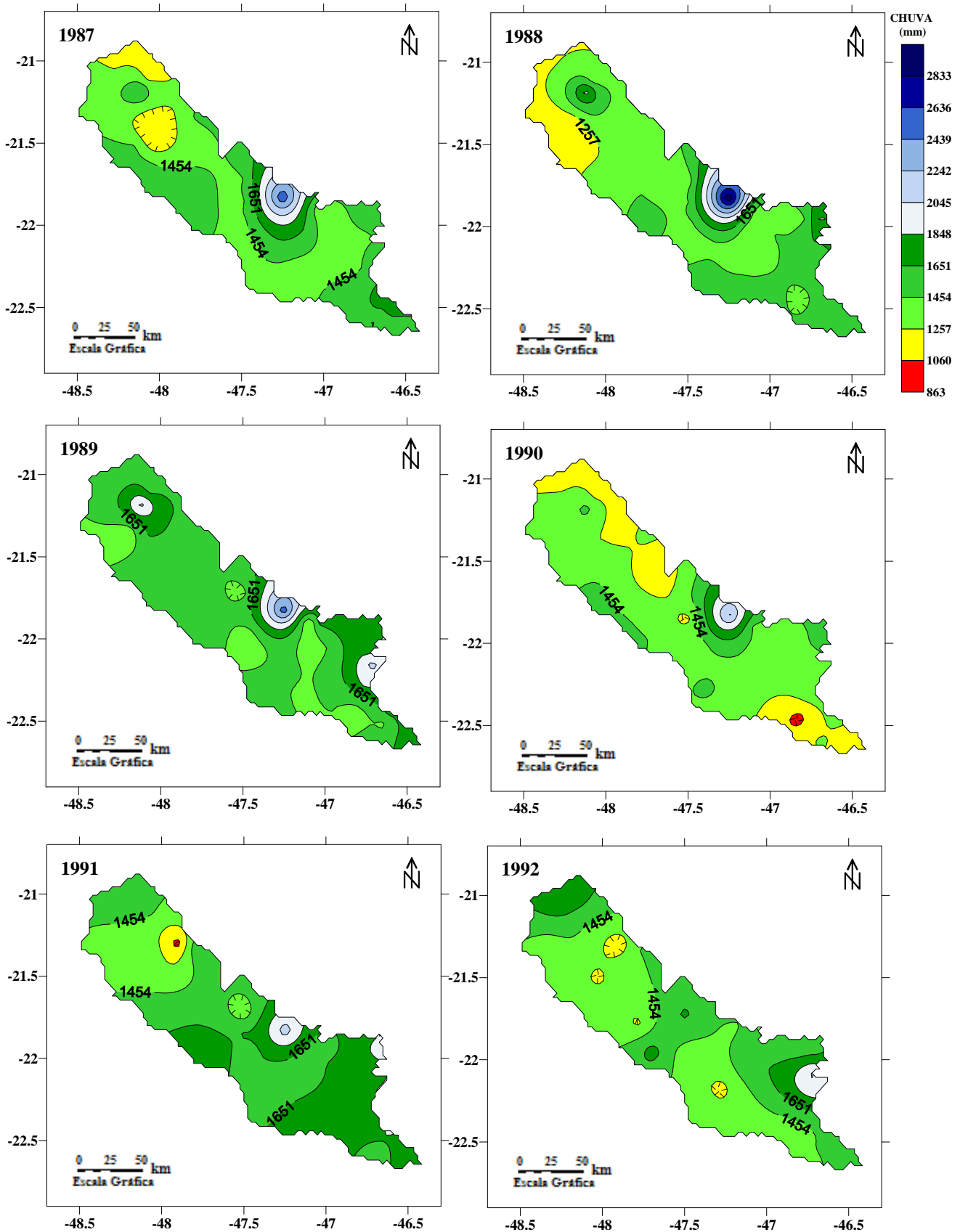
(continuação)



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

Figura 26 - Isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).

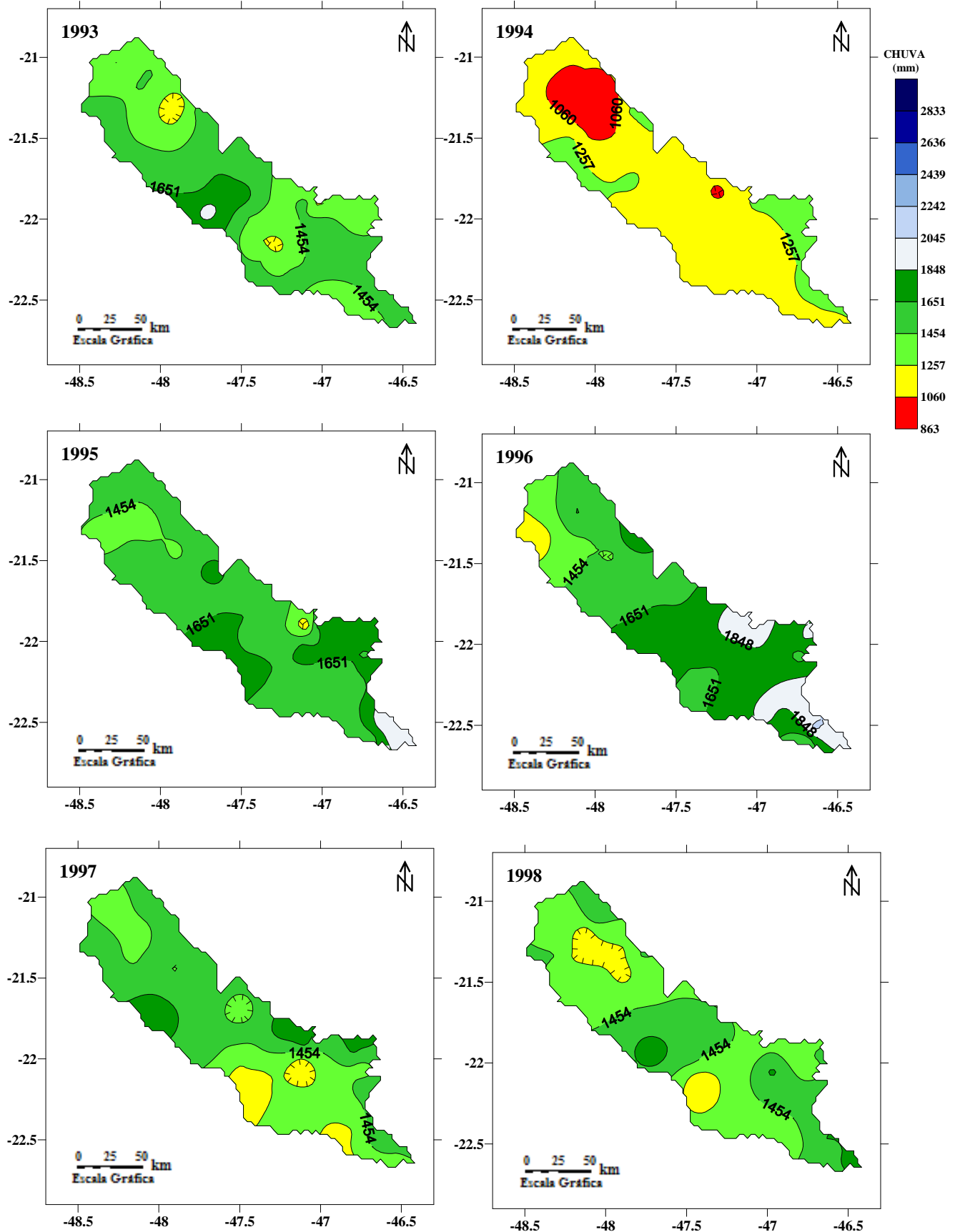
(continuação)



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

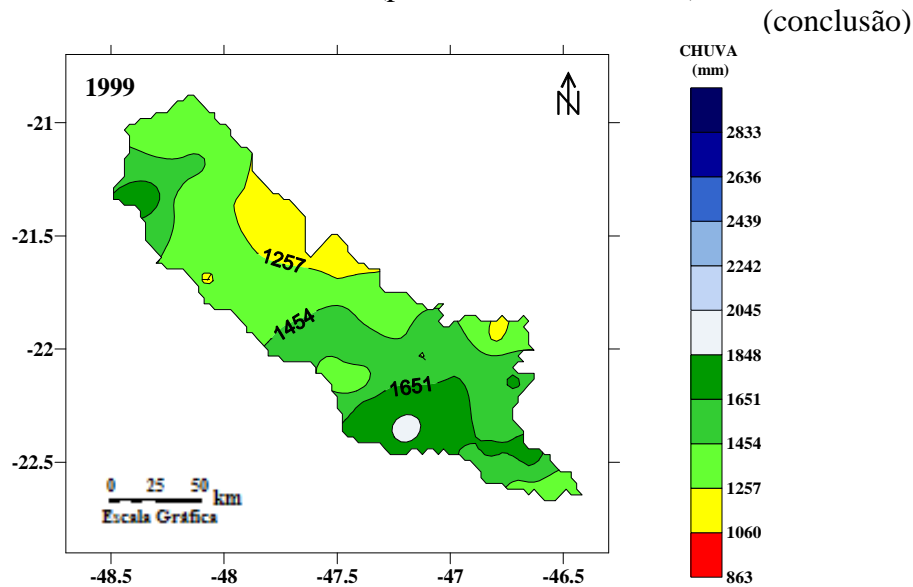
Figura 26 - Isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).

(continuação)



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

Figura 26 - Isolinhas das chuvas anuais (período de 1975 a 1999).



Analisando os mapas que representam a distribuição espacial das chuvas anuais, nota-se que o ano mais chuvoso de todo o período foi de 1983, com grandes períodos de chuvas bem distribuídos ao longo de toda a bacia. Neste ano os volumes anuais de chuvas chegaram a ultrapassar os 2500 mm na região sudeste da bacia. O ano de 1976 aparece como o segundo mais chuvoso, seguido do ano de 1982, cujos volumes de chuva oscilaram entre 1400 mm a 2200 mm. O ano de 1984 é um ano excepcionalmente seco, pois apresentou baixos volumes anuais de chuvas, distribuídos por toda a bacia. Em seguida, o ano 1994 também, apresentou características de ano seco, pois os volumes anuais de chuvas neste ano, não ultrapassaram 1300 mm.

Por meio da comparação das duas técnicas aplicadas aos dados anuais de chuvas, no período 1975 a 1999, foi possível selecionar os anos padrão. Do total dos anos analisados, 20 anos tiveram comportamento normal, caracterizado como anos de padrão habitual 1975, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999. Outros três anos, 1976, 1982 e 1983 são considerados de padrão chuvoso e os anos de 1984 e 1994 padrões seco.

De todos os anos do período analisado optou-se pelos anos de 1995, 1994 e 1983 como os representantes das categorias habitual, seco e chuvoso, respectivamente. O ano de 1983 se destacou como o mais chuvoso, o ano de 1994 como o segundo mais seco e 1995 por ter as características de um ano habitual e estar próximo de um ano de padrão seco. Após a seleção dos três anos padrão, foi então analisada a distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu no nível sazonal, evidenciando sua distribuição habitual e

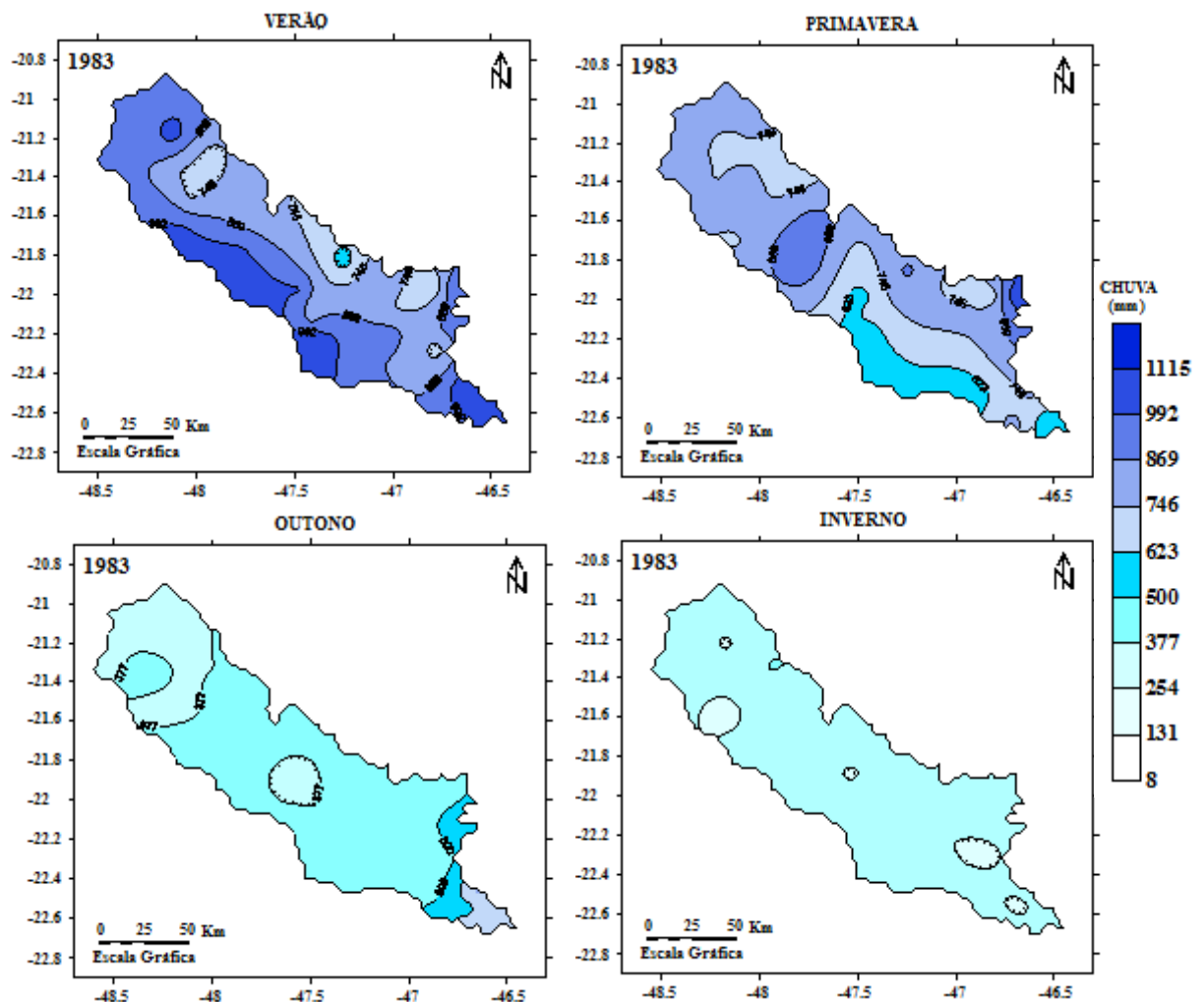
excepcional (seco e chuvoso). Para os três "anos padrão" escolhidos, mapeamos suas isolinhas (ou isoietas), por meio do método de interpolação de dados do programa Surfer 8, o inverso do quadrado da distância (SURFER 8, 2002).

5.4 Variação Sazonal da Pluviosidade nos "Anos Padrão" na Bacia do Rio Mogi Guaçu

"Ano padrão" chuvoso de 1983

Analisando os índices pluviométricos sazonais (verão, outono, inverno, primavera), na bacia durante o "ano padrão" 1983, considerado chuvoso, verificou-se que a chuva anual na bacia oscilou entre 2050,3 mm e 2976,7 mm, com amplitude de 926,4 mm. O menor valor de chuva encontrado foi de 131,4 mm e ocorreu durante o inverno. E o maior volume registrado foi 1115 mm durante a estação do verão. Estes valores foram registrados no posto 38 (Lindóia), região sudeste da bacia. Estas variações estão representadas na Figura 27.

Figura 27 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" chuvoso de 1983.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

Especialmente observa-se que a estação considerada mais chuvosa para toda a bacia é o verão, pois registra índices pluviométricos mais elevados distribuídos por toda a bacia. Durante a estação da primavera, segunda estação mais chuvosa, as chuvas são menos volumosas, a amplitude totalizou o valor de 564,8 mm., enquanto no verão 551,4 mm, apesar das amplitudes apresentarem valores próximos, as chuvas de verão se concentraram mais próximas dos valores extremos, que foram mais elevados.

O maior valor registrado na primavera foi 1087,4 mm no posto 22 (Águas da Prata), na região sudeste da bacia. Na estação de outono as chuvas se concentraram na região sudeste, enquanto na região noroeste os volumes de chuvas foram reduzidos. Na maior parte da bacia, nessa estação os índices pluviométricos variaram em torno de 450 mm. No inverno houve uma distribuição mais uniforme na bacia, os índices pluviométricos concentraram-se em torno de 300 mm.

"Ano padrão" seco de 1994

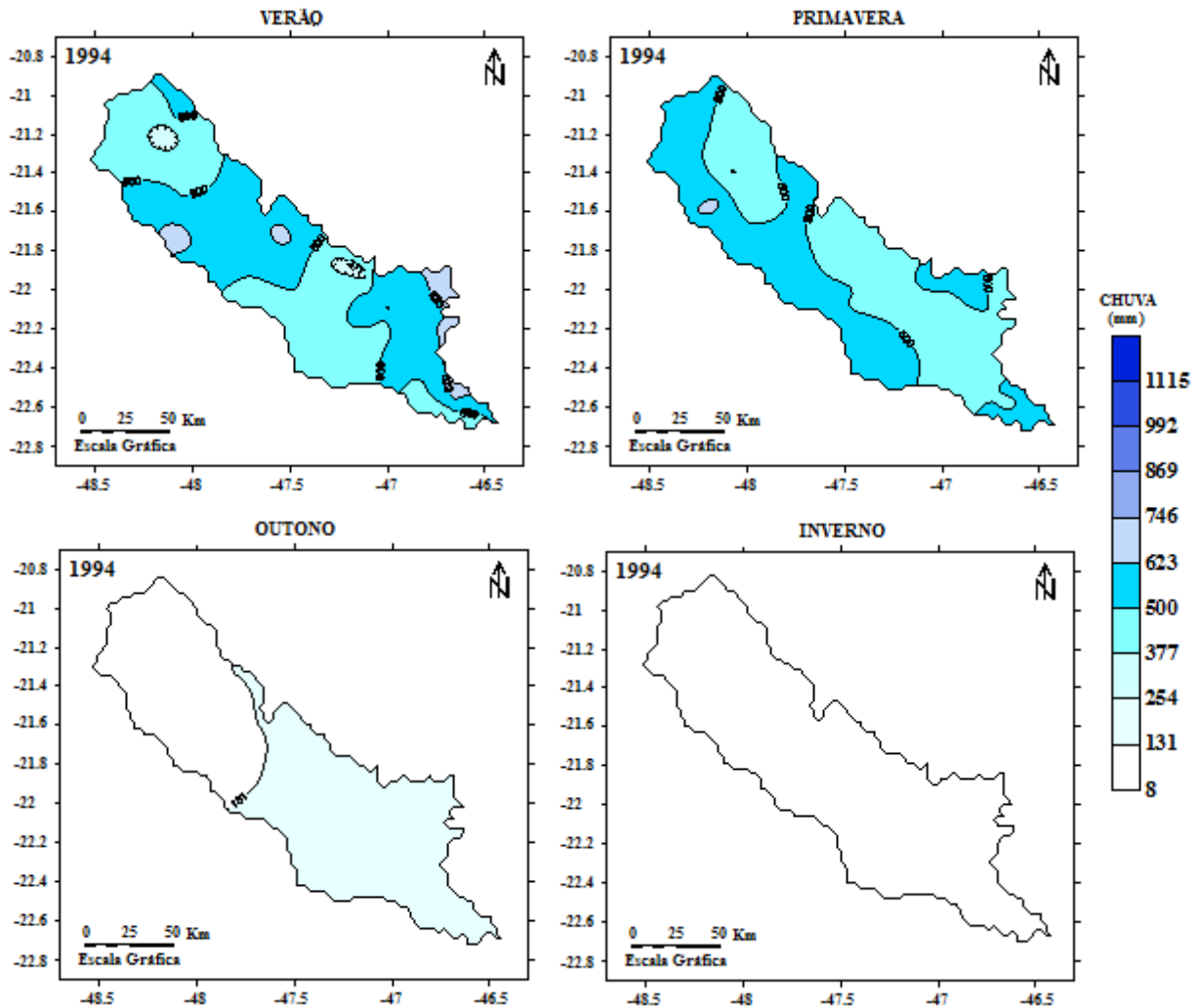
Para o ano de 1994, escolhido como ano padrão seco verificou-se que a chuva anual na bacia oscilou entre 864,3 mm e 1433,8 mm, com amplitude de 569,5 mm. Analisando os volumes sazonais totais das chuvas precipitadas na bacia do Rio Mogi Guaçu, o menor valor encontrado foi de 8,3 mm e ocorreu durante o inverno no posto 13 (Santa Lucia), região centro-oeste da bacia, e o maior volume registrado foi 722,4 mm durante a estação do verão, no posto 22 (Águas da Prata), região sudeste.

A variabilidade pluviométrica sazonal do ano 1994 é descrita na Figura 28, onde são apresentadas as distribuições espaciais sazonais das chuvas na bacia.

Especialmente observa-se que no ano considerado seco a estação considerada mais chuvosa para toda a bacia é o verão, pois registra índices pluviométricos mais elevados distribuídos por toda a bacia. Durante a estação da primavera, segunda estação mais chuvosa, as chuvas são menos volumosas, a amplitude totalizou o valor de 279,9 mm, enquanto no verão 423,8 mm.

O maior valor registrado na primavera é de 650,4 mm, no posto 11 (Motuca), na região noroeste da bacia. Na região sudeste que normalmente as chuvas se concentram ficou em torno de 500 mm.

Figura 28 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" seco de 1994.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

Na estação do outono as chuvas se concentraram desde a região sudeste até a região centro-oeste da bacia, com os índices pluviométricos nesta estação variando em torno, de 200 mm. Enquanto na região noroeste os volumes de chuvas foram reduzidos, com índices em torno de 80 a 100 mm. Durante a estação de inverno, na região sudeste que normalmente apresentam os maiores índices pluviométricos, estes não ultrapassaram 30 mm. O maior volume foi de 63,9 mm, no posto 37 (Águas de Lindóia), região sudeste da bacia. Enquanto na região noroeste ficou em torno de 20 mm.

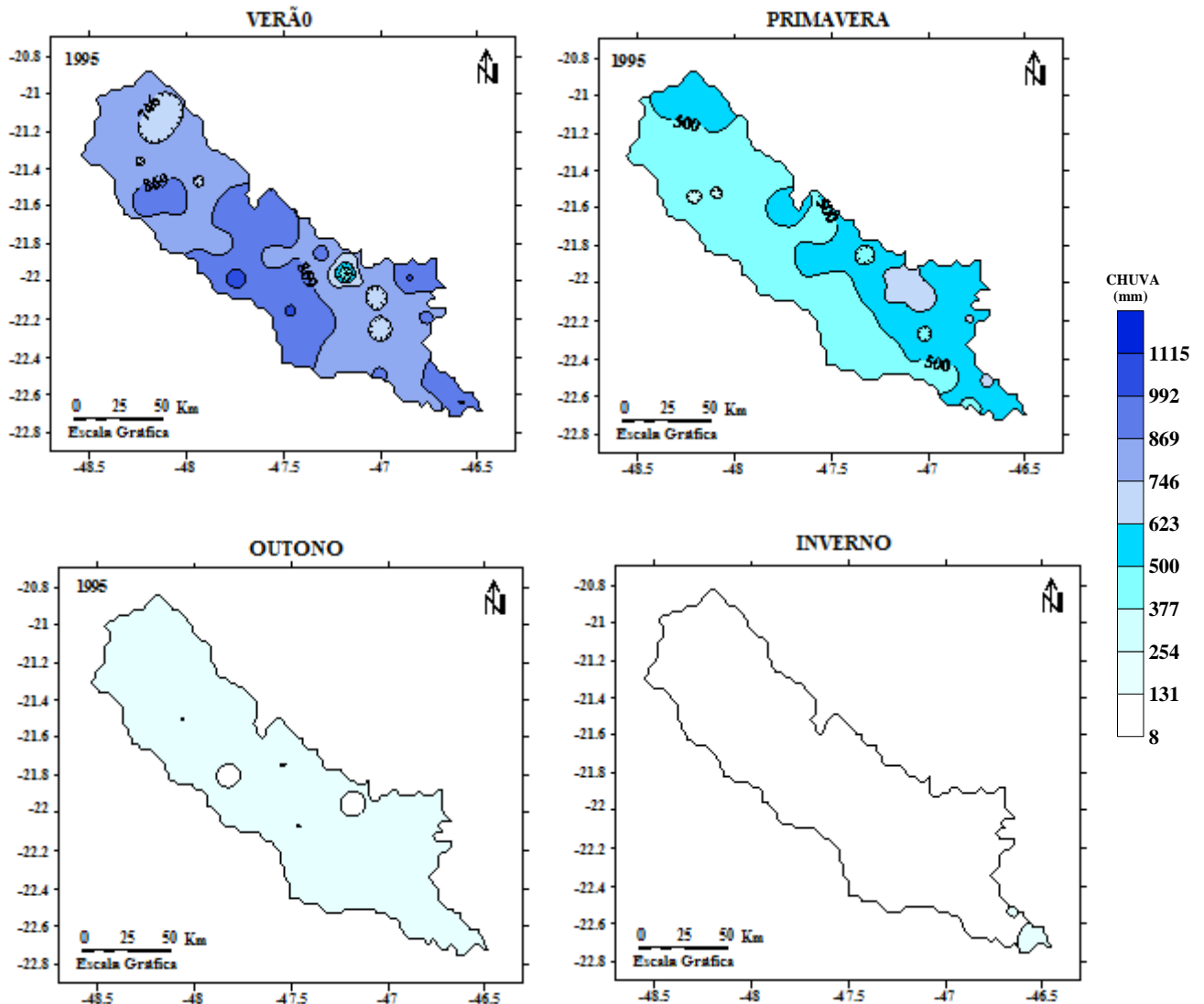
"Ano padrão" habitual de 1995

Durante o ano-padrão habitual de 1995 verificou-se que a chuva anual na bacia oscilou entre 1098,8 mm e 2005,6 mm, com amplitude de 906,8 mm. O menor valor encontrado foi de 33,2 mm e ocorreu durante o inverno no posto 14 (Santa Rita do Passa

Quatro), região centro-leste da bacia, e o maior volume registrado foi 1042,3 mm, durante a estação do verão, no posto 20 (Descalvado), região centro-oeste.

As distribuições espaciais sazonais das chuvas no ano 1983 estão representadas na Figura 29.

Figura 29 - Distribuição das chuvas sazonais do "ano padrão" habitual de 1995.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

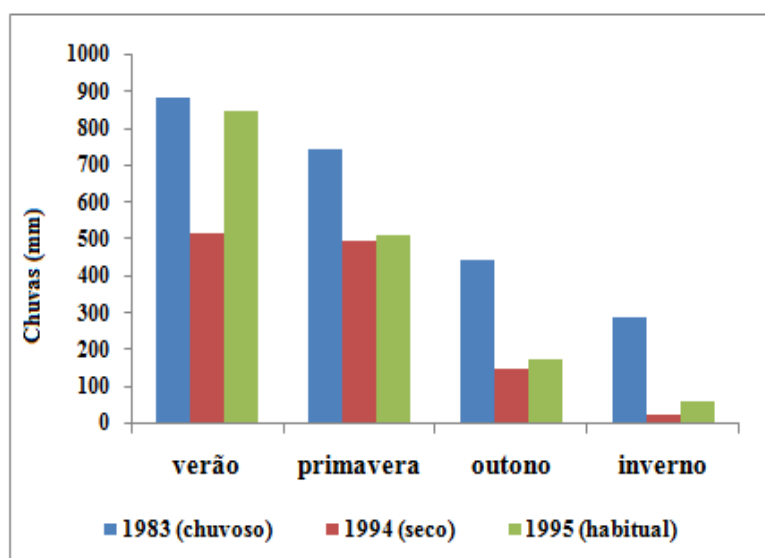
Neste ano considerado padrão habitual o valor da média anual ficou próxima do valor da média do período. A estação mais chuvosa para toda a bacia é o verão, pois registra índices pluviométricos mais elevados distribuídos por toda a bacia. Durante a estação da primavera, segunda estação mais chuvosa, as chuvas são menos volumosas, a amplitude totalizou o valor de 377 mm, enquanto no verão 716,1 mm.

O maior valor registrado na primavera é de 733,9 mm, no posto 26 (Aguai), na região sudeste da bacia. No outono ocorreu uma distribuição mais uniforme na bacia, com os índices pluviométricos nesta estação variando em torno, de 200 mm, os menores índices pluviométricos que ocorreram foram no posto 15 (São Carlos) e posto 19 (Casa Branca).

Durante a estação de inverno, na região sudeste que normalmente apresentam os maiores índices pluviométricos, estes não ultrapassaram 170 mm, que é o maior volume ocorrido no posto 40 (Socorro), região sudeste da bacia, as outras áreas da bacia tiveram índices mais reduzidos.

Sintetizando as análises referentes aos anos seco, chuvoso e habitual, observou-se que existe uma semelhança no modo da distribuição das chuvas sazonais nestes três anos, guardadas as devidas proporções de índices e amplitude em cada ano. A estação do verão é considerada mais chuvosa para a área de estudo, pois registra volumes pluviométricos mais elevados bem distribuídos, enquanto que os menores valores foram constatados no inverno. O histograma da variação sazonal representativo dos anos considerados padrão chuvoso, seco e habitual é apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Histograma da variação sazonal da pluviosidade nos "anos padrão".



Fonte: Elaborado pela autora por meio de planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

A análise comparativa dos anos considerados "anos padrão" 1983, 1994 e 1995, referente à variação sazonal, verão, primavera, outono e inverno, considerando o ano civil, estão descritas no Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 – Contribuição da pluviosidade sazonal nos "anos padrão".

estações/ano	1983	1994	1995
verão (mm)	882,9	513	847,9
primavera (mm)	744,2	492,3	510,3
outono (mm)	444,3	148,9	177,5
inverno (mm)	290,3	25,6	61,9
total (mm)	2361,7	1179,8	1597,6

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 6 estão descritos a contribuição das chuvas anuais nos períodos chuvosos e secos, representados por período chuvoso: as estações do verão e da primavera, período seco: as estações outono e inverno.

Tabela 6 – Contribuição da pluviosidade nos períodos chuvosos e secos, nos "anos padrão".

Período/ Ano	1983 - Chuvoso	1995 - Habitual	1994 - Seco
Anual (mm)	2361,7	1597,6	1179,8
Chuvoso (mm)	1627,1	1358,2	1005,4
Seco (mm)	734,7	239,4	174,5
Chuvoso (%)	69	85	85
Seco (%)	31	15	15

Fonte: Elaborado pela autora.

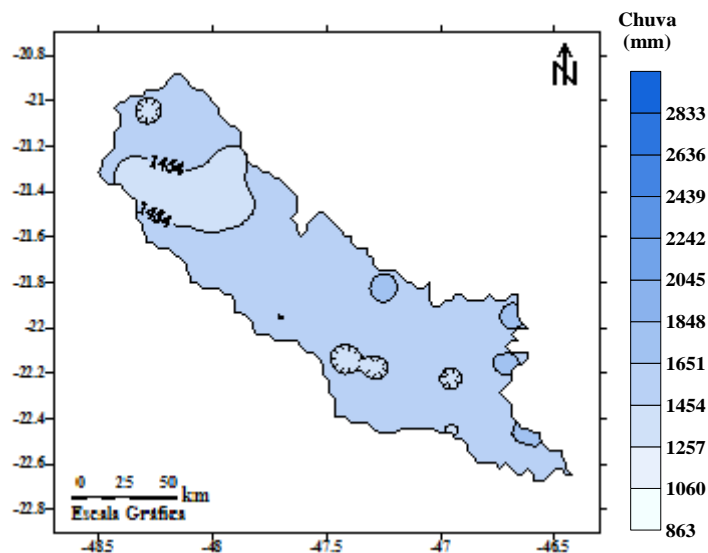
No ano de 1983 a chuva foi bem distribuída durante o ano, enquanto que nos anos de 1994 e 1995 a ocorrência das chuvas são mais frequentes no verão e na primavera, representando 85% das chuvas no ano, guardadas as devidas proporções das chuvas em relação aos anos, seco e habitual. Na bacia do Rio Mogi Guaçu existe duas regiões pluviométricas distintas, um sudeste (montante da bacia) com índices pluviométricos mais elevados, diferindo da região noroeste (jusante da bacia), que apresentam índices mais reduzidos, demonstrando que existe uma variabilidade espacial de montante para jusante.

5.5 Variabilidade da Pluviosidade Média Anual na Bacia

Os valores da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação (Tabela 7) foram obtidos da pluviosidade anual de cada um dos 40 postos pluviométricos da bacia no período (1975-1999) analisado. Esses valores estão representados nos mapas de isolinhas, os quais foram gerados por meio do software Surfer 8.0, usando a interpolação dos dados pelo método do inverso do quadrado da distância. Na construção desses mapas usou-se o georeferenciamento desses postos pluviométricos (LANDIM, MONTERIO, CORSI, 2002).

Os valores anuais médios das chuvas nos 40 postos pluviométricos distribuídos ao longo da bacia foram interpolados visando à análise do comportamento das chuvas, como pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 - Distribuição das chuvas anuais médias na bacia.



Na análise do mapa da Figura 31, os dados mostram que as maiores médias pluviométricas anuais concentram-se no sudeste da bacia, região de Águas da Prata, como, também, em um pequeno setor do centro-leste da bacia, região de Santa Cruz das Palmeiras, onde os valores atingem até 1700 mm/ano, enquanto que as médias mais baixas estão a nordeste da bacia, nos arredores de Jaboticabal, com valores próximos a 1350 mm.

Apesar de se tratarem de valores médios, que sempre mascaram os extremos da variabilidade pluviométrica, observa-se que a pluviosidade média anual da bacia oscila entre os valores de 1350 mm a 1700 mm, conforme se observa na escala do mapa de isolinhas representado na Figura 31.

Analisando o mapa de isolinhas da pluviosidade média anual obtida para o período de 1961 a 1990, para a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, publicada no Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu "Relatório Zero", em agosto de 1999, constatou-se que os totais anuais médios de chuvas variam de 1330 mm/ano a 1620 mm. E nos setores sudeste e centro-oeste ocorreram os maiores índices pluviométricos, enquanto no setor nordeste, na região de Jaboticabal, ocorreu os menores índices de chuvas. Desta forma, ao se comparar estes resultados com a Figura 31, nota-se uma similaridade entre os resultados, apesar das séries temporais serem diferentes (CBH-MOGI, 1999).

Os valores dos desvios padrão e dos coeficientes de variação em relação à média de cada posto estão representados nas Figuras 32 e 33, respectivamente, possibilitando uma análise espacial dos resultados obtidos. O coeficiente de variação mede a homogeneidade dos dados em relação à média. Por meio desses cálculos é possível verificar o grau de dispersão dos dados pluviométricos, em relação à média (TAVARES, 2001; FÁVERO et al., 2009).

Figura 32 - Distribuição dos desvios padrão em relação à média dos 25 anos para os 40 postos pluviométricos da bacia.

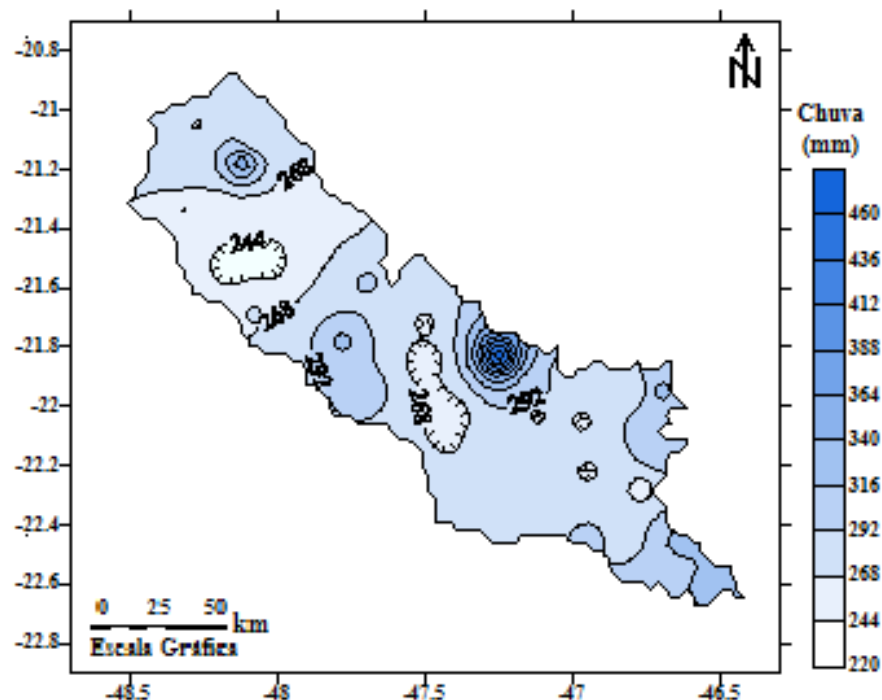
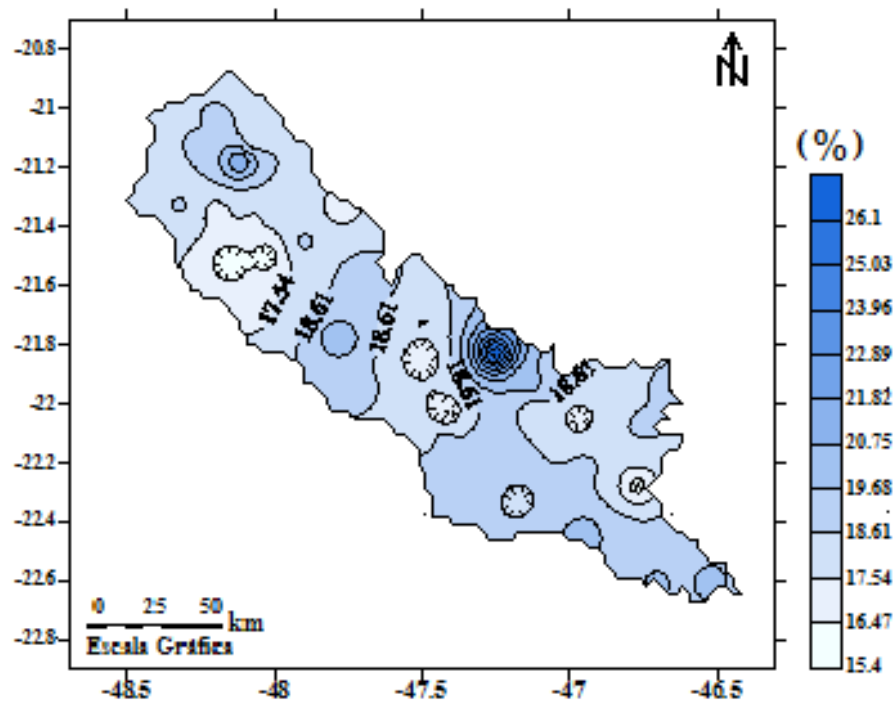


Figura 33 - Distribuição dos coeficientes de variação das chuvas anuais na bacia.



Quanto aos valores encontrados no cálculo dos coeficientes de variação (Tabela 7) para a análise da variabilidade dos 40 postos da bacia, no período de estudo, o grau de dispersão em torno da média ficou compreendido entre 15% e 20%, que está dentro da média estadual (SANT'ANNA NETO, 1995), os índices obtidos indicam, de forma geral, que ocorreu uma dispersão moderada em relação aos volumes de precipitações ocorridas nas regiões dos postos, em torno do valor médio. Segundo Ayoade (2010), quanto menor o coeficiente de variação, mais confiável são os resultados obtidos da precipitação pluvial.

Observando o mapa da Figura 32, verifica-se que os valores mais elevados dos desvios padrão em relação à média anual dos 25 anos da série para cada posto pluviométrico localizado na bacia, foram os postos de ordem 16 (476,2 mm), 3 (353,6 mm) e 37 (338,4 mm), nas regiões de Santa Cruz das Palmeiras, Barrinha e Águas de Lindóia, respectivamente. Os menores desvios ocorreram nos postos 10 (Guatapar), 11 (Motuca) e 24 (Pirassununga), com os valores de 220 mm, 225,4 mm e 243,8 mm, respectivamente.

Pela Figura 33, pode-se observar que os valores dos coeficientes de variação dos postos localizados no centro-oeste e ao noroeste da bacia, postos de Ordem 16 (região de Santa Cruz das Palmeiras) e 3 (arredores de Barrinha) respectivamente, apresentam o grau de dispersão de 21% a 26%, indicando grande variabilidade em relação a média.

Na Tabela 7, estão descritos a precipitação média anual, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos postos pluviométricos da área de estudo, no período de 1975 a 1999.

Tabela 7 - Relação dos postos pluviométricos, com os respectivos valores de precipitação, desvio padrão e coeficiente de variação.

Ordem	Prefixo	Precipitação média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
1	C5-040	1437,3	267,4	18,6
2	C5-114	1517,5	270,1	17,8
3	C5-115	1626,6	353,6	21,7
4	C4-057	1367,3	253,1	18,5
5	C5-028	1432	268,3	18,7
6	C4-032	1527,7	256,8	16,8
7	C5-112	1420,7	244,4	17,2
8	C5-104	1406,7	246,2	17,5
9	C4-056	1393,7	262,6	18,8
10	C5-020	1396	220	15,8
11	C5-009	1451,1	225,4	15,5
12	C4-096	1518,6	295,2	19,4
13	C5-011	1565,6	269,1	17,2
14	C4-041	1511,9	264,1	17,5
15	C4-019	1560,1	321,9	20,6
16	C4-029	1768,8	476,2	26,9
17	C4-094	1516,8	249,2	16,4
18	C4-026	1495,9	277,6	18,6
19	C4-097	1530,3	307,4	20,1
20	C4-021	1656,8	310,9	18,8
21	C3-031	1539,6	273,7	17,8
22	C3-034	1712,9	322,1	18,8
23	C4-085	1495,9	262,3	17,5
24	C4-033	1482,6	243,8	16,4
25	D4-101	1464,8	262,5	17,9
26	D3-022	1558,3	262,4	16,8
27	D3-066	1611,8	312,6	19,4
28	D4-032	1397,4	263	18,8
29	D3-071	1724,6	307,6	17,8
30	D4-030	1427,6	279	19,5
31	D3-067	1400,2	263,8	18,8
32	D4-029	1455,1	285,8	19,6
33	D3-003	1598,3	256	16
34	D4-094	1457,7	267,7	18,4
35	D3-033	1441,4	298,5	20,7
36	D3-015	1470,8	279,5	19
37	D3-024	1748,4	338,4	19,4
38	D3-014	1618	301,8	18,7
39	D3-012	1568,2	313,1	20
40	D3-030	1648,3	330,3	20

Fonte: Elaborado pela autora.

Conclui-se que os valores mais elevados dos desvios padrão ocorreram nas áreas mais chuvosas. Destacando-se com maior diferença na variação anual a região centro-leste da bacia, onde o desvio em relação à média anual das chuvas, no período analisado ultrapassou os 460 mm.

5.6 Variabilidade Média Sazonal da Pluviosidade na Bacia

Na análise da distribuição média sazonal das chuvas no período de 1975 a 1999, agrupamos os dados mensais de precipitação pluviométrica em períodos trimestrais, correspondentes a cada uma das estações do ano, tendo sido utilizado o ano considerado civil, assim: verão (janeiro, fevereiro e março), outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro).

Após os agrupamentos dos dados, obteve-se a média aritmética das precipitações acumuladas no período de 1975-1999 para cada uma das estações do ano. A Figura 34, por meio dos mapas de isolinhas, mostra a variação pluvial durante as quatro estações do ano.

Analisando as médias sazonais de chuvas para a área de estudo observa-se que no verão os volumes de chuvas são mais intensos nas porções noroeste (região de Barrinha), centro-leste (região de Santa Cruz das Palmeiras), centro-oeste (arredores de Descalvado) e sudeste (fronteira com Minas Gerais), com índices superiores a 680 mm.

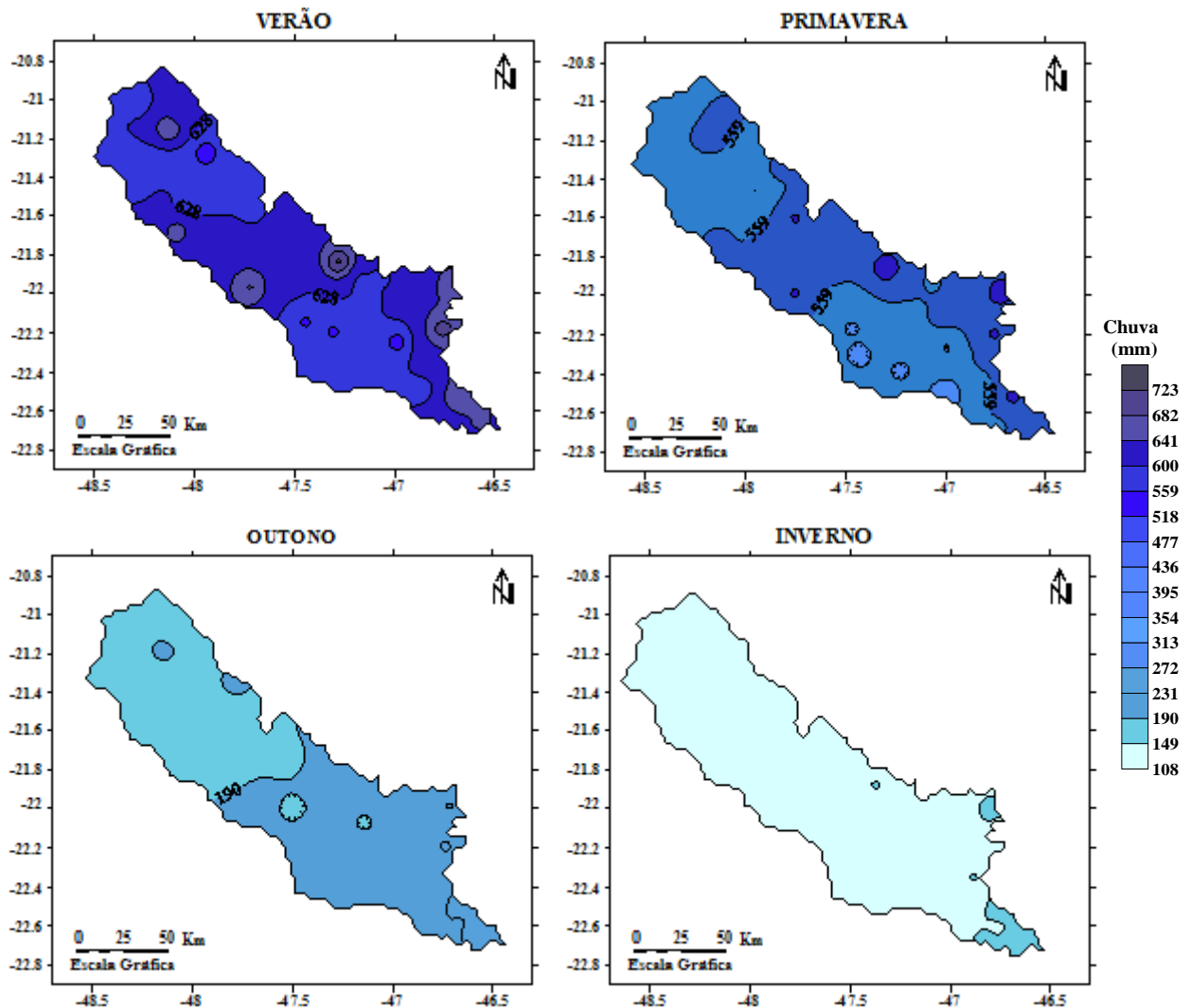
Nas outras regiões da bacia durante a estação do verão os volumes médios precipitados ficam em torno dos 600 mm.

O comportamento verificado durante o outono deixa claro que a estação é o momento de passagem do período chuvoso para o de estiagem. Durante o outono os maiores índices pluviométricos ficam em torno de 250 mm, porém a um declínio nesses índices na porção noroeste (área do compartimento Baixo Mogi), cujos índices ficam em torno de 170 mm.

O mínimo de pluviosidade se dá no inverno em toda a região, oscilando entre 100 e 170 mm do noroeste para o sudeste. É a estação sazonal que apresenta uma distribuição mais homogênea da precipitação.

Na primavera a distribuição das chuvas assemelha-se ao padrão observado no verão. As porções regionais com os maiores valores também apresentam a mesma distribuição espacial. Os índices pluviais nas regiões sudeste (fronteira com Minas Gerais) e central (área do compartimento Médio Mogi) variam em torno de 600 mm. Enquanto que nas outras porções da região as médias indicam valores próximos a 470 mm.

Figura 34 - Distribuição das chuvas sazonais médias na bacia do Rio Mogi Guaçu.

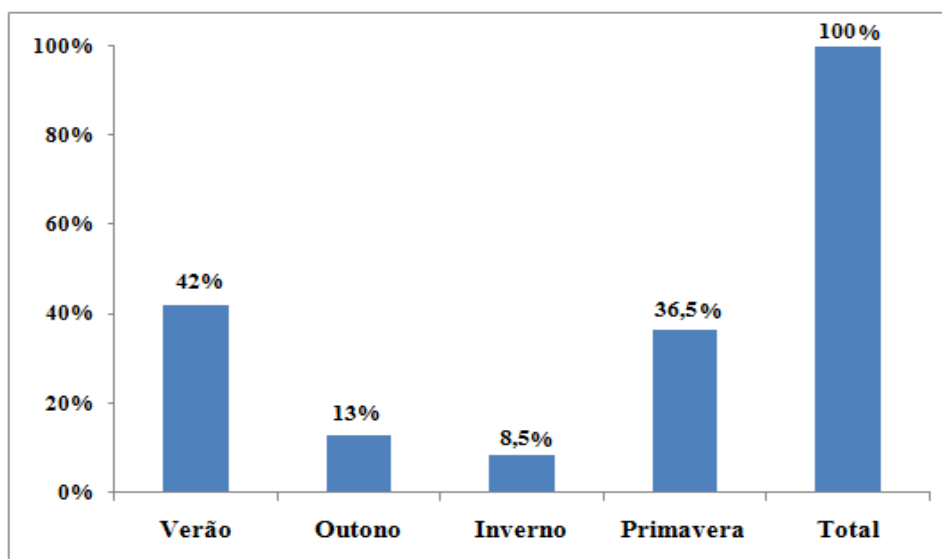


Fonte: Elaborado pela autora por meio do Surfer 8 (SURFER, 2002)

De maneira geral a análise referente à distribuição sazonal média na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu indica que as estações mais chuvosas são o verão e a primavera, as chuvas ocorrem com maior intensidade na região sudeste da bacia. Destaca-se também uma porção no centro-leste (região de Santa Cruz das Palmeiras) e no centro oeste (região de Descalvado). Há uma diminuição das chuvas na porção noroeste da bacia durante o ano todo. Durante o outono e o inverno os volumes também são mais elevados na região sudeste, as médias indicam valores acima de 250 mm no outono e no inverno os mesmos ficam em torno dos 170 mm. As contribuições do inverno são poucas em toda a bacia.

A Figura 35 apresenta a contribuição da distribuição da pluviosidade média dos valores acumulados para cada estação do ano, no período de 1975 a 1999.

Figura 35 - Histograma da contribuição da pluviosidade sazonal na bacia do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: Elaborado pela autora.

De maneira geral, quando se avalia a distribuição da pluviosidade na bacia, fica bem definido um regime sazonal na distribuição das chuvas, um período chuvoso e um de estiagem (índices menores de chuvas). A distribuição da pluviosidade média por estação do ano no período avaliado foi de 638,2 mm (representando 42% das chuvas) no verão, 556,6 mm (36,5%) na primavera, 199 mm (13%) no outono e 129,5 mm (8,5%) no inverno.

A variabilidade temporal sazonal (dentro do ano) define o ciclo de ocorrências dos períodos secos e úmidos no qual a população e os usuários de água procuram conviver.

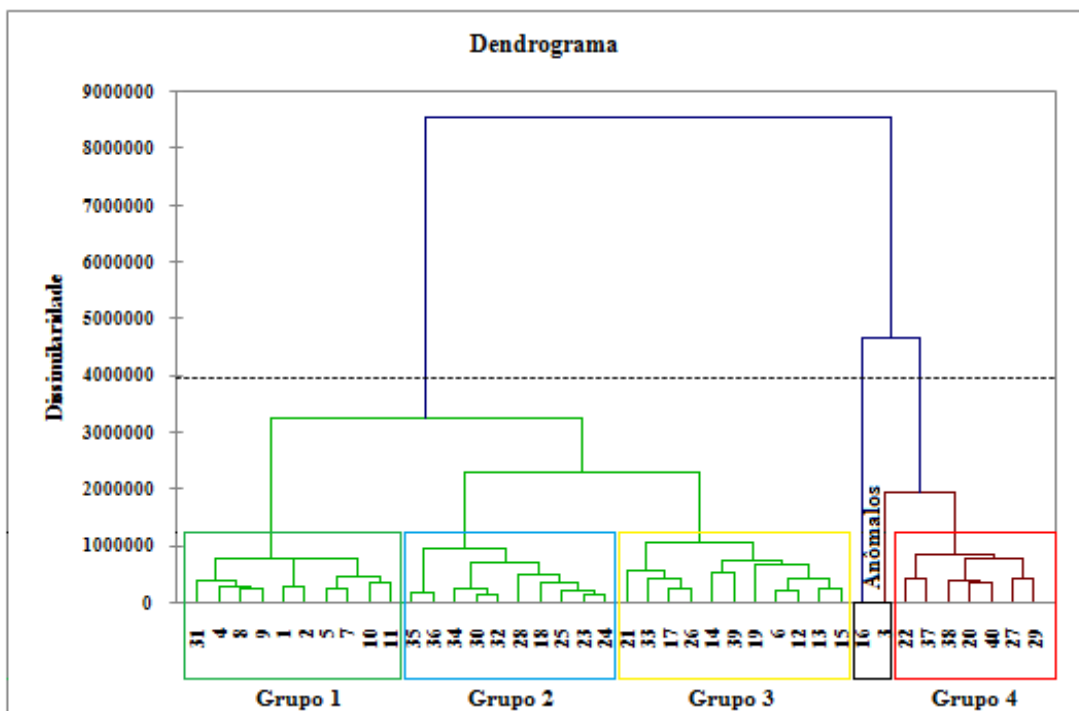
5.7 Classificação das Áreas Homogêneas para a Bacia do Rio Mogi Guaçu

A área da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu foi dividida em grupos homogêneos obtidos a partir da análise de agrupamentos. Através desta análise foram delimitadas as regiões que apresentaram similaridade no padrão pluviométrico, sendo possível ter uma noção da tipologia pluvial da área de estudo. Utilizou-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana e como algoritmo de agrupamentos o método hierárquico aglomerativo com a técnica de Ward. Através da análise de agrupamentos dos totais anuais de pluviosidade no período 1975 a 1999 dos 40 postos pluviométricos foram obtidos quatro grupos homogêneos e um grupo anômalo (formado por dois postos pluviométricos). A forma gráfica mais usada para representar o resultado de um procedimento

de agrupamento é o dendrograma. Na confecção do dendrograma os dados de chuvas totais anuais foram lançados em uma planilha do programa XLSTAT (XLSTAT, 2011).

O dendrograma está representado na Figura 36, podendo-se observar que o corte realizado determinou a existência de quatro grupos homogêneos e dois postos considerados anômalos. Para esta escolha considerou-se os aspectos físicos da área, principalmente a topografia.

Figura 36 - Dendrograma dos 40 postos pluviométricos localizados na bacia do Rio Mogi Guaçu.



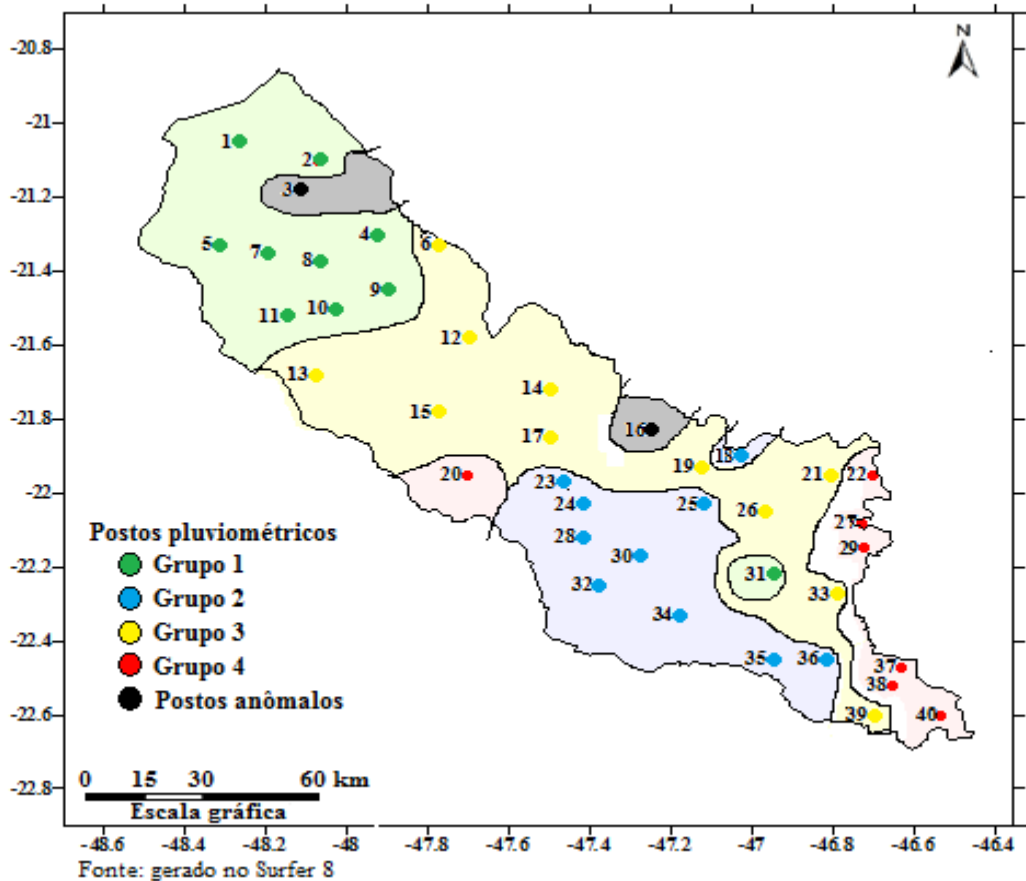
Fonte: Elaborado pela autora por meio do programa XLSTAT (XLSTAT, 2011)

A Figura 37 mostra a distribuição espacial das quatro regiões homogêneas e as regiões dos dois postos pluviométricos considerados anômalos para a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Nesse mapeamento utilizou-se o inverso do quadrado da distância, um dos métodos de interpolação de dados do programa Surfer 8 (SURFER 8, 2002).

Os postos pluviométricos do grupo 4 (montante da bacia) apresentam valores pluviométricos bem mais elevados, a pluviosidade anual dessa região gira em torno de 1600/1700 mm, comparadas com as dos postos do grupo 1 (jusante da bacia) cuja pluviosidade anual dessa região gira em torno de 1300/1500 mm, demonstrando que existe uma variabilidade espacial de montante para jusante. Este fato talvez se justifique pela

influência orográfica na distribuição das precipitações pluviométricas na região bacia do Rio Mogi Guaçu.

Figura 37 – Distribuição espacial das regiões dos grupos homogêneos.



O grupo 1 abrange a porção noroeste, ou seja, a porção do compartimento Baixo Mogi, onde estão localizados os municípios de Ribeirão Preto (4), Pradópolis (8), Luis Antônio (9), Pitangueiras (1), Sertãozinho (2), Jaboticabal (5), Guariba (7), Guatapar (10), e Motuca (11). Foi inserido nesses agrupamentos o posto 31 (região de Estiva Gerbi) localizado no compartimento do Alto Mogi. A pluviosidade anual é em torno de 1420 mm, com as chuvas se concentrando na primavera-verão, os totais de verão são superiores ao da primavera (de 600 a 500 mm, respectivamente), e no período outono-inverno os índices ficam em torno de 200 mm. Suas maiores altitudes alcançam cerca de 600 m. Constatou-se que os anos de 1983, 1976 e 1982 apresentaram os maiores valores pluviométricos de todo o período, respectivamente, 2422 mm, 1960 mm e 1853 mm, os valores mais baixos ocorreram nos anos de 1994, 1984 e 1988 apresentaram, respectivamente, 938,2 mm, 1017 mm e 1126 mm.

O grupo 2 constitui-se de 10 postos pluviométricos, que apresentam valores semelhantes. Dos 10 postos, 9 estão localizados na região centro-sul, no compartimento do Alto Mogi, onde se encontram os municípios de Mogi Mirim (35), Itapira (36), Conchal (34), Leme (30), Santa Cruz da Conceição (32), Araras (28), Aguai (25) (região do posto D4-101), Pirassununga (23) (região do posto C4-033) e Pirassununga (24) (região do posto C4-085). Foi inserido nesse grupo o posto 18 (região de Casa Branca, posto C4-026), localizado na região sudeste da bacia. Os índices pluviométricos giram em torno de 1450 mm/ano, com as chuvas concentrando-se na primavera-verão (os totais de verão são superiores aos da primavera, de 500/600 mm), no outono-inverno os índices variam em torno de 200 mm. Quanto à altimetria, esse grupo está inserido numa região um pouco mais elevada que a do grupo 1. Neste agrupamento se observam altitudes de 580 m até 700 metros na região do município de Casa Branca. Os anos considerados chuvosos foram 1983, 1996 e 1976 com, respectivamente, 2394 mm, 2019 mm e 1986 mm, e os anos secos foram 1984, 1978 e 1994, com valores respectivos de 974,2 mm, 1059 mm e 1149 mm (Anexo).

O grupo 3, que representa a maior porção da área estudada, está localizado na porção central e sudeste da bacia, abrangendo os compartimentos do Médio Mogi e do Jaguari Mirim, onde se encontram os municípios de Cravinhos (6), Luis Antonio (12) (região do posto C4-096), Santa Lucia (13), Santa Rita do Passa Quatro (14), São Carlos (15), Porto Ferreira (17), Casa Branca (19) (região do posto C4-097), São João da Boa Vista (21) (posto C3-031), Aguai (26) (posto D3-022), Espírito Santo do Pinhal (33), Serra Negra (39). A pluviosidade anual é de 1500 mm, neste grupo homogêneo, os índices das chuvas de primavera-verão giram em torno de 550/640 mm, e no período de outono-inverno em torno de 200 mm. As altitudes dos postos pluviométricos inseridos nessa região variam de 580 a 900 metros, com fortes variações anuais, caso dos anos de 1983, 1976 e 1982 em relação aos anos de 1984, 1994 e 1985. Os índices pluviométricos nos anos chuvosos giram em torno de 2734, 2149 e 1972 mm, respectivamente e nos anos secos de 934,3 mm, 1095 mm e 1119 mm.

O grupo 4 abrange a porção sudeste da bacia, nos compartimentos do Peixe e porção do Jaguari Mirim, onde se encontram os municípios de Águas da Prata, São João da Boa Vista (região do posto D3-066), Santo Antonio do Jardim, Águas de Lindóia, Lindóia e Socorro. Foi inserido nesse grupo o posto 20 (região de Descalvado), localizado na região centro-oeste da bacia. Os índices pluviométricos desse grupo giram em torno de 1500 a 1800 mm, com as chuvas se concentrando na primavera-verão, com índices em torno de 550 a 700 mm, e reduzindo-se no outono-inverno de 150 a 250 mm. Os maiores volumes pluviométricos

para esse grupo foram registrados nos anos de 1983, 1982 e 1976, respectivamente, 2976,7, 2246,4 e 2203,9 mm. Os menores valores de toda a série foram de 1065,5, 1171,3 e 1176,7 mm, registrados respectivamente nos anos de 1984, 1990 e 1994. As altitudes dos postos pluviométricos inseridos nessa região variam de 680 a 1040 m.

Os postos pluviométricos considerados anômalos, são os postos 16 (C4-029) e 3 (C5-115), estão localizados nos municípios de Santa Cruz das Palmeiras e Barrinha, respectivamente. O posto 16 (região de Santa Cruz das Palmeiras) está situado em uma altitude de 610 m, na região leste da bacia, no compartimento do Jaguari Mirim.

Os índices pluviométricos dessa região giram em torno de 1500 a 2500 mm/ano, com as chuvas se concentrando na primavera-verão, os índices giram em torno de 600/750 mm, e reduzindo-se no outono-inverno de 150 a 230 mm. Vale destacar que nessa região houve uma ocorrência de maiores volumes de chuvas em vários anos, tal fato o diferenciou dos demais grupos. Os anos são 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 e 1991, com os respectivos índices pluviométricos 1751,2, 2613,5, 3029,5, 2569,9, 2144,3 e 2144,3 mm. O menor índice pluviométrico foi no ano de 1994 com 1036,7 mm.

O posto 3 (Barrinha) está situado na porção noroeste da bacia, no compartimento do Baixo Mogi, com altitude de 490 m. A pluviosidade anual dessa região gira em torno de 1600 mm, com as chuvas concentrando-se na primavera-verão de 600/700 mm. Os anos 1985, 1986, 1987, 1988 e 1989, apresentam um maior volume de chuvas, diferenciados dos demais postos inseridos na bacia, com valores respectivos de 1731,3 mm, 2518,8 mm, 1684,5 mm, 1926 mm e 2116 mm. O menor valor ocorreu no ano de 1994 com 864,3 mm.

Nas regiões, dos grupos homogêneos, quando analisamos o comportamento da variação pluvial no período 1975/1999, o que fica bem marcado é a ocorrência de máximos de precipitação nos anos de 1976, 1982 e 1983 e de mínimos nos anos de 1984 e 1994.

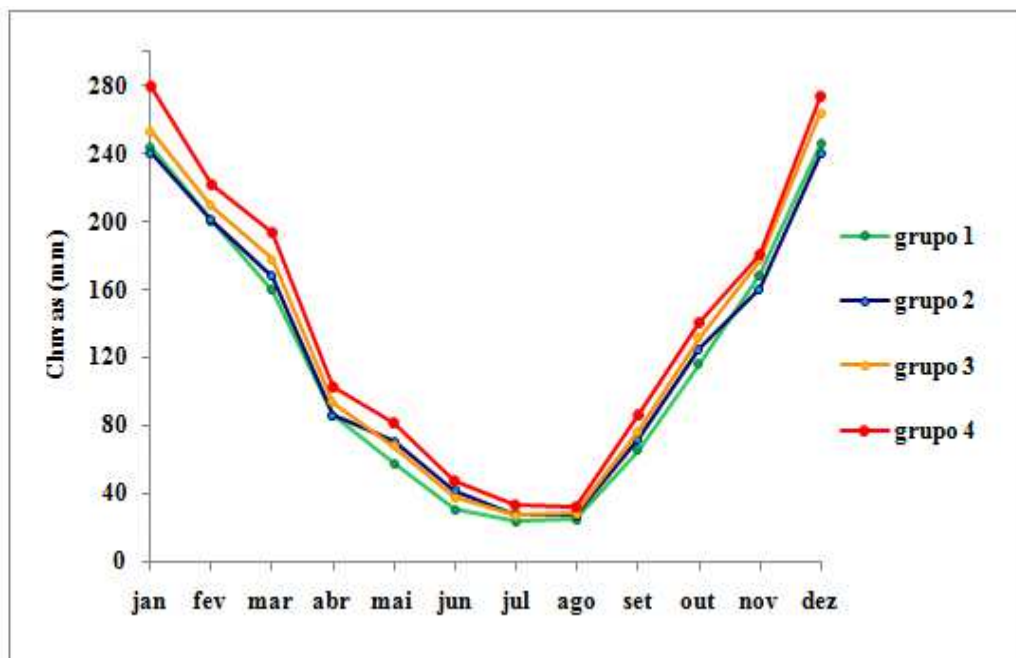
Os resultados encontrados com a aplicação da metodologia adotada, em quatro grupos homogêneos e um anômalo para a distribuição espacial da precipitação pluviométrica na bacia, mostraram-se muito eficientes e com potencial promissor considerando que se trabalhou com uma quantidade relevante de dados e não se tinha conhecimento preliminar da tipologia pluvial da área de estudo e se buscava informações mais específicas de determinadas regiões.

5.8 Contribuição da Pluviosidade nos Períodos Chuvosos e Secos, nas Regiões Homogêneas da Bacia

A Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu apresenta uma definição de períodos chuvosos e secos, bem marcados. Quanto à distribuição interanual ocorre uma maior concentração das chuvas no período considerado úmido, de outubro a março, em toda a bacia, e um período de estiagem, de abril a setembro, período considerado seco.

As curvas apresentadas na Figura 38 mostram as distribuições mensais da precipitação média de cada grupo homogêneo, determinado pelo método de agrupamentos hierárquicos na distribuição das chuvas na bacia.

Figura 38 – Distribuição da pluviosidade mensal de cada grupo homogêneo da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.



Fonte: Elaborado pela autora por meio de planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

Por meio dessas curvas foi possível comparar as regiões, bem como avaliar onde há maior ou menor variabilidade mensal. Observa-se de durante o período chuvoso, de outubro a março, há uma pequena dispersão entre os valores médios mensais dos quatro grupos analisados. Entretanto, nos meses mais secos junho, julho somente o grupo 4 apresenta uma variação em relação aos demais e, em agosto os grupos apresentaram baixa variabilidade na distribuição das chuvas na bacia.

A Tabela 8 mostra a contribuição da precipitação anual, obtida por meio dos valores médios mensais acumulados dos postos de cada grupo analisado, em um período de

25 anos (1975-1999), para as estações chuvosas (outubro a março) e secas (abril a setembro), em cada grupo. Nela verifica-se a maior precipitação nas regiões dos grupos 3 e 4 em relação às demais, tanto na estação chuvosa (precipitação anual acima de 1200 mm), como na estação seca (com precipitação anual acima de 330 mm).

Tabela 8 - Contribuição da pluviosidade (em mm) nos períodos chuvosos e secos, para os quatro grupos homogêneos.

Período/Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Anual	1422,9	1459,7	1544,9	1674,3
Chuvoso	1135,1	1135,1	1213,6	1292,2
Seco	287,8	324,6	331,3	382,1
Chuvoso (%)	80	78	79	77
Seco (%)	20	22	21	23

Fonte: Elaborado pela autora.

As regiões, onde estão inseridos os postos pertencentes aos grupos 1 e 2, são as que apresentam os menores índices de concentração pluvial, tanto na estação chuvosa como na seca. Os valores anuais da precipitação, nos grupos 1 e 2, ficaram entre 1423 e 1460 mm, respectivamente, sendo que a média de precipitação para a bacia do Rio Mogi Guaçu encontra-se em torno de 1523,1 mm, como já foi observado anteriormente.

Na região dos postos inseridos no grupo 1, a precipitação do período chuvoso representa 80% do total anual, o que significa uma prolongada estiagem entre abril e setembro, quando 20% da precipitação anual cai na região. Na região dos postos do grupo 2, o período de outubro a março recebe cerca de 78% das chuvas anuais, portanto, com estiagem um pouco menos intensa, pois cerca de 22% ocorrem neste período.

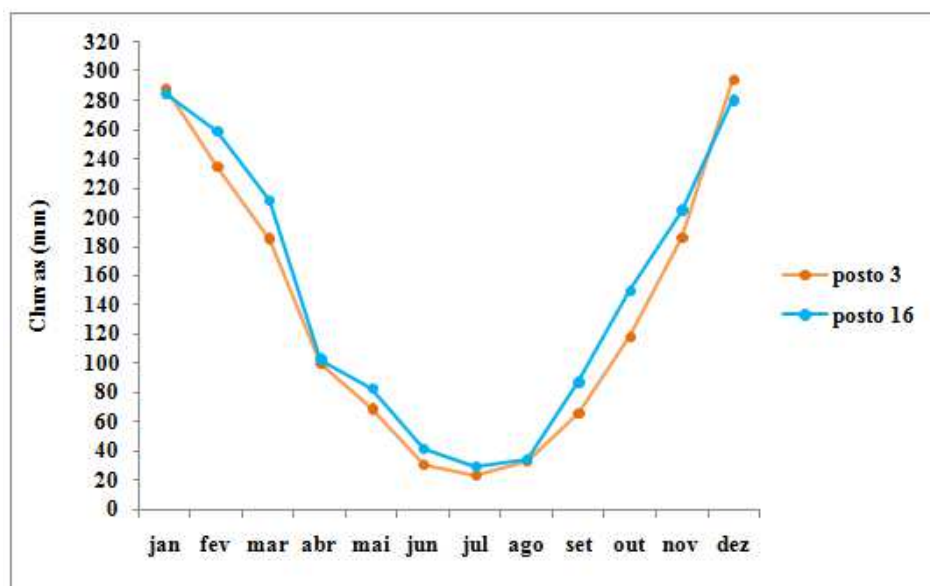
Os postos do grupo 1 estão localizados na região noroeste da bacia, no Planalto Ocidental, onde o fator altitude tem pouca influência na determinação do regime de chuvoso. Enquanto os postos do grupo 2 localizam-se na região central da bacia, ou seja, na sub-bacia do Alto Mogi cujo compartimento geomorfológico pertence à Depressão Periférica.

Na região do grupo 3 concentram-se cerca de 79% das chuvas no período chuvoso, e cerca de 21% das chuvas anuais ocorrem no período seco. Nos postos da região do grupo 4, o período de outubro a março recebe cerca de 77% das chuvas anuais, portanto, com estiagem menos intensa, pois cerca de 23% das chuvas ocorrem neste período.

Estes grupos estão localizados, respectivamente, grupo 4 no Planalto Atlântico, apresentando altitudes mais elevadas que favorecem o regime de precipitações elevadas. Os postos do grupo 3 estão localizados, na região das Cuestas Basálticas e parte na Depressão Periférica, onde o fator altitude tem influência na determinação do regime chuvoso.

As curvas apresentadas na Figura 39, mostram as distribuições mensais da precipitação dos dois postos considerados anômalos, o posto 3 (C5-115) e o posto 16 (C4-029), situados nas regiões de Barrinha e Santa Cruz das Palmeiras, respectivamente. Estes postos não se agruparam com os demais postos dos grupos considerados homogêneos, em razão destes apresentarem um aumento significativo da pluviosidade nos anos de 1985 a 1991, quando comparados com os demais postos da região.

Figura 39 - Distribuição da pluviosidade mensal do grupo anômalo: posto 3 (C5-115) e posto 16 (C4-029).



Fonte: Elaborado pela autora por meio de planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

Por meio dessas curvas foi possível comparar o comportamento da pluviosidade mensal para estes dois postos, bem como avaliar onde há maior ou menor variabilidade mensal. Observa-se que durante o período chuvoso, de outubro a março, há uma considerável dispersão entre os valores mensais, levando-se em consideração os meses de fevereiro, março, outubro e novembro. Entretanto, no período seco, esses postos apresentam uma menor variação da precipitação.

A Tabela 9 mostra a contribuição da precipitação anual, obtida por meio dos valores médios mensais acumulados dos postos 3 e 16, em um período de 25 anos (1975-1999), para as estações chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro). Nela verifica-se maior precipitação na região do posto 16 em relação à região do posto 3, tanto na estação

chuvosa (precipitação anual acima de 1390 mm), como na estação seca (com precipitação anual acima de 377 mm).

Tabela 9 - Contribuição da pluviosidade nos períodos chuvosos e secos, para os postos considerados anômalos.

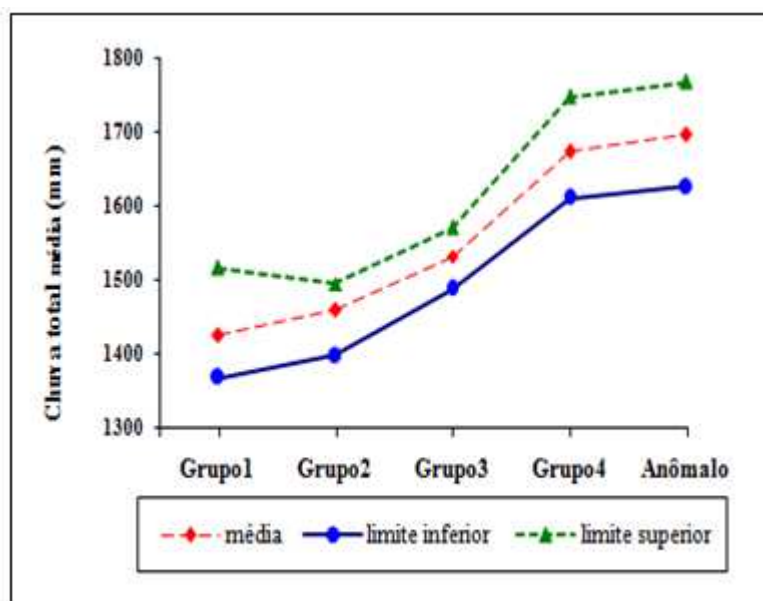
Período/Posto	Posto 3	Posto 16
Anual	1626,6	1768,9
Chuvoso	1306,6	1391,4
Seco	320	377,5
Chuvoso (%)	80	79
Seco (%)	20	21

Fonte: Elaborado pela autora.

A região representada pelo posto 3 apresenta-se com precipitação anual em torno de 1600 mm, com uma forte concentração de outubro a março, em cerca de 80% do total anual, o que significa uma prolongada estiagem entre abril e setembro, quando 20% da precipitação anual cai na região. Na região do posto 16, a precipitação anual gira em torno de 1760 mm, o período de outubro a março recebe cerca de 79% das chuvas anuais, portanto, com estiagem um pouco menos intensa, pois cerca de 21% ocorrem neste período.

O comportamento da pluviosidade para os quatro grupos homogêneos e os dois postos considerados anômalos da bacia do Rio Mogi Guaçu pode ser observado na Figura 40 cujos dados estão disponíveis no Anexo C.

Figura 40 - Distribuição da pluviosidade média anual para os diferentes grupos.



Fonte: Elaborado pela autora por meio de planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

Tabela 10 - Estatísticas descritivas referentes aos grupos homogêneos e grupo anômalo.

Grupos	Total Mínimo	Total Máximo	Média Anual Limite Inferior	Média Anual	Média Anual Limite Superior
Grupo1	34183,2	37937,3	1426	1367,3	1517,5
Grupo2	34934	37399	1459	1397,4	1496
Grupo3	37797,6	39956,6	1533	1488,9	1571,8
Grupo4	40295,8	43711,1	1674	1611,8	1748,4
Anômalo	40665,6	44220,1	1697,7	1626,6	1768,8

Fonte: Elaborado pela autora.

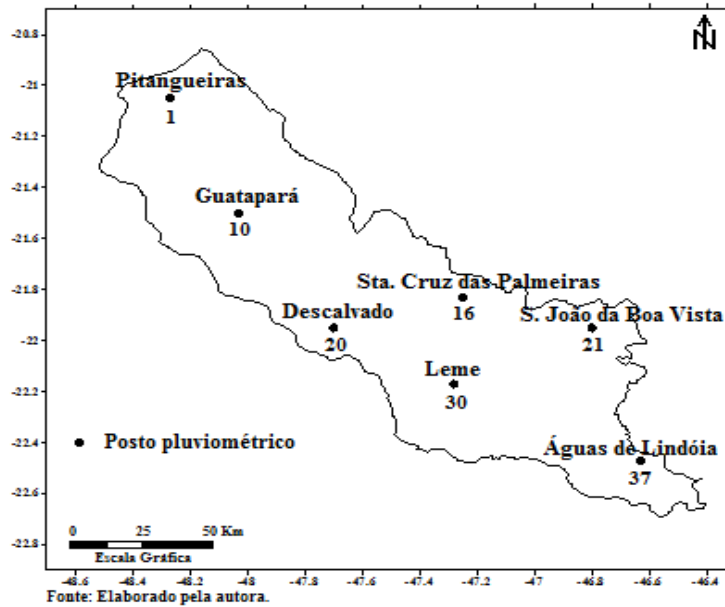
Através da análise sobre a precipitação pluviométrica mensal ocorrida na bacia do Rio Mogi durante o período de 1975 a 1999 verificou-se que a área possui um regime pluvial bem definido, com concentração de chuvas nos trimestres janeiro/fevereiro/março e outubro/novembro/dezembro e que o início de estiagem começa em abril e agravam-se nos meses de junho, julho e agosto. Notou-se (Tabela 10) que a distribuição das chuvas não é uniforme no período estudado, observou-se que as regiões dos grupos 1 e 2, noroeste e centro-sul da bacia, recebem menores contribuições e que as chuvas tendem a aumentar na região dos postos situados no grupo 4 (sudeste da bacia), estas regiões apresentam altitudes mais elevadas e estão situadas nos contrafortes da Serra da Mantiqueira. Analisando a região do posto 16 (centro-leste da bacia), com altitude menor que as apresentadas pelos postos da região do grupo 4, se distingue pelos elevados índices pluviométricos (postos anômalos).

5.9 Tendência e Variabilidade Pluvial de Sete Postos Pluviométricos Selecionados nos Grupos Homogêneos

Foram selecionados para a representação dos grupos homogêneos sete postos pluviométricos, Posto1 (Pitangueiras), Posto10 (Guatapar), Posto16 (Santa Cruz das Palmeiras), Posto20 (Descalvado), Posto21 (São João da Boa Vista), Posto30 (Leme) e Posto37 (guas de Lindóia). O critério usado para a escolha destes postos pluviométricos foi  represento espacial dentro de cada grupo homogêneo obtido por meio da análise de agrupamentos. A análise pontual é importante pelo fato da área de estudo abranger diferentes características geomorfológicas e topográficas que influenciam na ocorrência do fenmeno

pluvial. A localização desses postos pluviométricos dentro da área da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, está representada na Figura 41.

Figura 41 - Localização dos sete postos pluviométricos na bacia



5.9.1 Tendência e Variabilidade Interanual

Na Figura 42 estão ilustrados para os sete postos selecionados os gráficos das retas de tendência e os respectivos limites de confiança em torno dessa reta (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Figura 42 - Variação e tendência da pluviosidade anual para os sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu. (continua)

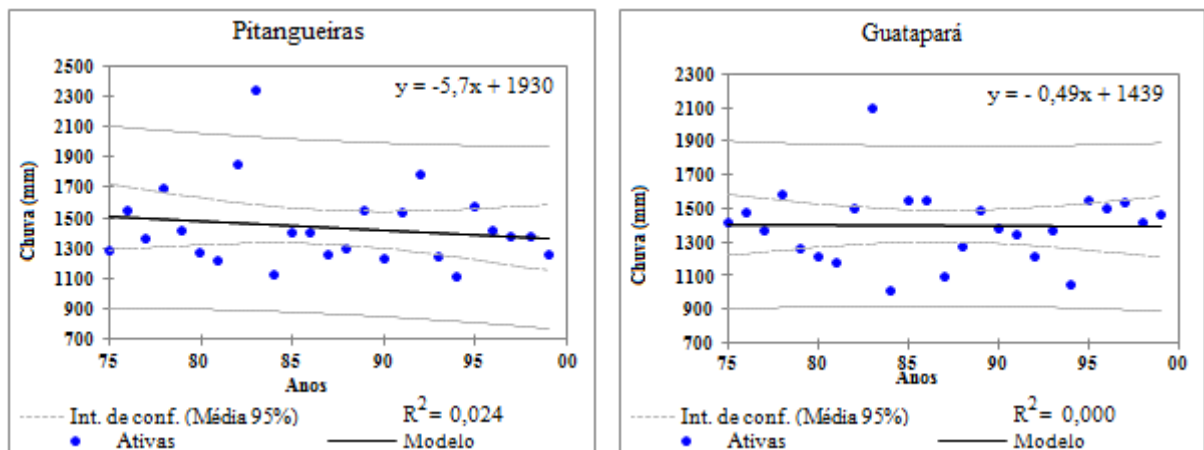
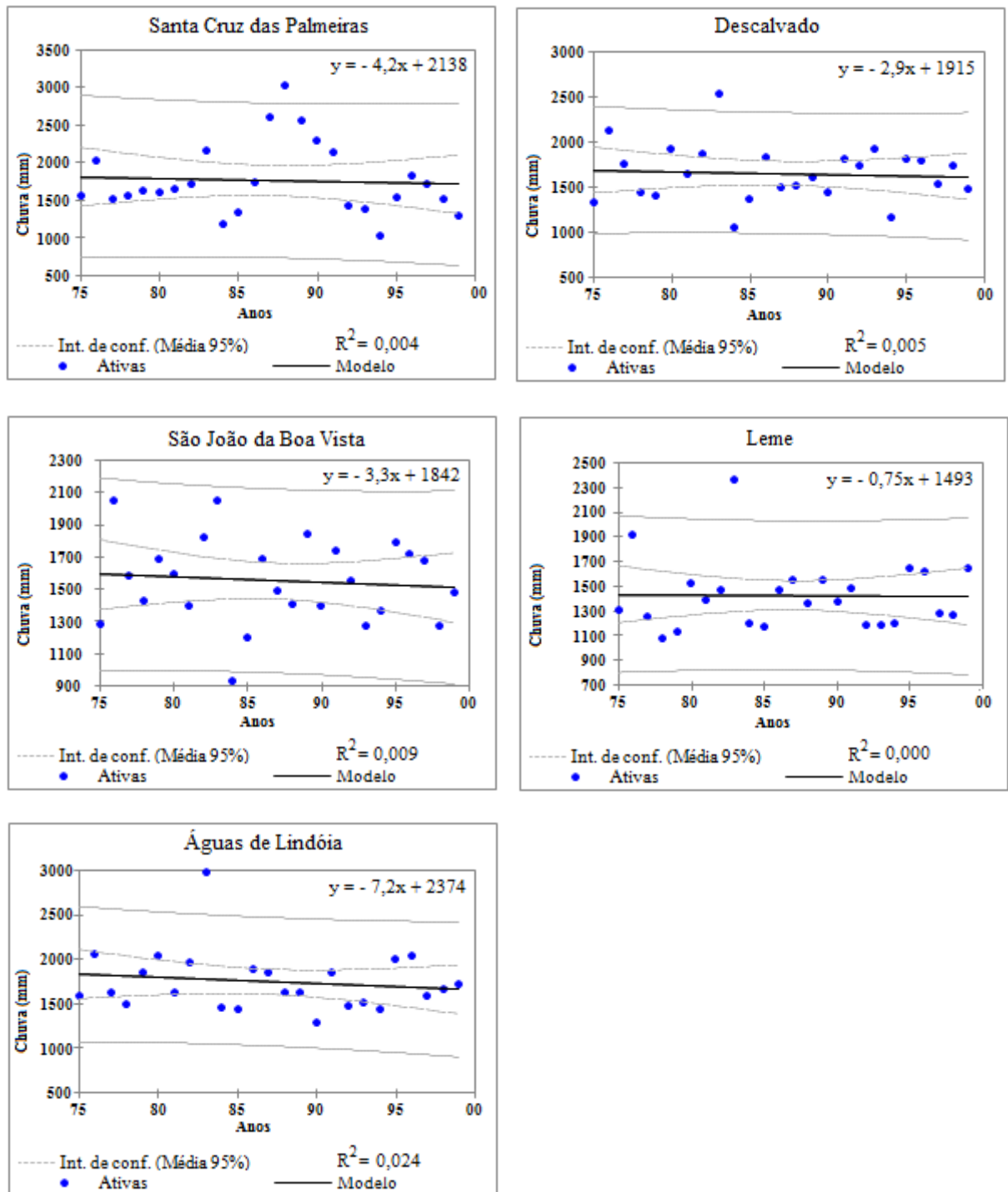


Figura 42 - Variação e tendência da pluviosidade anual para os sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu. (conclusão)



Fonte: Elaborado pela autora por meio do programa XLSTAT (XLSTAT, 2011)

Esses gráficos que envolvem a reta de tendência e os limites de confiança foram gerados por meio do software estatístico XLSTAT (XLSTAT, 2011), usando-se os dados de chuvas anuais que ocorreram na bacia do Rio Mogi Guaçu, no período de 1975 a 1999.

Aplicando os dados das chuvas anuais à equação da reta dos mínimos quadrados, determinamos o traçado completo da reta de regressão (ou reta de tendência). Esses valores encontrados são valores estimados, portanto, foram construídos os limites de confiança em torno dessa reta. Os de forma hiperbólica são mais indicados porque têm um efeito importante no cálculo de tendências quando os valores da variável independente representam o tempo (GERALDI; SILVA, 1981; ZAVATTINI; BOIN, 2013; SPIEGEL, 1977).

Analisando os dados dos sete postos pluviométricos selecionados da bacia do Rio Mogi Guaçu, com série de dados variando de 1975 a 1999, verificou-se que todos os postos apontam para uma tendência negativa (ou decrescente) das chuvas anuais, pois, as equações das retas apresentaram coeficientes angulares negativos.

Quanto aos índices pluviométricos os postos 30 (Leme), 10 (Guatapará), 16 (Santa Cruz das Palmeiras) e 37 (Águas de Lindóia) mantiveram-se entre 48% e 52% dentro dos limites de confiança da reta, enquanto os postos 20 (Descalvado), 1 (Pitangueiras) mantiveram 40% dos índices pluviométricos dentro dos limites de confiança da reta. A maior dispersão ocorreu no posto 21 (São João da Boa Vista), pois, somente 32% dos índices pluviométricos ficaram dentro dos limites de confiança da reta.

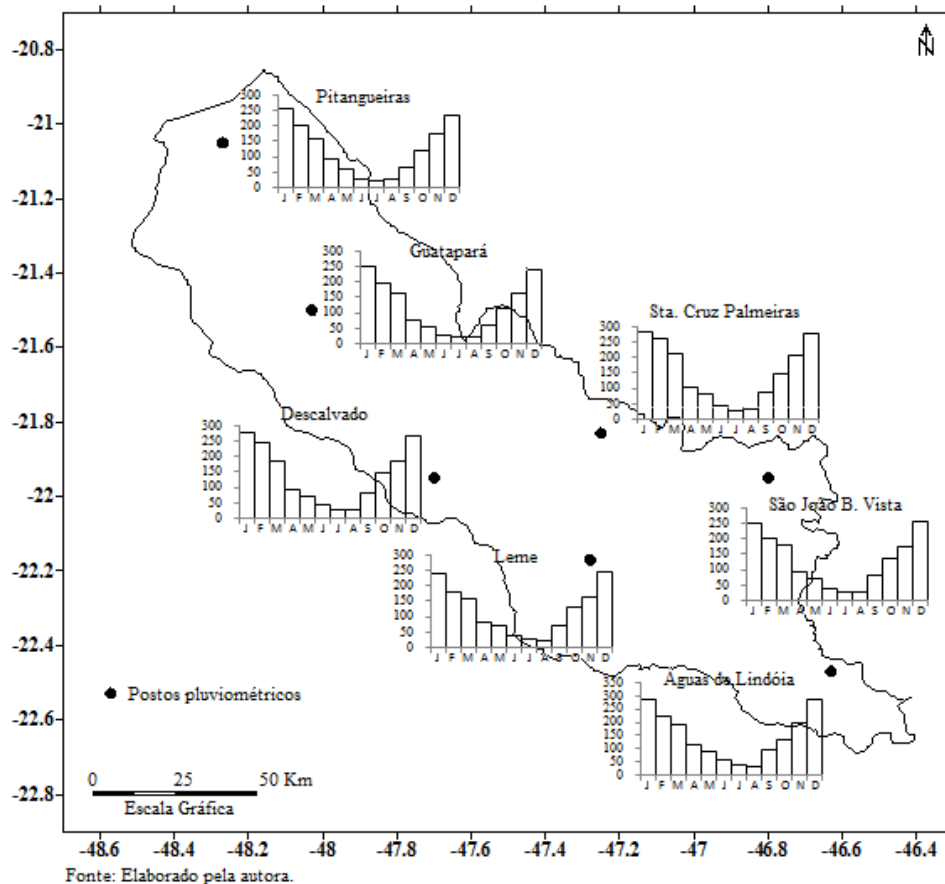
As regiões do setor noroeste da bacia (Pitangueiras e Guatapará) apresentam índices que variam de 1000 a 1600 mm, em 1983 os índices chegaram a atingir 2300 mm (em Pitangueiras), entre 1975 e 1984 a variação interanual da pluviosidade teve um comportamento uniforme, guardada as devidas proporções dos índices pluviométricos. No setor sudeste, centro-leste e oeste da bacia, os postos 37 (Águas de Lindóia), 16 (Santa Cruz das Palmeiras) e 20 (Descalvado) respectivamente, os índices pluviométricos são mais elevados, variando de 1000 a 2500 mm, em 1988 os índices chegaram a 3029 mm, em Santa Cruz da Conceição revelando uma variabilidade interanual das chuvas mais acentuada, no período entre 1987 e 1991. As regiões de Descalvado e Águas de Lindóia revelam uma variabilidade interanual pouco acentuada. Os postos 21 (São João da Boa Vista) e 30 (Leme) apresentam índices que variam de 1000 mm a 2000 mm, a região do posto 21 (Leme) apresentou pouca variabilidade interanual na distribuição da pluviosidade.

A região de São João da Boa Vista revelou uma variabilidade interanual superior em relação às demais regiões. Ao analisarmos o gráfico podemos observar que, ao longo de 25 anos, 17 deles extrapolaram os limites de confiança da reta: 9 anos, os limites mínimos (1975, 1981, 1984, 1985, 1988, 1990, 1993, 1994, 1998), e 8 anos, os limites máximos (1976, 1982, 1983, 1986, 1989, 1991, 1995, 1996).

5.9.2 Distribuição da Pluviosidade Média Mensal

A distribuição da precipitação média mensal, para os sete postos selecionados na bacia no período 1975/1999, confirmou os resultados já apresentados, ou seja, não existe uma distribuição diferenciada no decorrer do ano em relação aos períodos secos e chuvosos. Constatou-se que os meses que apresentaram menores valores pluviométricos foram os de julho e agosto, e os maiores foram janeiro e fevereiro. Quanto aos índices pluviométricos observou-se que o posto (Águas de Lindóia), localizado à montante apresentou os maiores índices pluviométricos, e os postos com os índices menos elevados situam-se no setor noroeste (Guataparí) e no centro-sul (Leme). A Figura 43 apresenta os histogramas da pluviosidade mensal.

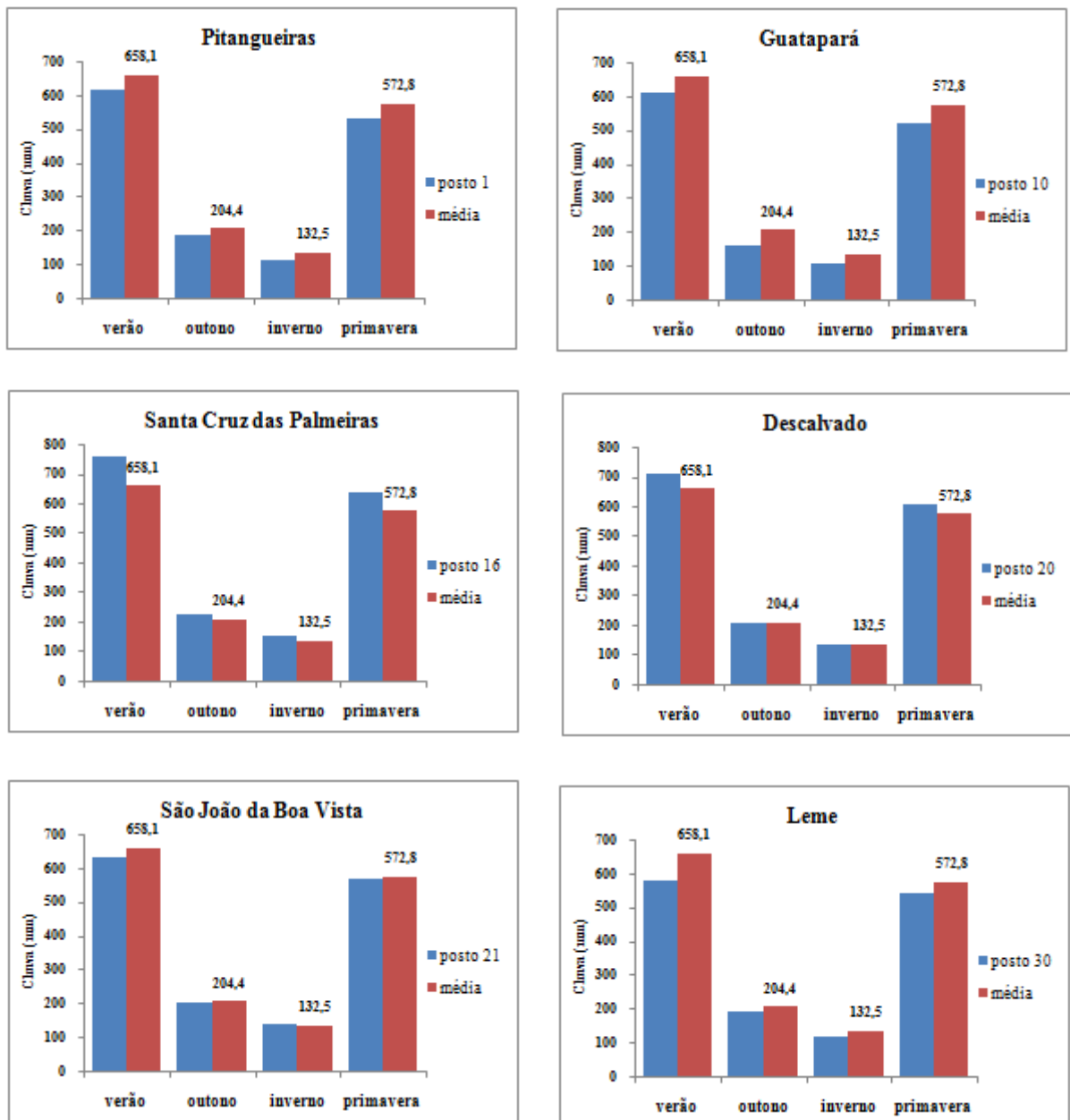
Figura 43 – Histograma da pluviosidade média mensal para os sete postos



5.9.3 Distribuição da Pluviosidade Média Sazonal

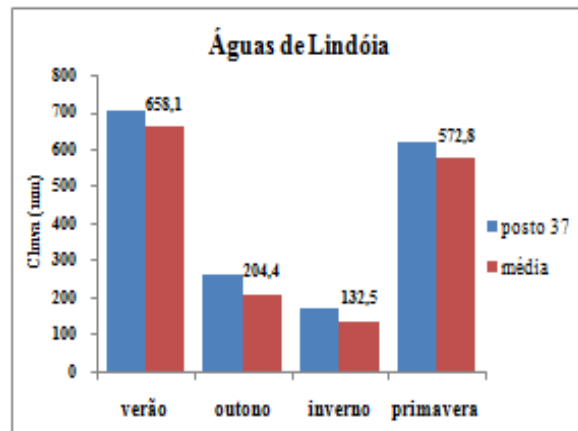
A Figura 44 apresenta os histogramas da média sazonal do período 1975 a 1999 para cada posto pluviométrico selecionado, e a média sazonal dos sete postos pluviométricos. Quando comparadas, observou-se que nos postos 16 (Santa Cruz das Palmeiras), 20 (Descalvado) e 37 (Águas de Lindóia), os índices sazonais são mais elevados, tal fato, não ocorreu com os outros postos, pois apresentaram índices menos elevados em relação à média.

Figura 44 - Distribuição da pluviosidade sazonal de cada posto e a média sazonal dos sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu – 1975 a 1999. (continua)



Fonte: Elaborado pela autora por meio planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

Figura 44 - Distribuição da pluviosidade sazonal de cada posto e a média sazonal dos sete postos pluviométricos da bacia do Rio Mogi Guaçu – 1975 a 1999. (conclusão)



Fonte: Elaborado pela autora por meio planilha eletrônica (EXCEL, 2010)

Analisando os histogramas da pluviosidade média sazonal de cada posto verificou-se que os valores da pluviosidade registradas no verão são ligeiramente superiores às da primavera.

A análise da pluviosidade pontual sazonal para os sete postos pluviométricos possibilitou a confirmação do comportamento da distribuição das chuvas sazonais na região da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, no período compreendido entre 1975 e 1999 refletiram uma mesma tendência, ou seja, é possível detectar que a área possui um regime pluvial bem definido, com concentração de chuvas nos trimestres janeiro/fevereiro/março e outubro/novembro/dezembro e que o início de estiagem começa em abril e agravam-se nos meses de junho, julho e agosto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término desta Pesquisa, de acordo com os resultados apresentados por meio do referencial teórico e das técnicas empregadas, ficou demonstrado, pela primeira vez, que a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu pode ser dividida em quatro grupos pluviometricamente homogêneos. Os postos pluviométricos 3 (região de Barrinha) e o 16 (região de Santa Cruz das Palmeiras) não se assemelham quanto às características climáticas dos municípios da bacia, pois se destacam com as maiores índices pluviométricos dessa bacia, indicando assim o seu potencial de contribuição para o escoamento superficial da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Em relação aos resultados obtidos pela análise de agrupamento hierárquico empregando o método de Ward, comprovou-se que é uma técnica eficaz para regionalização dos dados referentes à pluviosidade em uma bacia hidrográfica.

Verificou-se que a área possui um regime pluvial bem definido, com concentração de chuvas nos trimestres janeiro/fevereiro/março e outubro/novembro/dezembro e que o início de estiagem começa em abril e agravam-se nos meses de junho, julho e agosto. Notou-se que a distribuição das chuvas não é uniforme, no período estudado; observou-se, ainda, que as regiões dos grupos 1 e 2 (noroeste e centro-sul da bacia) recebem menores contribuições e que as chuvas tendem a aumentar na região dos postos situados no grupo 4 (sudeste da bacia): essas regiões apresentam altitudes mais elevadas e estão situadas nos contrafortes da Serra da Mantiqueira.

Analisando a região do posto 16 (centro-leste da bacia), com altitude menor que as apresentadas pelos postos da região do grupo 4, esta se distingue pelos elevados índices pluviométricos. O grupo 3, que representa a maior porção da área estudada, está localizado na porção central e sudeste da bacia; a pluviosidade anual é de 1500 mm, neste grupo homogêneo.

Os resultados mostraram que cerca de 70% a 80% das precipitações ocorreram no período chuvoso (primavera-verão) e 20% a 30%, no período seco (outono-inverno), embora a distribuição das precipitações, nas estações do ano verão, outono, inverno e primavera, no período entre 1975 a 1999, não tenha sido uniforme em toda a bacia.

A distribuição espacial da pluviosidade, ocorrida na bacia do Rio Mogi Guaçu, no período em estudo, para as escalas anuais e sazonais de análise, apresentou um padrão pluvial muito bem definido, com os índices mais elevados à montante (região sudeste): áreas com maiores altitudes, enquanto os menores índices foram observados à jusante (região noroeste), por estar numa área de baixas altitudes.

As isolinhas da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação para dados anuais explicam a distribuição espacial da precipitação pluviométrica na região estudada. Nota-se que os parâmetros estatísticos utilizados confirmam uma concentração da precipitação nas regiões sudeste, noroeste, centro-leste e oeste da bacia, mais precisamente próximo aos Municípios de Águas da Prata, Santa Cruz das Palmeiras, Descalvado e Barrinha.

Quanto à distribuição interanual, ocorreu variabilidade significativa em alguns anos. O que fica bem marcado é a ocorrência de máximos de precipitação, nos anos de 1976, 1982 e 1983 e de mínimos, nos anos de 1984 e 1994. Foram escolhidos, no período de 1975 a 1999, os anos de 1983, 1994 e 1995 como os mais representativos dos anos do tipo chuvoso, seco e habitual. Para os anos considerados padrão, os resultados mostram que 69% das precipitações pluviométricas ocorreram no período chuvoso, no ano de 1983 e 85% nos anos de 1994 e 1995. No período seco, 31% das chuvas ocorreram no ano de 1983 e 15% nos anos de 1994 e 1995.

Por meio deste trabalho foi possível caracterizar o regime hidrológico da região em estudo, sendo nela observado uma tendência, dentro do período 1975 a 1999, de aumento do volume das precipitações pluviométricas de dezembro a fevereiro (período chuvoso) e uma diminuição das precipitações no período seco (junho, julho e agosto), bem como nas estações do outono e da primavera.

Os resultados obtidos, com a análise dos sete postos pluviométricos, assim como dos quarenta postos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, ambos pesquisados em todos os períodos sazonais, refletiram uma mesma tendência. Importante ressaltar que, nos eventos extremos ocorridos, o comportamento das precipitações pluviométricas também apresentou características similares à do comportamento da pluviosidade da área de estudo, guardadas as devidas proporções de índices e amplitudes.

A distribuição espacial da pluviosidade, nas escalas anuais e sazonais, apresentou um padrão com os valores mais elevados à montante, devido ao efeito orográfico, enquanto os menores valores foram observados na jusante, por estar numa área de baixas altitudes.

Todo esse estudo, juntamente com a classificação climatológica, por meio da identificação dos quatro grupos pluviometricamente homogêneos obtidos no âmbito da bacia, é importante para a inclusão dos resultados dessa pesquisa no plano de gerenciamento dos recursos hídricos, que darão suporte a modelos hidrológicos distribuídos sobre a Bacia.

Conclusão

De acordo com os resultados pôde-se concluir que

A bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu foi dividida, quanto à precipitação, em quatro grupos homogêneos.

A análise de agrupamentos hierárquicos com o método de Ward comprovou-se uma técnica eficaz para a regionalização de dados pluviométricos.

A distribuição espacial da pluviosidade, ocorrida na bacia, no período em estudo, apresentou um padrão pluvial bem definido, com índices mais elevados à montante, região Sudeste com maiores altitudes. Enquanto os menores índices foram observados em áreas com baixas altitudes mais à jusante, região Noroeste da bacia.

Ocorreu variabilidade temporal significativa, é importante ressaltar a ocorrência de máximos de precipitação, nos anos de 1976, 1982 e 1983 e de mínimos nos anos de 1984 e 1994.

No período de 1975 a 1999, a análise apontou para três anos padrão: 1983, 1994, 1995, respectivamente, ano chuvoso, seco e habitual. Nos anos extremos (chuvoso e seco) ocorridos, o comportamento da pluviosidade também apresentou comportamento similar ao da área de estudo, guardada as devidas proporções de índices pluviométricos.

No período chuvoso (primavera-verão), ocorrem cerca de 70% a 80% do total das precipitações anuais, restando 20% a 30% no período seco (outono-inverno). Os máximos volumes precipitados ocorrem nos meses de dezembro a fevereiro, e os mínimos de junho a agosto.

Os resultados obtidos, para a análise dos sete postos selecionados, assim como para os quarenta postos, refletiram uma mesma tendência e uma forte variabilidade interanual das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

Trabalhos Futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, poderia ser realizada uma análise comparativa da variabilidade das chuvas, em um período complementar ao investigado, caso ocorra uma maior disponibilização dos dados da maioria dos postos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

Um estudo da correlação espacial entre precipitação pluviométrica e a altitude poderia ser realizado na região de estudo, caracterizada neste trabalho, utilizando-se a análise de agrupamentos, empregando o método hierárquico aglomerativo de Ward. Esta metodologia é uma ferramenta eficiente para a análise de fenômenos espacialmente correlacionados. Sendo adequada também para a questão do preenchimento de falhas nas séries temporais, pois, conhecimentos conjuntos de pluviosidade e características do relevo em cada grupo homogêneo, por meio da análise de agrupamentos, serão informações auxiliares e eficazes para suprir as inevitáveis faltas de dados contínuos.

Ainda segue como sugestão, a utilização dos métodos não paramétricos de Mann-Kendall na verificação de tendência das séries temporais das precipitações anuais dos grupos homogêneos disponíveis neste trabalho.

Finalmente, é proposta uma aplicação do método hierárquico de agrupamentos em regiões homogêneas numa análise para relacionar a ação da dinâmica pluvial sobre impactos no meio ambiente físico de toda a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: USP, 1974. 99 p.

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.23, n. 4, p. 501-509, 2008.

ARCGIS, versão 10.0, **Environmental System Research Institute**, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 350 p.

BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, ano 19, n.1, p.71-98, 2001.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2002, 5 ed., 526 p.

CBH-MOGI – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu: Relatório Zero**. São Paulo: CBH – MOGI, 1999. 240 p.

CBH-MOGI – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. **Relatório de Situação 2008 – 2011**. São Paulo: CBH – MOGI, 2008. 93 p.

EMÍDIO, Z. P. de O. **Impacto do balanço hídrico em diferentes tipos de solos: comparação entre dados de radar: pluviômetro e análise de tendência da chuva média em área agrícola**. 2008. 147 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2008.

EMÍDIO, Z. P. O; LANDIM, P. M. B. Análise de superfície de tendência aplicada à chuva, medida por radar meteorológico, nas regiões de Assis e Piracicaba, SP. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 439-449, 2008.

EXCEL, versão 14, **Microsoft Corporation**, 2010.

FÁVERO, P. L.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. **Análise dos Dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009, 5. ed., 645 p.

FECHINE, J. A. L.; GALVÍNCIO, J. D. Análise das precipitações mensais da bacia hidrográfica do Rio Brígida no semi-árido pernambucano, usando o método de Wards. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia-GO, v. 28, n. 2, p. 75-88, 2008.

FERNANDEZ, M. N. **Preenchimento de falhas em séries temporais**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007.

FERREIRA NETO, J. V. **Regiões climatologicamente homogêneas do Estado de Alagoas com base na análise espaço-temporal da pluviometria**. 2001. 215f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2001.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S.; CHAVES NETO, A. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. **RA E GA – O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, v.23, p. 555-572, 2011.

SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Homogeneização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Goiana – PE, com método de análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p. 14 -27. 2008.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. Hidrologia. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1988. 291p.

GERARDI, L. H. O.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981. 163 p.

GOMES, P. C. B et al. **Plano da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. São Carlos: Suprema: 2003. 300p.

HAIR, J. F.; TATHAM, R. L.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. **Análise Multivariada De Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005, 5. ed., 593 p.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Contagem_da_População_2007/ Acesso em: 20 jan. 2010.

JÁCOMO, C. A., **Modelos geoestatísticos espaço-tempo aplicados a dados pluviométricos no oeste do Estado de São Paulo**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2011.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. DE R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, abr. 2005.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003, 2. ed. , 253 p.

LANDIM, P. M. B. **Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro, SP: UNESP, 2010. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/MULTIVAR.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2012.

LANDIM, P.M.B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. Rio Claro: UNESP, 2002, 21p. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/Surfer.pdf>. Acesso em: 05 set. 2011.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística e Métodos Quantitativos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007, 2. ed., 476 p.

LATTIN, J. M.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455p.

MACHADO, J. P.; BLANK, D. M. P.; ZONTA, J. H.; JUSTINO, F. B. Comportamento da precipitação e da temperatura no Rio Grande do Sul baseado na análise de agrupamento. **Ciência e Natura**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 32, n.1, p. 49 – 63, 2010.

MARTIN, T. N.; NETO, D. D.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A. Homogeneidade espaço temporal e modelos de distribuição para a precipitação pluvial no estado de São Paulo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.5, p. 476-481, 2008.

MENARDI JÚNIOR, A. **Regime e ritmo das chuvas na bacia do Rio Piracicaba: variações e impactos**. 2000. 291f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade estadual Paulista, Rio Claro. 2000.

MIRANDA, E. E. de, (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 15 out. 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo geográfico em forma de atlas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1973. 129p.

MOSCHINI, L.E. **Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do médio Mogi-Guaçu superior**. 2008. 132f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

OLIVEIRA, J. N.; CHAUDRHY, F. H. Métodos geoestatísticos na determinação de isoietas a partir de dados pluviométricos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 11., 1995, Recife. Anais..., Recife: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995, p. 13-19. v. 1.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.11, p.1186–1192, 2010. Campina Grande, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n11/v14n11a08.pdf>>. Acesso em: 27 agos. 2011.

RAMOS, C. S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática. **Geografia**, Rio Claro, v. 25, n. 2, p.23-52, 2000.

ROMESBURG, H. C. **Cluster Analysis for Researchers**. North Caroline, Lulu Press, 2004. 330 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. 202 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, ano 16, n.1, p. 119-130, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Comitê PCJ. **Histórico do CBH – PCJ**. [20--?]. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/Paginas.php?CodPagina=2>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

SÃO PAULO (Estado). Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo. **Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo**. [20--?]. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?lig=podfp>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

SCHRÖDER, R. Distribuição e Curso Anual das Precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, Campinas, vol.15, n. 18, p. 193-249, 1956.

SILVA, C. A. **Variabilidade das chuvas na bacia do Rio Corumbataí e implicações no consumo e na qualidade das águas do município de Rio Claro (SP)**. 2001. 241 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2001.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1977. 579 p.

STORANI, D. L. **Geossistemas e fragilidade de terras na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu - SP**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 21, n. 153, p. 65-66, mar. 1926.

SURFER, versão 8, **Golden Software, Inc.**, 2002.

TAVARES, A. C. **Variabilidade e mudanças climáticas**. 2001. 228 f. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 943 p.

UNAL, Y.; KINDAP, T.; KARACA, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. **International Journal of Climatology**, Istanbul, v.23, p. 1045 – 1055, 2003.

VENKATESH, B.; JOSE, M. K. Identifications of homogeneous rainfall regimes in parts of Western Ghats region of Karnataka. **Journal Earth System Science**, Índia, n. 4, p. 321-329, 2007.

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

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**. Alexandria, v. 58, nº 301, p. 236-244, mar. 1963.

XLSTAT, versão 2011.4.02, **Copyright Addinsoft**, 2011.

ZANCOPE, M. H. C. **Análise morfodinâmica do rio Mogi Guaçu**. 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudos geográficos com vista à regionalização climática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 214p.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: Teoria e Prática De Pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013. 150 p.

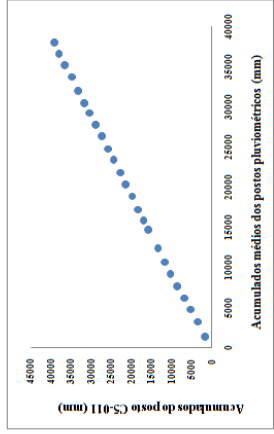
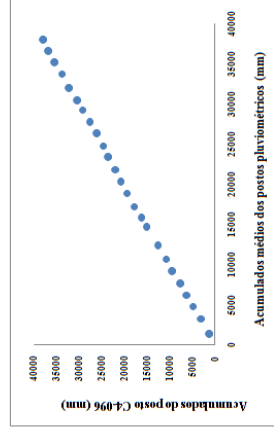
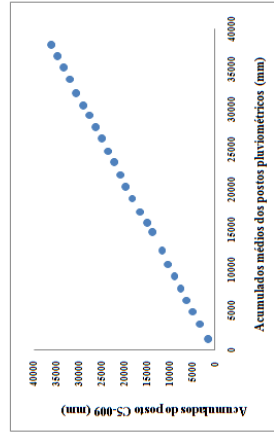
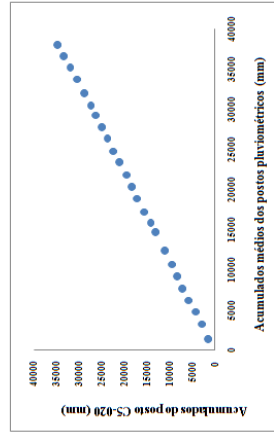
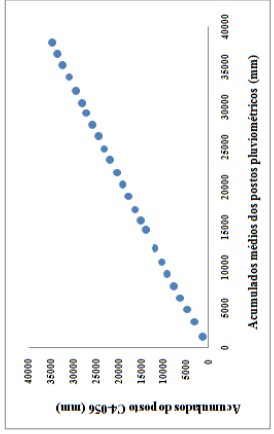
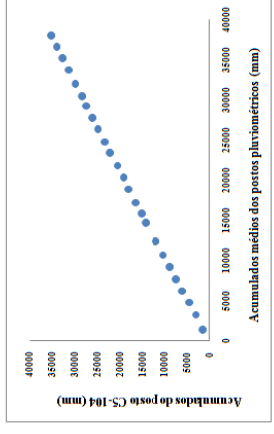
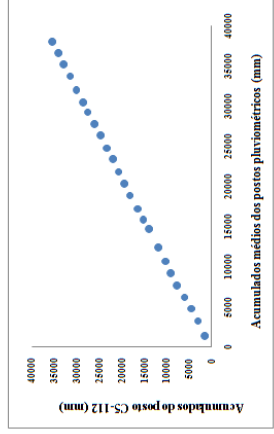
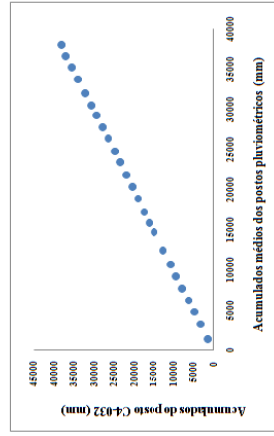
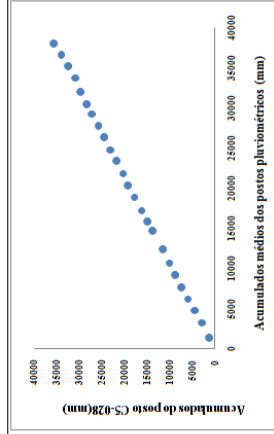
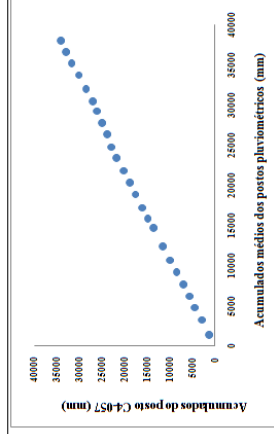
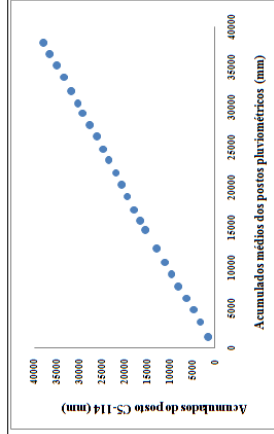
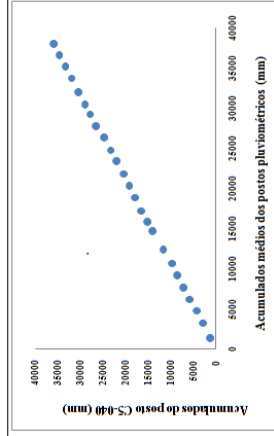
ZIBORDI, M. S. **Análise multivariada para gestão socioeconômica e ambiental da agropecuária na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu**. 2004. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ANEXOS

ANEXO A

Análise de Dupla Massa para os demais postos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

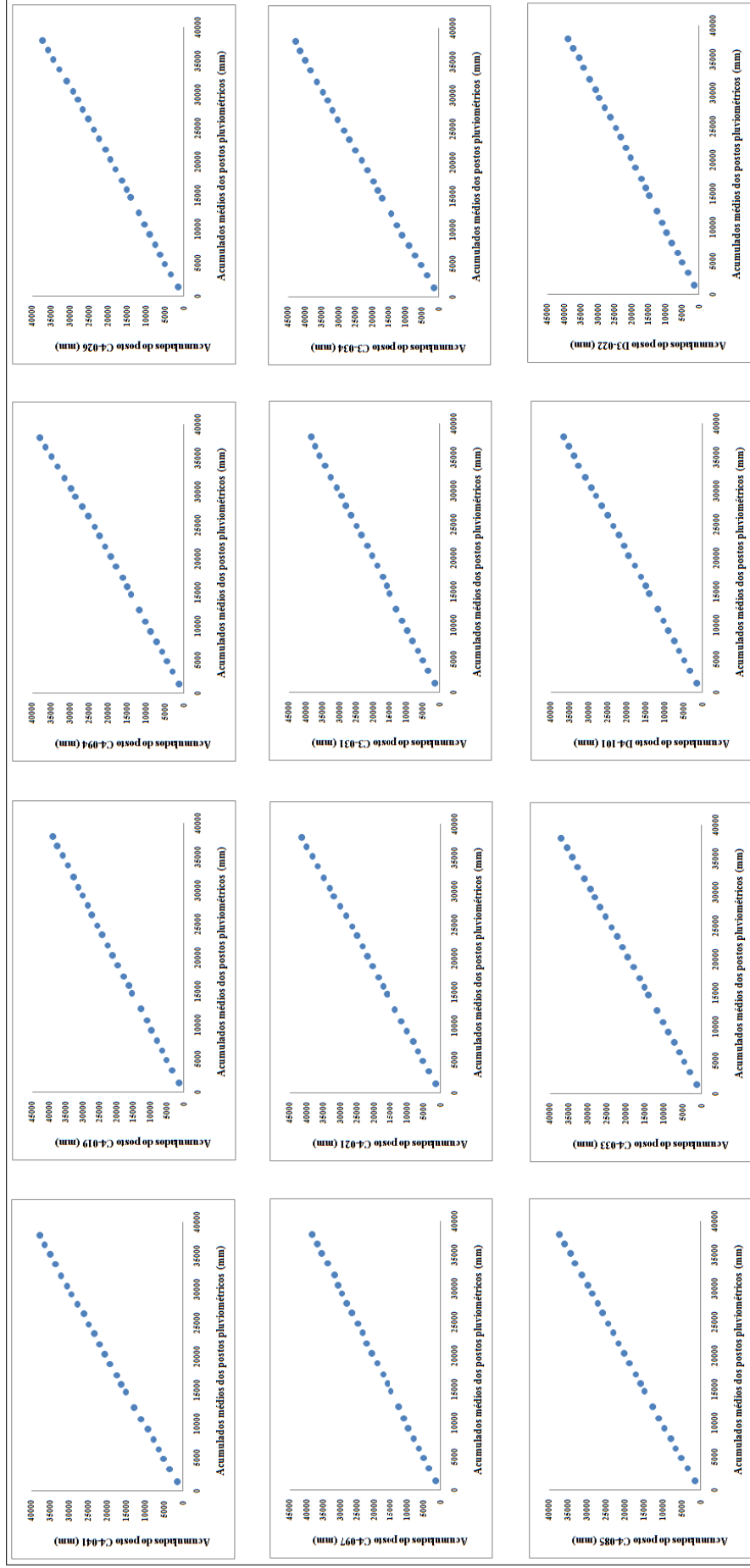
(continua)



Fonte: Elaboração pela autora.

Análise de Dupla Massa para os demais postos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

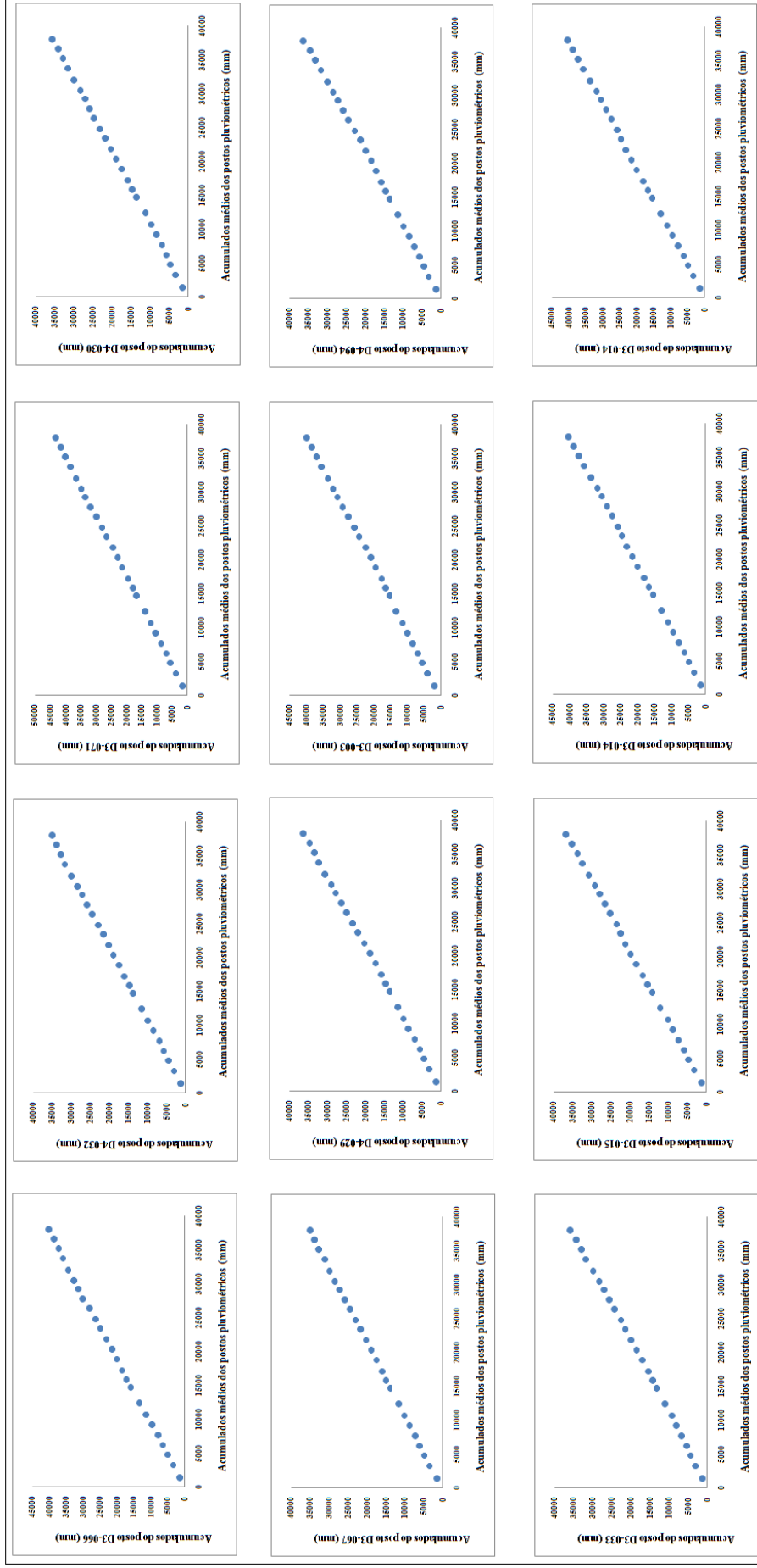
(continuação)



Fonte: Elaborado pela autora.

Análise de Dupla Massa para os demais postos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

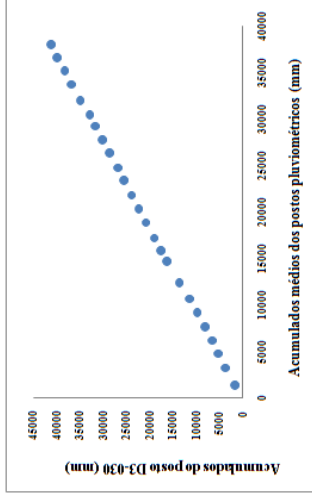
(continuação)



Fonte: Elaborado pela autora.

Análise de Dupla Massa para os demais postos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu

(conclusão)



Fonte: Elaborado pela autora.

Totais anuais de chuva de cada posto pluviométrico, com os respectivos valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação durante o período 1975-1999 na Bacia do Rio Mogi Guaçu. (conclusão)

	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	TOTAL	MÉDIA	D.P.(mm)	C.V.(%)
C4-085	1309,2	1252,6	1364,5	1429,6	1442,6	1175,7	1601,9	1309,6	1309,6	1253,7	1734,7	1276,3	1128,7	1178,2	1586,7	1280,2	1495,8	1481,7	53963,5	1349,1	138,4	10,3
	1951,1	1807,6	1886,7	1915,6	1965,5	1745,9	2203,9	1916	1960,4	1879,9	2070,6	1932,8	1842,8	1974,4	2039,3	1938,5	1972,5	2085,3	75727,6	1893,2	182,3	9,6
	1731,3	1497,5	1502,3	1656,6	1664,6	1398,7	1726,9	1260,7	1391,2	1334,7	1545,7	1303	1283,2	1427,9	1629,6	1536,9	1689,4	1604,7	61772,8	1544,3	139	9
	1517,7	1322,1	1329,3	1319,5	1439,8	1329,1	1398,2	1076,3	1198	1062,5	1330,7	1137,5	1059	1170,2	1495,3	1291,3	1361,5	1327	55892,9	1397,3	179,9	12,9
	1315,1	1330,4	1266,3	1762,9	1389,6	1103,6	1683,2	1137,4	1242,8	1330,8	1472,8	1298,8	1375,3	1488,5	1844,8	1637,3	1357,1	1396,2	58707,2	1467,7	193,3	13,2
	1702,1	1662,7	1554,5	1535,6	1880,2	1641,8	1783,7	1524,6	1437,5	1662,2	1582,5	1475	1292,3	1423,8	2041,2	1738,5	1565,9	1757,8	63342,5	1583,6	185,2	11,7
	1469,7	1360	1269,9	1274,3	1685,3	1394,7	1586	1386,9	1353,8	1308,9	1422,6	1399	1171	1342,6	1632,3	1485,8	1517,7	1621,9	56521,5	1413	150,1	10,6
	1534,9	1549,2	1454	1671	1945,2	1709,1	1938,6	1477	1583,4	1401,6	1884	1534,2	1906,4	2009	1972,5	1883,6	1805,4	2246,4	68657	1716,4	200	11,7
	2237,9	2208,5	2272,3	2254,1	2612,8	2162,8	2677	2357,5	2329,6	2394,1	2163,6	2204,8	2126,3	2069,4	2976,7	2520	2710,3	2606,9	94117,5	2352,9	222	9,4
	977,1	1045,3	974,2	1061	1226,7	1020,7	1222,8	1200,2	1177,7	1090,6	1336,3	1101	1015,4	1317,9	1454,3	1286	1366,8	1342,1	45664,6	1141,6	131,1	11,5
	1312,9	1212,8	1278,3	1237,5	1313,7	1326,8	1568,8	1173,2	1069,4	1199,6	1119,4	1143,1	1218	1191	1433,6	1346,7	1735,5	1477,8	53445,1	1336,1	155	11,6
	1682,9	1696,2	1587	1792,2	1537,6	1402,9	1950	1473,4	1383,7	1443,2	1775,4	1426,4	1528,8	1631,6	1900	1965	1935,5	1753,6	66819,6	1670,5	211,6	12,7
	1448,2	1501,6	1640,6	1376,8	1415,4	1423,8	1479,2	1555,4	1410,8	1413,6	1456,5	1262,2	1543,5	1535	1830,1	1588,8	1660,7	1603,3	59278,5	1482	244,6	16,5
	1449,6	1466,6	1256	1468,6	1666,4	1345,5	1537,3	1365,7	1348	1543,6	1547,1	1484,4	1526,8	1345,4	1627,6	1655,7	1579,4	1558,3	58823,4	1470,6	306	20,8
	1354,6	1392,6	1386	1467,7	1800,4	1326,9	2092,1	1550,9	1523,3	1635,4	1861	1427,7	1452,3	1326,3	1624,9	1403,1	1595,1	1695,4	63799,1	1595	248,8	15,6
	1384,6	1371,3	1420,1	1431,4	1396,7	1397,7	1418,1	1380,5	1248,7	1482,9	1423,2	1404,4	1110,7	1004,3	1285,3	1252,7	1285,2	1171,3	54287,9	1357,2	197,1	14,5
	1521,7	1626,2	1501,5	1689,2	1729,1	1554,7	1832,2	1491,7	1406,7	1554,3	1820,7	1743,5	1794,6	1735,5	1857,3	1575,8	1557,1	1767,6	63570,2	1589,3	208,4	13,1
	1232,1	1424,5	1594,5	1662,6	2062	1303,4	2022,4	1191,2	1399,8	1352,2	1702,9	1311,6	1311,4	1290,3	1475,9	1546,8	1407,5	1578,2	58869,7	1471,7	205,2	13,9
	1465,4	1429	1470,3	1614,8	1368,1	1254,7	1640	1188,9	1477,6	1450,5	1522,8	1477,6	1413,9	1421,2	1523,5	1577,8	1291,6	1568,5	58253,1	1456,3	158,4	10,9
	1168,2	1148,9	1202,3	1148,3	1283,3	1202,7	1334,2	1201,4	1158,7	1174	1238,8	1188,8	1188,5	1194,6	1433,8	1265,7	1118,2	1225,7	47193,5	1179,8	124	10,5
	1584,1	1596	1700,1	1667,2	1619,3	1691,8	1739,9	1643,8	1372,1	1668,3	1564,6	1501,7	1619,1	1580,5	1999,8	1893,3	1529,3	2005,6	63902,7	1597,6	171,9	10,8
	1815,6	1814,5	1735,7	1824,5	1579,9	1664,3	1777,3	1627,5	1301,2	1619,7	1934,1	1703,2	1916,2	1766,3	2039,6	2080,4	1439,8	1929,5	67319,1	1683	218	13
	1253,8	1378,6	1124,7	1552,6	1287,8	1076,6	1642,4	1284,7	1536,2	1175,3	1416,4	1340,8	1233,4	1231	1595,2	1509,3	1299,8	1461,8	58472,1	1461,8	174,4	11,9
	1529	1348	1411,7	1697	1361,8	1052,8	1586,5	1274,6	1200,3	1233,4	1500,7	1438,8	1337,7	1425,2	1659,2	1465,8	1534	1667,5	56516,6	1412,9	158,8	11,2
	1449,9	1621,5	1438,4	1648	1629	1227,2	1672,2	1642,9	1183,1	1712,2	1529,5	1907,2	1640,2	1671,3	1714,6	1645,1	1393,9	1334,7	58170,9	1454,3	192,8	13,3
	37398,7	37064,2	38958,6	40295,8	34933,9	43114,8	35690	33005,6	36377,2	39956,6	36443,7	36035,5	36769,4	43711,1	40450,1	39205	41206,4	TOTAL				
	1495,9	1482,6	1464,8	1558,3	1611,8	1397,4	1724,6	1427,6	1400,2	1455,1	1598,3	1457,7	1441,4	1470,8	1748,4	1618	1568,2	1648,3	MÉDIA			
	262,3	243,8	262,5	262,4	312,6	263	307,6	279	263,8	285,8	256	267,7	298,5	279,5	338,4	301,8	313,1	330,3	D.P.(mm)			
	17,5	16,4	17,9	16,8	19,4	18,8	17,8	19,5	18,8	19,6	16	18,4	20,7	19	19,4	18,7	20	20	C.V.(%)			
	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1	1523,1			

ANEXO C

Valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da precipitação anual dos postos pluviométricos de cada grupo homogêneo.

Grupos	Postos pluviométricos	Altitude	Precipitação anual média (mm)	Desvio padrão (mm)	Coeficiente de Variação (%)
1	2	520	1517.5	270.1	17.8
1	1	520	1437.3	267.4	18.6
1	11	610	1451.1	225.4	15.5
1	10	500	1396.0	220.0	15.8
1	5	550	1432.0	268.3	18.7
1	7	570	1420.7	244.4	17.2
1	4	590	1367.3	253.1	18.5
1	8	540	1406.7	246.2	17.5
1	9	580	1393.7	262.6	18.8
1	31	670	1400.2	263.8	18.8
2	35	630	1441.4	298.5	20.7
2	36	660	1470.8	279.5	19.0
2	34	580	1457.7	267.7	18.4
2	30	600	1427.6	279.0	19.5
2	32	660	1455.1	285.8	19.6
2	28	620	1397.4	263.0	18.8
2	18	700	1495.9	277.6	18.6
2	24	670	1482.6	243.8	16.4
2	23	640	1495.9	262.3	17.5
2	25	580	1464.8	262.5	17.9
3	14	700	1511.9	264.1	17.5
3	39	940	1568.2	313.1	20.0
3	21	740	1539.6	273.7	17.8
3	15	620	1560.1	321.9	20.6
3	13	700	1565.6	269.1	17.2
3	12	670	1518.6	295.2	19.4
3	6	720	1527.7	256.8	16.8
3	19	610	1530.3	307.4	20.1
3	33	680	1598.3	256.0	16.0
3	17	580	1516.8	249.2	16.4
3	26	660	1558.3	262.4	16.8
4	27	810	1611.8	312.6	19.4
4	29	900	1724.6	307.6	17.8
4	38	680	1618.0	301.8	18.7
4	40	740	1648.3	330.3	20.0
4	20	840	1656.8	310.9	18.8
4	37	1040	1748.4	338.4	19.4
4	22	940	1712.9	322.1	18.8
Anômalo	16	610	1768.8	476.2	26.9
Anômalo	3	490	1626.6	353.6	21.7