

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.**

Felipe Facchin Junqueira de Rezende

São Paulo.

2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.**

Felipe Facchin Junqueira de Rezende.

Trabalho de Graduação Individual apresentado ao
Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de bacharel em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani.

São Paulo.

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Rezende, Felipe Facchin Junqueira de

Análise das precipitações e disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Monografia (Bacharel em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Climatologia. 2. Estiagem. 3. Crise de abastecimento hídrico. I. Título. II. Galvani, Emerson.

Folha de aprovação

Felipe Facchin Junqueira de Rezende

ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.

Trabalho de Graduação Individual apresentado ao
Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de bacharel em
Geografia.

Aprovado em ____/____/_____.

Banca examinadora

Prof. Dr. Emerson Galvani (Orientador)

Instituição: Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Bueno Conti

Instituição: Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

MsC. Márcio Greyck Guimarães Correa

Instituição: Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

RESUMO

O ano de 2014 apresentou uma acentuada estiagem no sudeste brasileiro, quando importantes represas atingiram um nível crítico de reserva de água, apesar de o Governo Paulista afirmar o controle do abastecimento hídrico do estado, diversas regiões sofreram corte no abastecimento doméstico de água. Nos principais noticiários do país e nas declarações oficiais atribuía-se os alarmantes níveis dos reservatórios ao “imprevisível” período de estiagem. O presente trabalho tem como objetivo mostrar, através dos dados pluviométricos coletados na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí ao longo de 41 anos, que tanto um período de estiagem deveria ser previsto, já que as variações dos totais pluviométricos anuais são historicamente normais, como diversas ações preventivas de gestão do espaço em questão deveriam ser implantadas muito antes do surgimento de qualquer possibilidade de problemas no abastecimento hídrico. Com a análise conjunta dos dados pluviométricos, eventos climatológicos, relevo, vegetação, uso do solo e políticas públicas; e da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de diversas publicações sobre o assunto, é exposta uma gama de possibilidades de ações para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos em locais como os que foram aqui abordados. Obteve-se, além do histórico que mostra a variabilidade do total anual das chuvas, os padrões da distribuição espacial das chuvas e as consequências de uma gestão do espaço destinada à produção de lucro, seja pela priorização da agropecuária no uso do solo, em detrimento da vegetação natural, ou pela falta de investimentos na captação e distribuição da água da área de estudo. Também são expostas as relações do relevo e das condicionantes climáticas com os totais pluviométricos.

Palavras-chaves: Climatologia, estiagem, crise hídrica, recursos naturais.

ANALYSIS OF THE PRECIPITATION AND HYDRICAL AVAILABILITY OF THE HYDROGRAPHIC BACIES OF THE RIVERS PIRACICABA, CAPIVARI AND JUNDIAÍ.

ABSTRACT

The year of 2014 presented a significant drought in the southeast of Brazil, when important dams reached a critical level of water reserve. In spite of the claims by the government of the state of São Paulo stating that the water supplies were under control, several areas suffered cuts in domestic water supply. The country's mainstream media and official declarations imputed the alarming levels of the reservoirs to the "unpredictable" period of drought. The present work has the objective of showing, through pluviometric data collected on the hydrographic basin of the rivers Piracicaba, Capivari and Jundiaí throughout 41 years, that not only a period of drought should have been predicted, since the variations of annual rainfall totals are historically normal, but also that several preventive management acts regarding the referred area should have been implemented long before the appearance of any possibility of water supply problems. Through the joined analysis of pluviometric data, climatological events, terrain, vegetation, use of soil and public policies, and using the System of Geographic Information (SIG) as well as several publications on the subject, a range of possibilities of actions for a more sustainable management of the water resources in areas such as the ones here mentioned is presented. Besides the history that shows the variability of the total annual rain, also the patterns of its spatial distribution was obtained, as well as the consequences of a spatial management designed for production of profit caused by the prioritization of farming in the use of the soil in detriment of the natural vegetation or the lack of investments in the collection and distribution of water in the referred area. The relation of the terrain and climatic conditioning to rainfall indexes is also exposed.

Keywords: Climatology, drought, water crisis, natural resources.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1-INTRODUÇÃO | 9 |
| 2-ÁREA DE ESTUDO | 12 |
| 3-OBJETIVO | 17 |
| 4-METODOLOGIA | 18 |
| 5-RESULTADOS OBTIDOS | 23 |
| 5.1-DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL | 23 |
| 5.2-DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL | 27 |
| 5.3-DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM RELAÇÃO AO RELEVO | 35 |
| 6-DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES | 38 |
| 7-REFERÊNCIAS BOBLOGRÁFICAS | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo | 13 |
| FIGURA 2: Mapa hipsométrico | 15 |
| FIGURA 3: Mapa de uso do solo e vegetação | 16 |
| FIGURA 4: Mapa de produção agrícola | 17 |
| FIGURA 5: Mapa de localização das estações pluviométricas e área de abrangência dos pluviômetros | 21 |
| FIGURA 6: Gráfico das precipitações médias mensais da série histórica (1976 a 2014) | 24 |
| FIGURA 7: Média do total anual de chuvas para a série histórica e área estudados | 25 |
| FIGURA 8: Gráfico das precipitações médias mensais de 1983 | 26 |
| FIGURA 9: Gráfico das precipitações médias mensais de 2014 | 26 |
| FIGURA 10: Gráfico das precipitações médias mensais de 1998 | 27 |
| FIGURA 11: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014) | 28 |
| FIGURA 12: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014) - período mais chuvoso | 28 |
| FIGURA 13: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014) - período menos chuvoso | 29 |
| FIGURA 14: Mapa da média pluviométrica de 1998 | 30 |
| FIGURA 15: Mapa da média pluviométrica de 1998 – período mais chuvoso | 30 |
| FIGURA 16: Mapa da média pluviométrica de 1998 – período menos chuvoso | 31 |
| FIGURA 17: Mapa da média pluviométrica de 1983 | 32 |
| FIGURA 18: Mapa da média pluviométrica de 1983 – período mais chuvoso | 32 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 19: Mapa da média pluviométrica de 1983 – período menos chuvoso | 33 |
| FIGURA 20: Mapa da média pluviométrica de 2014 | 34 |
| FIGURA 21: Mapa da média pluviométrica de 2014 – período mais chuvoso | 34 |
| FIGURA 22: Mapa da média pluviométrica de 2014 – período menos chuvoso | 35 |
| FIGURA 23: Mapa do relevo associado às isoietas com as secções de perfil estudadas | 36 |
| FIGURA 24: Gráfico das precipitações médias anuais da série histórica (1976 a 2014) e do relevo no perfil A-A' | 37 |
| FIGURA 25: Gráfico das precipitações médias anuais da série histórica (1976 a 2014) e do relevo no perfil B-B' | 37 |

1-INTRODUÇÃO

Sendo a Geografia a ciência intermediadora de importantes seguimentos do pensamento, transitando por diferentes áreas das ciências naturais e humanas, o presente trabalho procura, através dela, analisar fenômenos naturais que apresentam consequências diretas para a vida humana.

Toma-se como base a Climatologia, disciplina da Geografia de relevante responsabilidade no entendimento da gênese do meio ambiente, sendo a principal fonte de conhecimentos sobre a origem e desenvolvimento do relevo, hidrografia e biodiversidade, para a análise da disponibilidade de recursos hídricos.

Como ressaltam Barros e Zavattini (2009) e Conti (2001), a Climatologia, apesar de ter suas bases na Meteorologia, diferencia-se desta por seu enfoque ao estudo da atmosfera, no qual envolve, além das interações geográficas, ou seja, com os elementos que compõem a superfície terrestre, o estudo do clima (tendências de longa duração, mais permanentes e mais gerais), em detrimento do tempo, onde a Meteorologia irá buscar registros e medições de fenômenos mais efêmeros da atmosfera. Os autores apontam ainda para uma subdivisão da Climatologia, assim como ocorre na Meteorologia, de modo que se tem a Climatologia Separativa, que considera os diferentes fenômenos da atmosfera de forma isolada, e a Climatologia Dinâmica, onde a atmosfera é analisada de forma geral, sintética e com seus elementos vistos em seus contextos. Concluem, porém, que ambas se complementam, visto que as análises quantitativas, o entendimento da interação do todo e a análise dos componentes atmosféricos (cíclicos) de maneira mais específica, irão somar para o enriquecimento científico da pesquisa. Desse modo, entende-se a Climatologia Geográfica com uma abrangência de enfoques, como melhor sintetiza Conti (2001):

“A Climatologia, como parte integrante da Geografia, concentra suas atenções na superfície do planeta, onde se dá a conexão dos processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos e biológicos e onde o homem, vivendo em sociedade, produz e organiza seu espaço.”

A água é um recurso natural essencial e sua disponibilidade é estratégica para cada indivíduo e grupo social. A chuva é o principal fator atmosférico responsável pela disponibilidade de água, logo a análise das precipitações busca a compreensão de sua evolução no tempo e no espaço, tomando essa sua variabilidade de tempo e espaço como objeto de estudo através do qual devem ser comparados os dados obtidos, pois conforme aponta Ribeiro (1993), o clima apresenta uma unidade em sua extensão e duração de acordo com a integração de seus fenômenos no tempo e no espaço. Há uma relação direta entre a manutenção social e a disponibilidade climática, conforme afirmam Nunes e Lombardo (1995, p. 26) “as sociedades e os recursos tecnológicos estão relativamente adaptados a um nível de variabilidade climática, além do qual as anomalias podem provocar profunda desestruturação no sistema ambiental e socioeconômico”.

Cabe à Climatologia a utilização de dados pluviométricos que disponibilizam uma das principais fontes de dados climatológicos de uma determinada área. A partir da obtenção desses dados pode ser inferida a causa das variações pluviométricas, comuns ou anômalas, ao longo de um determinado tempo. A influência de sistemas climáticos globais, assim como a latitude, continentalidade, altitude, declividade e cobertura do local são atributos a serem levados em consideração de acordo com o resultado de um conjunto de dados pluviométricos. São fontes para um entendimento mais amplo sobre o assunto, não só o estudo dos fenômenos climáticos que disponibilizam os recursos hídricos, como também o estudo da utilização de tais recursos. Tanto a pluralidade da Geografia quanto a relação dos fenômenos naturais e sociais são assinalados por Conti (2001), que diz que:

“as relações entre a sociedade e o clima se estabelecem segundo um processo dialético: os processos atmosféricos globais organizam espaços climáticos a partir de escalas superiores em relação às inferiores, ao passo que a ação da sociedade evolui no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores”.

Tendo em vista a atual crise de abastecimento hídrico pela qual passam algumas regiões do País, em especial a crise que atinge a principal metrópole brasileira, torna-se imprescindível um estudo que aponte causas, soluções e

prevenções para tal questão. Uma análise em mesoescala relacionada a fenômenos de macroescala, segundo a classificação de Monteiro (1976), possibilita um melhor entendimento do fenômeno climático como um todo, pois como ressalta ainda Parker e Folland (1988), as variações climáticas resultam de complexos mecanismos de troca entre a biosfera, o oceano, a atmosfera e a superfície, com influência de outros agentes como as erupções vulcânicas e a poluição. Utilizando a Climatologia para a análise da variabilidade pluviométrica nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, busca-se aqui um maior entendimento das causas e soluções em relação à crise de abastecimento hídrico na qual o estado de São Paulo passa, sendo esta uma bacia relevante para o estudo do abastecimento hídrico paulista.

Segundo um levantamento das notícias relacionadas à crise de abastecimento hídrico nos principais jornais do país, feito pelo Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS) e o Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procам-IEE/USP), 72% das notícias citam a estiagem como principal causa para a crise de abastecimento hídrico, 21% citam problemas como a má gestão ou falta de planejamento, 9% citam alterações climáticas, 8% citam o desperdício ou perda de água e 7% citam a falta de investimentos (em alguns casos são citados mais de um motivo). Em relação às soluções apontadas pela imprensa, quase metade referem-se a soluções de curto prazo e imediatistas, como a transposição e integração de sistemas, redução do consumo e de desperdício e uso do volume morto. Outro estudo feito por Rodrigues e Villela (2016, p. 403) mostra que apenas 18,8% de 341 matérias jornalísticas analisadas tratavam das causas da crise de abastecimento hídrico, de onde se conclui que existem lacunas de informações ligadas à “gestão governamental e suas atribuições de planejamento preventivo e de longo prazo” e que há medidas que são emergências há mais de 20 anos, ressalta ainda a contribuição científica possibilitada através da análise geográfica. A tratativa múltipla e difusa, para um assunto tão atual e relevante, expõe a necessidade de estudos que esclareçam as origens e as consequências do problema, no sentido de orientar nas decisões de utilização dos recursos hídricos.

Tendo relação direta com a crise de abastecimento hídrico, a bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) abastece diretamente os 72

municípios inseridos em sua área com mais 5.200.000 habitantes, além de cerca de 9.000.000 de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) através do Sistema Cantareira, ou seja, a PCJ abastece parte da região mais populosa, industrializada e importante produtora agrícola do país. O Sistema Cantareira consiste na captação de 33 m³/s de água (31 m³/s provenientes da PCJ e 2 m³/s do rio Juqueri, pertencente à bacia do Alto Tietê) que após o devido tratamento é distribuída (vendida) para a RMSP (Custódio, 2015). Quase 42% da água utilizada na RMSP é proveniente da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

2-ÁREA DE ESTUDO

Localizada ao leste do Estado de São Paulo, as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí são classificadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) como Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5) em São Paulo e Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) PJ 01. Seus recursos hídricos são gerenciados pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH PCJ), criado em 18 de novembro de 1993 em atendimento à Lei Estadual nº 7.663/91. Com uma área de 15.303,67 km² (13.918,71 km² pertencentes à UGRHI 5), onde 12.568,72 km² correspondem à Bacia do Rio Piracicaba, 1.620,92 km² à Bacia do Rio Capivari e 1.114,03 km² à Bacia do Rio Jundiaí, a PCJ abrange 72 municípios, sendo 69 na UGRHI 5 (CBHPCJ, 2013).

Para a elaboração desse trabalho foi escolhido como objeto direto de estudo a UGRHI 5, correspondente a 92,6% da PCJ. Os dados da UGRHI 5 mostraram-se mais adequados à elaboração da pesquisa, uma vez que dispunham das medições pluviométricas geridas pelo DAEE e sua área corresponde à gestão estadual que é o foco das questões levantadas referentes à crise de abastecimento hídrico. Sendo assim, os 7,4% das bacias hidrográficas do PCJ, correspondentes às nascentes dos rios Camanducaia e Jaguari que são dois dos afluentes do rio Piracicaba, foram deixados de

fora no que se refere ao levantamento de dados, sendo, no entanto, considerados de grande importância para a disponibilidade hídrica da área de estudo. Também a distinta realidade da parte mineira da PCJ é confrontada com a realidade da área estudada (Capítulo 6 - Discussões e Considerações). A localização da UGRHI 5 é mostrada na Figura 1.

Os municípios completamente inseridos na UGRHI 5 são: Águas de São Pedro, Americana, Anhembi, Anhembi, Arthur Nogueira, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Campinas, Campo Limpo Paulista, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Cosmópolis, Dois Córregos, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Ipeúna, Iracemápolis, Itatiba, Itirapina, Itupeva, Jaguariúna, Jarinu, Joanópolis, Jundiaí, Louveira, Mairiporã, Mineiros do Tietê, Moji Mirim, Mombuca, Monte Alegre do Sul, Monte Mor, Morungaba, Nova Odessa, Paulínea, Pedra Bela, Pedreira, Pinhalzinho, Piracaia, Rio das Pedras, Santa Bárbara D'oeste, Santa Gertrudes, Santa Maria da Serra, Santo Antônio de Posse, Serra Negra, Socorro, Sumaré, Tietê, Torrinha, Tuiuti, Valinhos, Vargem, Várzea Paulista, Vinhedo. Os municípios parcialmente inseridos na UGRHI 5 são: Amparo, Analândia, Botucatu, Corumbataí, Elias Fausto, Indaiatuba, Limeira, Nazaré Paulista, Piracicaba, Rafard, Rio Claro, Saltinho, Salto, São Pedro.



Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003.

A região tem seu processo de ocupação, de acordo com a produção do espaço brasileiro e paulista, a partir do século XVIII, a princípio com atividades de subsistência, mineração e apoio aos bandeirantes, consolidando depois a produção de cana-de-açúcar (ainda no século XVIII) e café (século XVIII e XIX). Tornou-se economicamente importante com a desconcentração industrial da Região Metropolitana de São Paulo, a gama rodoviária criada ainda no século XIX tornou a região atrativa para empresas que desejavam sair da metrópole. Com a industrialização crescendo e a agricultura voltada para a produção de álcool, devido a incentivos governamentais de troca da matriz energética, a região se tornou um dos polos agroindustriais mais importantes do estado (CBHPCJ, 2013).

Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo publicado pelo IPT (1981), a UGRHI 5 encontra-se na Bacia Sedimentar do Paraná e é formada por rochas metamórficas e rochas graníticas do embasamento cristalino, rochas sedimentares mesozoicas e paleozoicas, intrusões basálticas e coberturas sedimentares Cenozóicas.

Os solos estão classificados, segundo o Mapa Exploratório de Solos do Projeto RADAMBRASIL de 1983 (folhas SF 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória, escala 1:1.000.000) da Secretaria Geral, Ministério de Minas e Energia e a Carta de Solos do Estado de São Paulo do Ministério da Agricultura de 1960 (escala 1:500.000), em Latossolo Vermelho-Escuro (bom para o desenvolvimento de raízes, baixa fertilidade, relevo bom para mecanização, necessita de adubação e calagem); Latossolo Roxo (bom para o desenvolvimento de raízes, relevo bom para mecanização, necessita de adubação e calagem); Latossolo Vermelho-Amarelo (pouco nutritivo pela baixa presença de minerais primários, dificuldade de mecanização); Pedzólico Vermelho-Amarelo (fértil com grande variação das características físicas); Cambissolos (não agricultáveis pelo relevo íngreme e pela presença de alumínio); Areias Quartzosas Distróficas (Pouco férteis, pequena ocorrência, excessivamente drenados). De um modo geral o solo é profundo, mineral, não hidromórfico, bem drenado e predominantemente argiloso.

A geomorfologia da UGRHI 5 é composta pelo embasamento cristalino do Planalto Atlântico na porção leste (Serrania de São Roque, Planalto de Jundiaí, Serrania de Lindóia, Serra da Mantiqueira), sedimentos finos na Depressão Periférica situada ao centro-oeste e as Cuestas Basálticas em uma pequena porção do oeste (Serra de São

Pedro). O relevo é caracterizado por partes íngremes do Planalto Atlântico e das Cuestas Basálticas, onde estão as principais nascentes e a outra parte é composta por planos colinosos da Depressão Periférica (Figura 2).

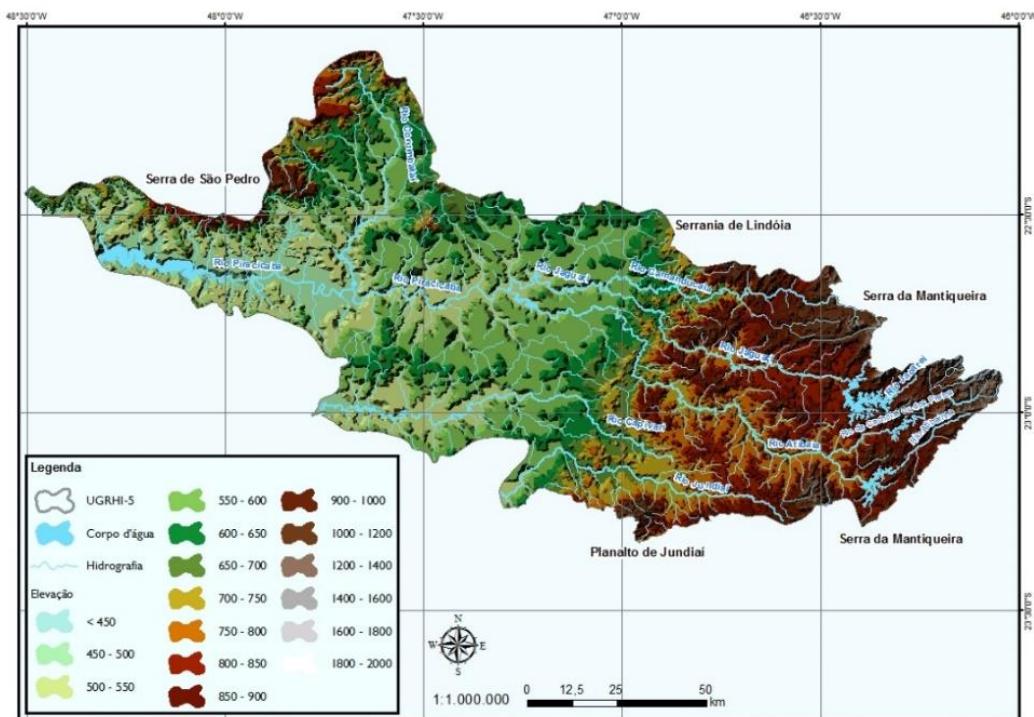


Figura 2: Mapa hipsométrico. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000.
Fontes: DER 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; Embrapa, 2005.

A área de estudo possui apenas 20% de vegetação permanente, uma expressiva área urbanizada (7%) e sua maior parte (71%) é utilizada para a agricultura e pecuária (Figuras 3 e 4). São destaques: a produção de etanol, açúcar, laranja, café, pinus, eucalipto, laticínios, aves, suínos, papel, tecidos, couros, borracha, equipamentos agrícolas, além da indústria petroquímica, química e mecânica.

Por estar em uma área de transição entre a Mata Atlântica, Florestas Estacionais Semidecíduas de planalto e Cerrado, a região de estudo possui fragmentos de mata heterogêneos, que apresentam-se dispersos.

A UGHRI 5 está sob influência das massas de ar Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica. O regime térmico e pluviométrico é tropical típico, com

uma estação chuvosa de outubro a abril e uma estação menos chuvosa de maio a setembro (CBHPCJ, 2013).

Ao analisar as médias de temperatura (para o exemplo de Piracicaba de 1976 à 2014), tem-se uma temperatura média de 22°C, com o maior valor médio em fevereiro (25,1°C) e os menores valores médios em junho e julho (18°C). Nota-se que a maior média de temperatura apresenta-se em 2014 (23,6°C) e a menor média de temperatura em 1976 e 1980 (20,2°C), para esse período. A média da umidade relativa do ar para o período é de 76% (ESALQ, 2016).

Além de abastecer a região de Campinas e arredores, a área de estudo é um dos principais contribuintes do Sistema Produtor de Água Cantareira, que é composto por cinco bacias hidrográficas e seis reservatórios (quatro deles na UGHRI 5), em diferentes níveis e interligados por 48 km de túneis, que abastecem com 33 m³/s de água a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

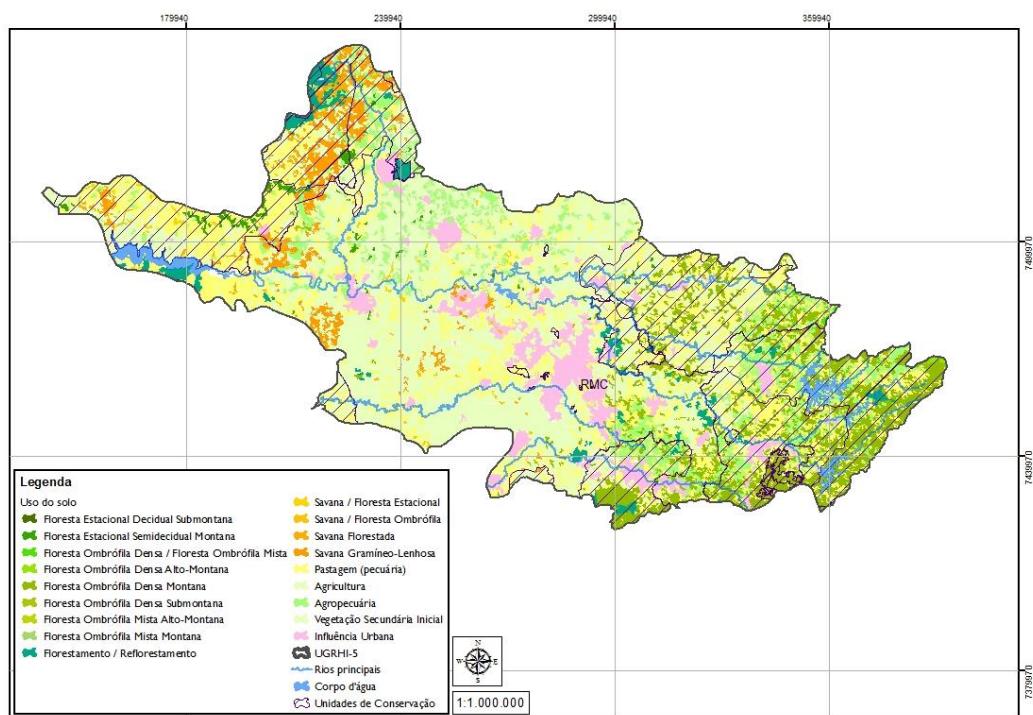


Figura 3: Mapa de uso do solo e vegetação. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; MMA, 2002.

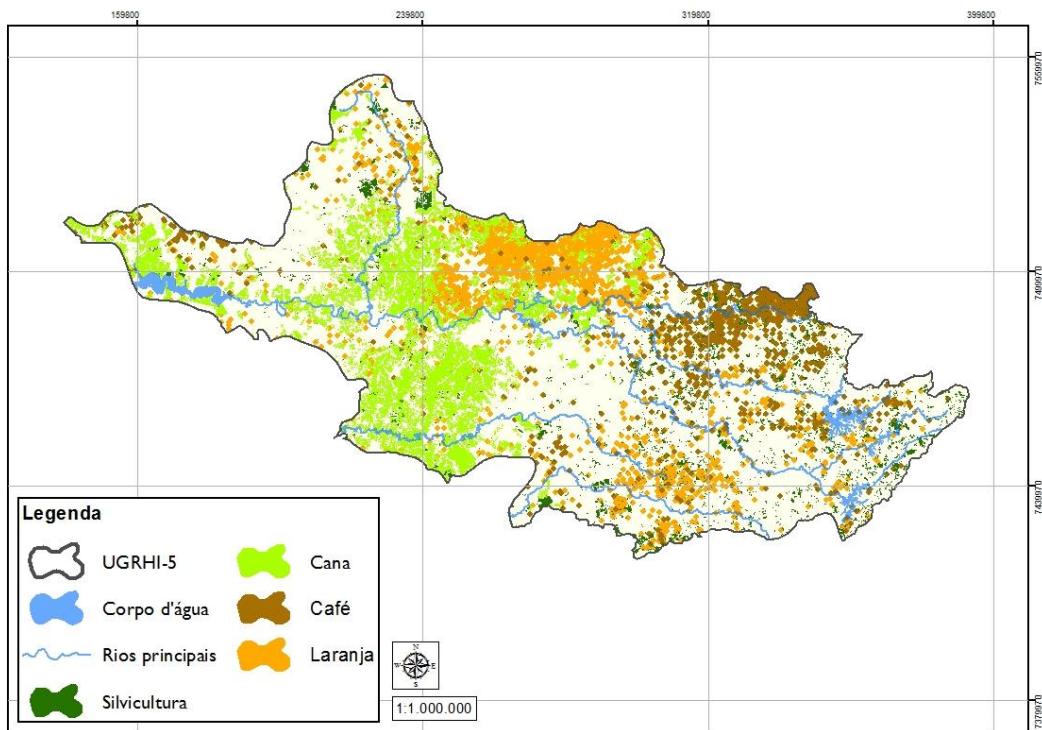


Figura 4: Mapa de produção agrícola. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; MMA, 2002; CAT, 2009; INPE, 2006.

3-OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar a importância do clima, no contexto da dinâmica atmosfera - global e local, e da responsabilidade do manejo humano na disponibilidade dos recursos hídricos, a partir da análise de dados pluviométricos - de período específico, da principal bacia hidrográfica que abastece a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a Região Metropolitana de Campinas (RMC) entre outras regiões, servindo como contribuição acadêmica para a gestão hídrica da área de estudo.

Objetivos específicos:

- obter uma Série Histórica de Dados de Precipitação da UGRHI 5, de 41 anos;

- analisar a variabilidade pluviométrica da UGRHI 5, das maiores às menores médias pluviométricas, em seu contexto temporal, espacial e climático;
- analisar a distribuição espacial das chuvas da área de estudo, possibilitando relacionar os padrões pluviométricas a outras variáveis como relevo e uso do solo;
- identificar a relação da crise de abastecimento hídrico, referente à UGRHI 5, com os eventos pluviométricos do período estudado;
- investigar fragilidades e possibilidades para o uso, disponibilidade e gestão do recurso hídrico, no contexto ambiental e socioeconômico.

4-METODOLOGIA

Utilizou-se uma série histórica composta por dados de chuvas mensais por um período de 41 anos (de janeiro de 1974 a dezembro de 2014), fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Nessa série histórica serão analisadas 42 estações pluviométricas distribuídas na região de estudo (Tabela 1), resultando em cartogramas que ilustrarão a distribuição espacial das precipitações. A relevância da série histórica para o levantamento dos dados é ressaltada por Ribeiro (1993),

“o clima é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, revelando uma unidade ou tipo passíveis de serem medidos em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração). O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. Por isso, a sua abstração racional exige um referencial escalar com possibilidades metodológicas, isto é, uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido da coerência entre extensão e

duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas, desde a obtenção dos dados, passando pelo seu tratamento estatístico – matemático, até a sua apresentação gráfica e cartográfica.”

Ao acessar o *site* do DAEE, encontram-se disponíveis dados fluviométricos e pluviométricos de todas as UGHRLs do estado de São Paulo, sendo que os dados pluviométricos podem ser diários ou mensais. Foram escolhidos os dados mensais, que são dispostos com todas as medições de cada estação, nome e coordenada geográfica.

Para a escolha dos pluviômetros, foram levados em consideração: a área de abrangência das medições (Figura 5), o maior período possível (de acordo com a abrangência) e o menor número de falhas de medições.

No cálculo da área de abrangência, foi utilizada a estimativa de densidade mínima para a análise climatológica de postos pluviométricos da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1994), onde em regiões planas tropicais (no interior do continente) a densidade mínima é de 575 km². O *buffer* utilizado para a visualização dessa abrangência foi obtido através do cálculo: $A = \pi r^2$, onde A é a área da circunferência, r é o raio da circunferência e para π usou-se o valor aproximado de 3,1415. Obteve-se o valor de 13,5 km de raio para o *buffer*.

Tabela 1: Tabela de localização das estações pluviométricas. Fonte: DAEE.

| Estação | Cidade | Latitude (°S) | Longitude (°O) | Altitude (m) | Falhas (%) |
|---------|-----------------------|---------------|----------------|--------------|------------|
| D3-009 | Moji Mirim | -22,5294 | -46,9531 | 590 | 2,44 |
| D3-018 | Vargem | -22,8764 | -46,4111 | 940 | 2,85 |
| D3-023 | Amparo | -22,7153 | -46,8439 | 660 | 0,81 |
| D3-027 | Monte Alegre do Sul | -22,6958 | -46,6717 | 750 | 0,81 |
| D3-031 | Amparo | -22,6242 | -46,8394 | 760 | 0,61 |
| D3-035 | Pedra Bela | -22,7953 | -46,4406 | 1090 | 8,94 |
| D3-036 | Pinhalzinho | -22,7883 | -46,5764 | 880 | 12,40 |
| D3-042 | Jaguariúna | -22,7008 | -46,9819 | 570 | 3,86 |
| D3-046 | Morungaba | -22,8731 | -46,7919 | 750 | 0,41 |
| D3-052 | Pedreira | -22,7428 | -46,9383 | 375 | 1,22 |
| D3-054 | Joanópolis | -22,9322 | -46,2678 | 990 | 4,07 |
| D3-063 | Bragança Paulista | -22,9256 | -46,5342 | 800 | 8,74 |
| D3-069 | Bragança Paulista | -22,9614 | -46,6639 | 770 | 7,32 |
| D4-004 | Americana | -22,7119 | -47,3181 | 549 | 4,47 |
| D4-012 | Rio Claro | -22,4056 | -47,5558 | 615 | 2,64 |
| D4-016 | Rio Claro | -22,3331 | -47,4917 | 602 | 0,81 |
| D4-035 | Analândia | -22,1297 | -47,6675 | 643 | 0,61 |
| D4-036 | Itirapina | -22,3003 | -47,7439 | 610 | 7,32 |
| D4-043 | Corumbataí | -22,2161 | -47,6200 | 592 | 2,44 |
| D4-044 | Campinas | -22,8714 | -47,0775 | 710 | 7,93 |
| D4-046 | Campinas | -22,7803 | -47,0381 | 600 | 12,80 |
| D4-047 | Campinas | -22,8358 | -47,0711 | 630 | 4,07 |
| D4-052 | Cosmópolis | -22,6608 | -47,2181 | 544 | 4,27 |
| D4-059 | Santa Gertrudes | -22,4783 | -47,5142 | 584 | 0,20 |
| D4-064 | Limeira | -22,5989 | -47,3753 | 640 | 1,83 |
| D4-068 | Rio das Pedras | -22,8656 | -47,6078 | 698 | 1,42 |
| D4-069 | Capivari | -23,0036 | -47,5089 | 508 | 2,44 |
| D4-074 | Ipeúva | -22,4372 | -47,7231 | 665 | 0,61 |
| D4-082 | Holambra | -22,6328 | -47,0519 | 600 | 0,81 |
| D4-083 | Monte Mor | -22,9436 | -47,2806 | 563 | 1,02 |
| D4-088 | Santa Bárbara d'Oeste | -22,7575 | -47,4247 | 595 | 7,72 |
| D4-099 | Artur Nogueira | -22,5733 | -47,1547 | 667 | 5,49 |
| D4-104 | Piracicaba | -22,7175 | -47,6519 | 491 | 12,60 |
| E3-015 | Itatiba | -23,0167 | -46,8333 | 780 | 1,22 |
| E3-053 | Jundiaí | -23,2000 | -46,9833 | 730 | 8,13 |
| E3-074 | Atibaia | -23,1500 | -46,5500 | 770 | 0,41 |
| E3-099 | Nazaré Paulista | -23,1833 | -46,4000 | 790 | 0,61 |
| E3-154 | Jarinu | -23,0000 | -46,7167 | 730 | 13,62 |
| E3-229 | Piracaia | -23,0667 | -46,3000 | 900 | 5,08 |
| E4-015 | Indaiatuba | -23,0833 | -47,2167 | 630 | 1,02 |
| E4-124 | Indaiatuba | -23,1667 | -47,1333 | 700 | 0,61 |
| E4-127 | Salto | -23,1967 | -47,2897 | 500 | 11,18 |

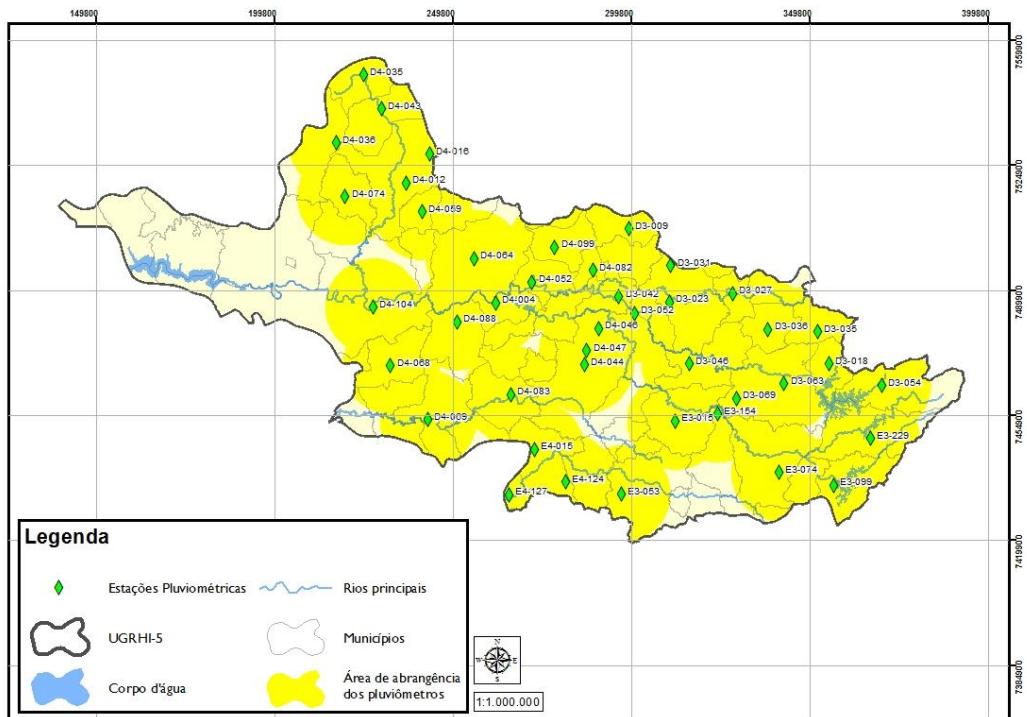


Figura 5: Mapa de localização das estações pluviométricas e área de abrangência dos pluviômetros. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

As falhas (meses sem medições) foram preenchidas pelo método da média aritmética, segundo Fernandez (2007), onde o dado faltante (um mês de um ano) é completado com a média daquele mês (de todos os anos daquela estação). Depois, foram obtidos os totais pluviométricos anuais para cada pluviômetro (utilizados nas análises espaciais das chuvas). A soma dos totais anuais dos pluviômetros possibilitou o panorama anual das chuvas na área de estudo (capítulo, 5.1-DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL). Em alguns casos, alguns pluviômetros precisaram ter as falhas preenchidas em um período inteiro do ano (período mais chuvoso e/ou período menos chuvoso). Para esses casos não foram utilizados os totais obtidos a partir da soma dos preenchimentos das falhas mensais, pois isso não permitiria uma análise anual correta uma vez que aquele ano daquele pluviômetro está todo baseado na média do pluviômetro, utilizou-se então a média aritmética dos totais de todos os pluviômetros naquele período. Ao todo os dados apresentaram 4,36% de falhas (Tabela 1).

A partir do cálculo do desvio padrão foram obtidos os anos mais chuvosos e os anos menos chuvosos, com a escolha dos anos que são anômalos em relação aos anos padrões (Sant'Anna Neto, 1995).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Onde:

\bar{x} = média aritmética da série;

n = tamanho da população;

x_i = dado da série;

σ = desvio padrão.

Obs. ($x_i . \bar{x}$) = dispersão de cada um dos dados da série em relação à média.

A utilização de SIG apresenta-se como principal ferramenta para a espacialização e análise dos dados da série histórica adotada. Sua utilização permite o armazenamento, organização, visualização, análise, gerenciamento, manipulação e atualização dos dados obtidos em sua espacialidade. Para tanto foi utilizado o *software* ArcGis 10.2 na elaboração dos mapas temáticos, quantificação e sistematização dos dados espaciais e gráficos tridimensionais. Para a produção dos mapas de análise das chuvas, foi utilizado o método de interpolação IDW (Ponderação do Inverso da Distância, em inglês) que considera os valores dos postos pluviométricos e as distâncias entre eles, com a influência de um posto sobre o outro, dos que estão próximos, sem criar estimativas de valores. O método também utiliza a técnica de ponderação, de modo que sejam respeitados os valores de cada posto sem que esses sejam resumidos no contexto dos postos vizinhos (Marcuzzo, Andrade e Melo, 2011).

Diversos trabalhos relacionados à análise das chuvas em bacias hidrográficas demonstram a importância do SIG como base para uma visualização mais didática da distribuição pluviométrica e para outros gerenciamentos dos dados, como os trabalhos

de Moraes e Nery (2014), Zandonadi e Pascoalino (2012) e Nunes (1997). Em sua dissertação “Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri-PR”, Correa (2013) traz uma análise integrada da distribuição da chuva e temperatura ao longo da bacia, utilizando o SIG para espacializar e analisar sua série temporal (1976 a 2010) em 73 postos pluviométricos do Instituto de Águas do Paraná, de onde foram selecionados, a partir da metodologia de anos-padrão, o ano mais chuvoso, o menos chuvoso e o ano habitual, para a obtenção dos dados sobre a distribuição espacial e sazonal da chuva, levando em consideração a atuação dos fenômenos climáticos e de outras condicionantes geográficas, como o relevo.

Para a obtenção de análises climáticas, relacionadas à série temporal estudada, foi consultado o site do CPTEC-INPE que disponibilizou dados e análises climáticas de alguns dos anos abordados neste trabalho, contribuindo assim para um entendimento das precipitações em escala mais ampla do que a da delimitação da área de estudo.

5-RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos a partir do *site* do DAEE foram distribuídos em planilhas onde as somas, médias e outros cálculos e formas de organização proporcionaram gráficos e mapas que possibilitaram a análise do objeto de estudo.

5.1-DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL

Os anos selecionados para análise foram separados em período menos chuvoso e período mais chuvoso, onde os 12 meses do ano foram divididos entre os 6 meses com os maiores totais pluviométricos (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro) e os 6 meses com os menores totais pluviométricos (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro), segundo a média mensal de todos os

pluviômetros (Figura 6), sendo assim, entendeu-se como período menos chuvoso o que vai de abril a setembro e os demais meses como período mais chuvoso.

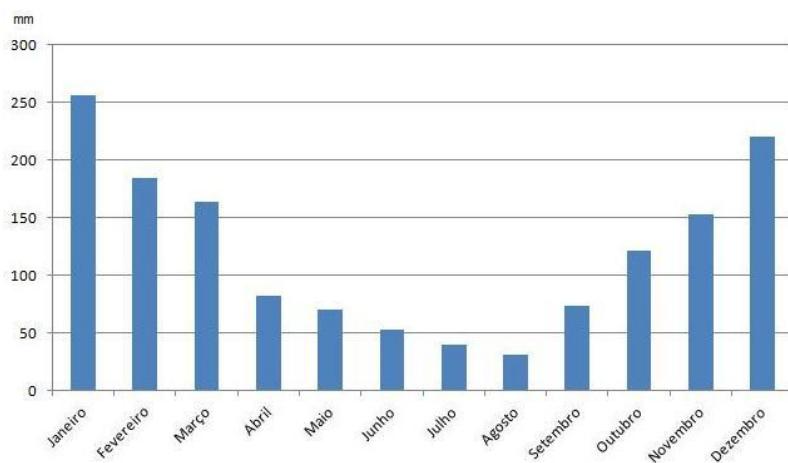


Figura 6: Gráfico das precipitações médias mensais da série histórica estudado (1976 a 2014).

A figura 07 apresenta o total de chuvas de toda a área de estudo para a série histórica, revelando um panorama temporal do total pluviométrico. Também foram diferenciados os anos acima do desvio padrão (azul mais escuro) e os anos abaixo do desvio padrão (azul mais claro), tendo assim a separação dos anos analisados como **anos mais chuvosos e anos menos chuvosos**.

A média dos totais das chuvas anuais da área de estudo foi de 1449 mm e o desvio padrão 220. Assim os anos mais chuvosos são os que apresentaram um total de chuvas acima de 1669 mm: 1976, 1982, 1983, 1991, 1995, 1996, 2009; e os anos menos chuvosos são os que apresentaram um total de chuvas abaixo de 1229 mm: 1978, 1984, 1985, 2014 (Figura 7).

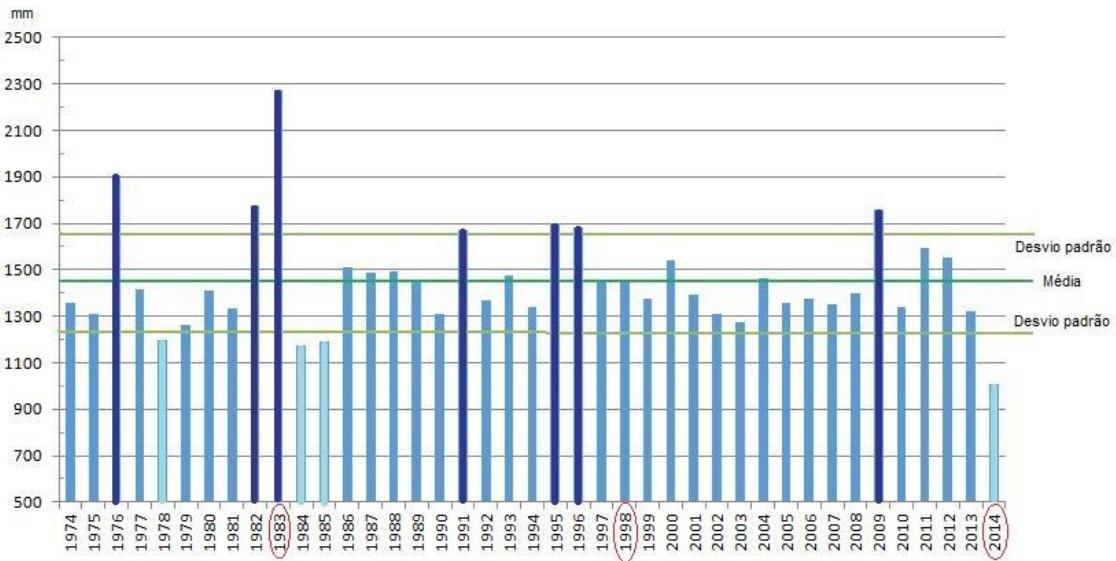


Figura 7: Gráfico da média do total anual de chuvas para a série histórica e área estudados (detalhe para a média aritmética da série, além do acréscimo e decréscimo do desvio padrão, os anos acima e abaixo do desvio padrão e os anos analisados espacialmente).

Analizando o gráfico podemos inferir que há uma variação natural do regime de chuvas e que há maior ocorrência de anos mais chuvosos do que de anos menos chuvosos no período estudado. Em relação aos anos anômalos (acima de 1669 mm e abaixo de 1229 mm) os que se destacam são os altos totais pluviométricos de 1976 e 1983 e a grande estiagem de 2014.

Para a análise da distribuição mensal das médias pluviométricas, utilizou-se o ano com as maiores médias pluviométricas (1983 – Figura 8), o ano com as menores médias pluviométricas (2014 – Figura 9) e um ano habitual (cuja média de total de chuvas anuais está próxima à média da série histórica e sua distribuição pluviométrica mensal também se aproxima da distribuição mensal da série histórica), que no caso teve como escolha o ano de 1998, com 1459 mm (Figura 10). Nota-se que no caso do ano habitual, os maiores valores pluviométricos aparecem nas meias estações (outono – maio e primavera – outubro), possivelmente devido à entrada das Frentes Frias e no verão (fevereiro, março e dezembro), é observado também que em 1983 somente os meses de agosto e novembro têm baixas médias pluviométricas e que em 2014 somente os meses de março, abril, julho, setembro, novembro e dezembro apresentam precipitações próximas ao padrão da série histórica, os demais tiveram baixos valores pluviométricos.

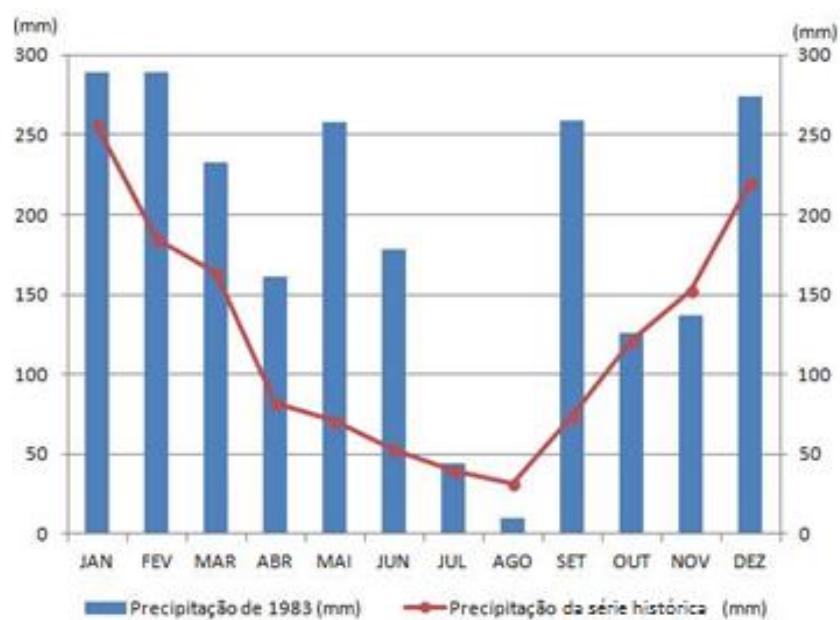


Figura 8: Gráfico das precipitações médias mensais de 1983.

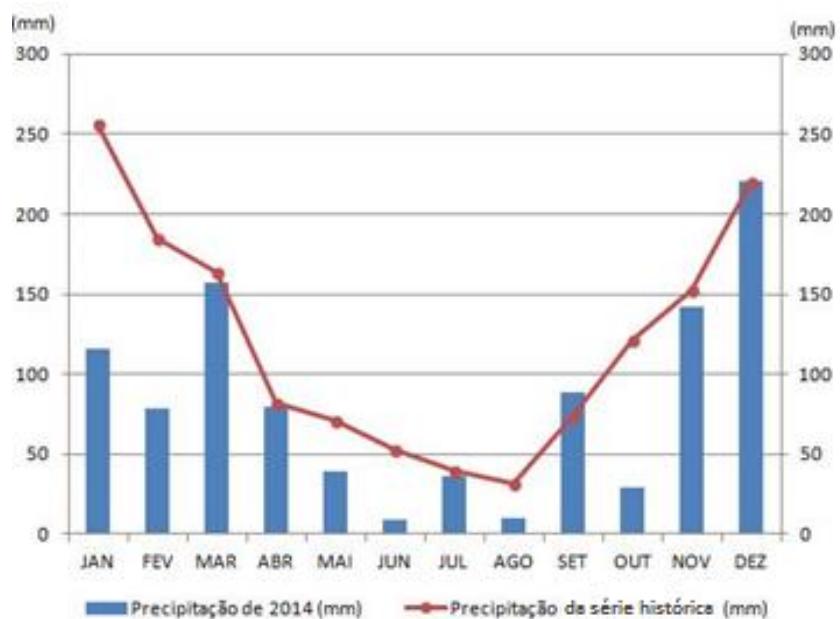


Figura 9: Gráfico das precipitações médias mensais de 2014.

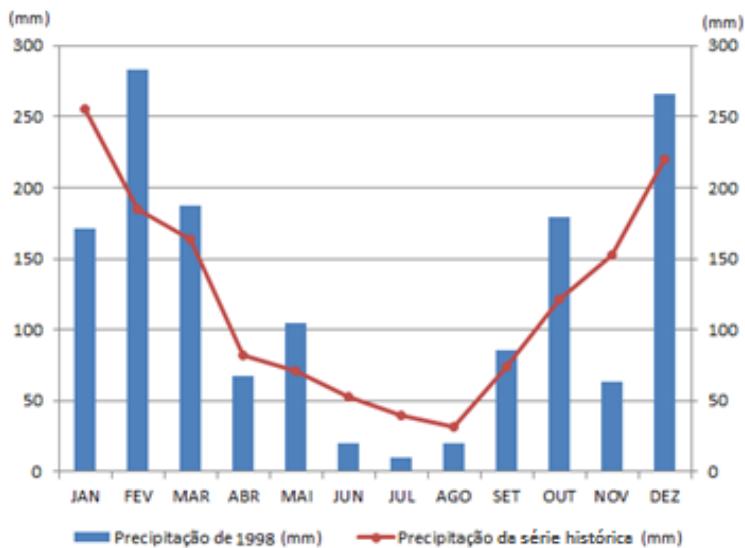


Figura 10: Gráfico das precipitações médias mensais de 1998.

5.2-DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Na análise da distribuição espacial das chuvas da série histórica (Figura 11), pode-se inferir um padrão geral dessa distribuição. Nota-se uma maior concentração dos totais pluviométricos à leste da área de estudo, onde encontram-se as elevações da Serra da Mantiqueira. Também a oeste da área de estudo, com destaque para a região do médio Corumbataí, pode-se observar totais maiores que o centro-sul da área de estudo, que por sua vez se mostra como o padrão dos menores totais pluviométricos.

Analizando o período do ano que é mais chuvoso (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro, dezembro), na série histórica (Figura 12), percebe-se uma manutenção do padrão geral (de todos os meses) de forma ainda mais didática, com as concentrações dos maiores totais pluviométricos nas regiões mais elevadas da área de estudo que estão a leste (Serra da Mantiqueira), a oeste (Serra de São Pedro) e ao norte.

Já no período do ano que é menos chuvoso (abril, maio, junho, julho, agosto, setembro), da série histórica, os totais pluviométricos apresentaram pouca diferença nos valores utilizados para a elaboração do mapa, evidenciando uma separação dual em leste mais úmido e centro-oeste mais seco (Figura 13).

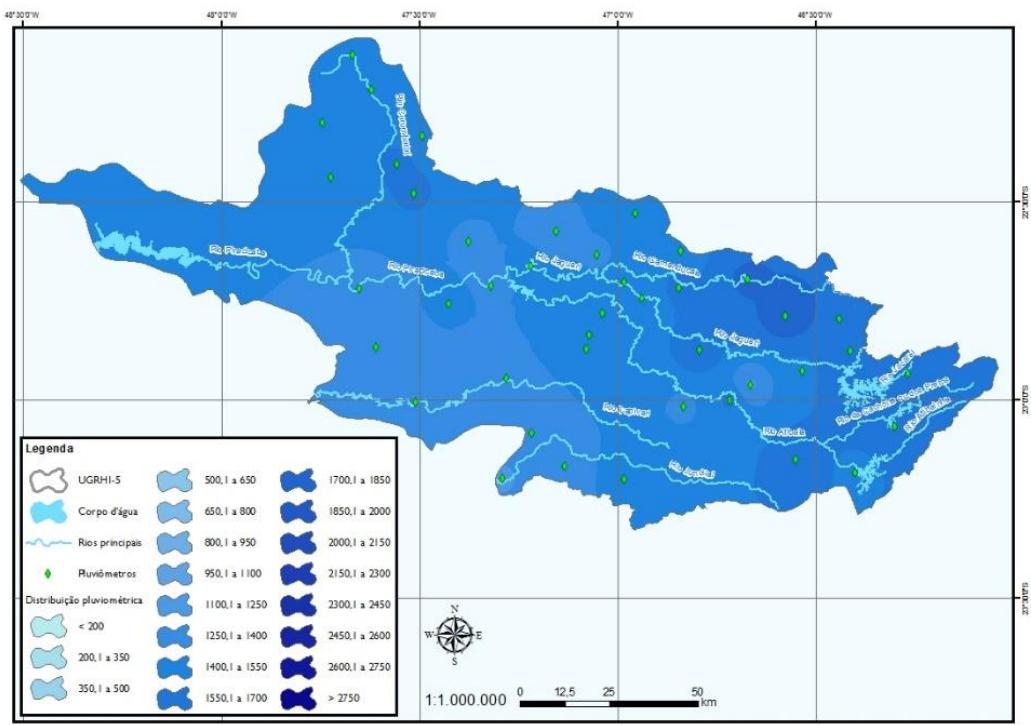


Figura 11: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014). Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

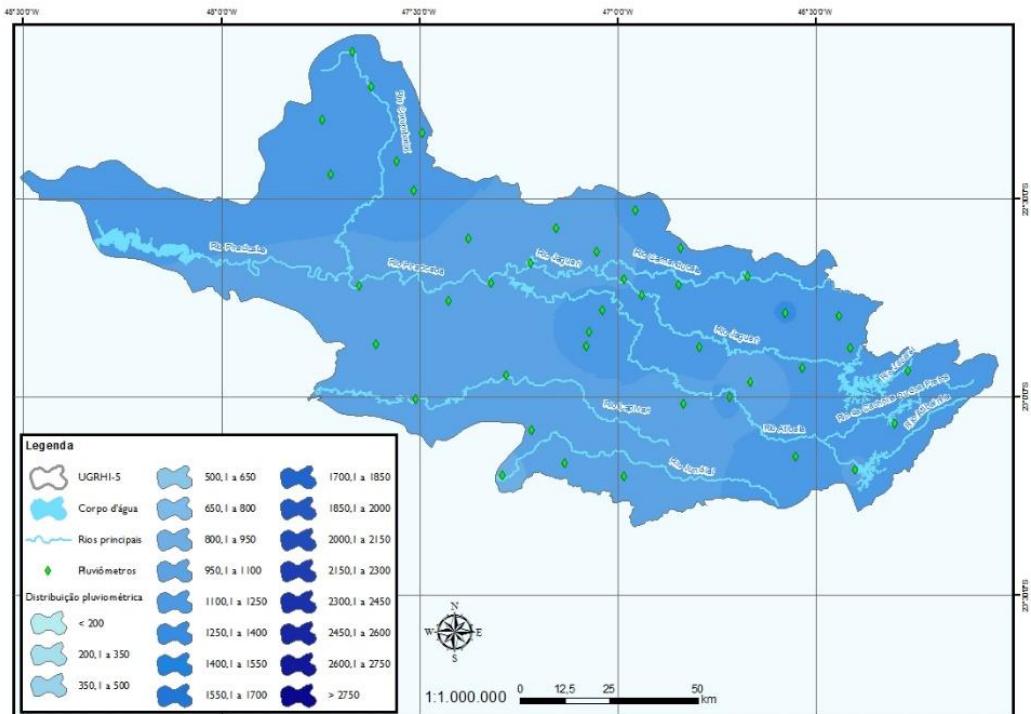


Figura 12: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014) - período mais chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

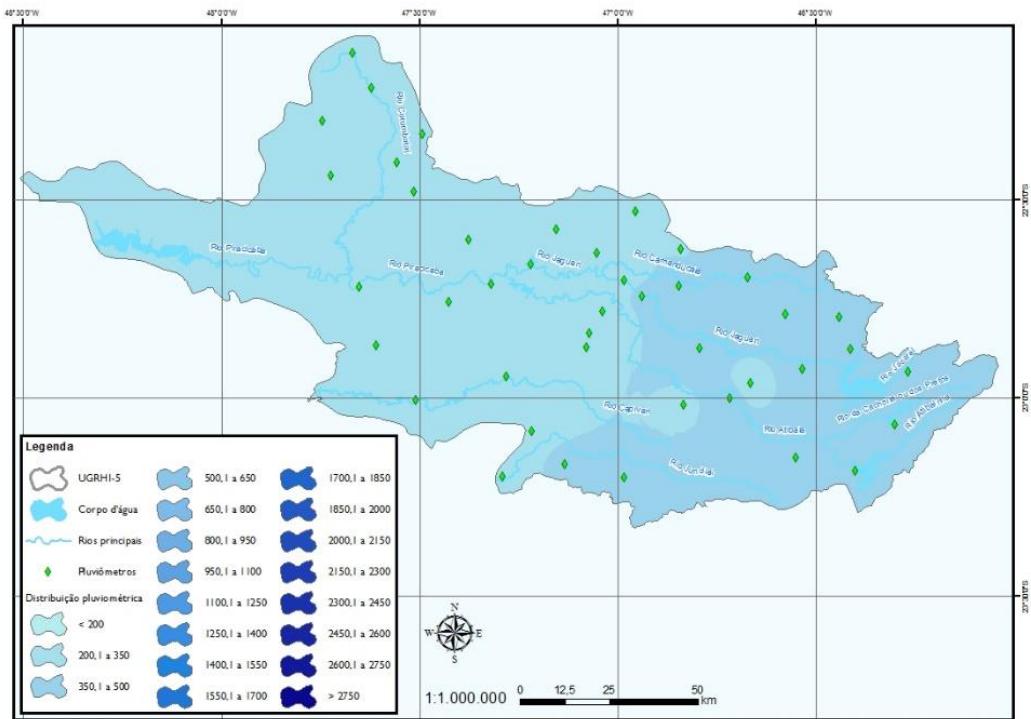


Figura 13: Mapa da média pluviométrica da série histórica (1976 a 2014) - período menos chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

O ano analisado como habitual (1998) apresenta alguma semelhança nas distribuições pluviométricas, quando comparado com o mapa da média pluviométrica da série histórica, porém com maiores valores pluviométricos na região do Rio Piracicaba e ao sul da Serra da Mantiqueira, em detrimento da região do Rio Corumbataí e norte da Serra da Mantiqueira, ou seja, há no ano habitual uma tendência de distribuição pluviométrica mais ao sul do que a distribuição observada na série histórica (Figura 14). Em relação ao período mais chuvoso de 1998 (outubro a março), comparado com o período mensal mais chuvoso da série histórica, ocorre o mesmo que foi observado pra os anos inteiros (Figura 15). Já o período mensal menos chuvoso de 1998, denota menores valores pluviométricos na região nordeste da Serra da Mantiqueira e maiores valores novamente na região do Rio Piracicaba (Figura 16).

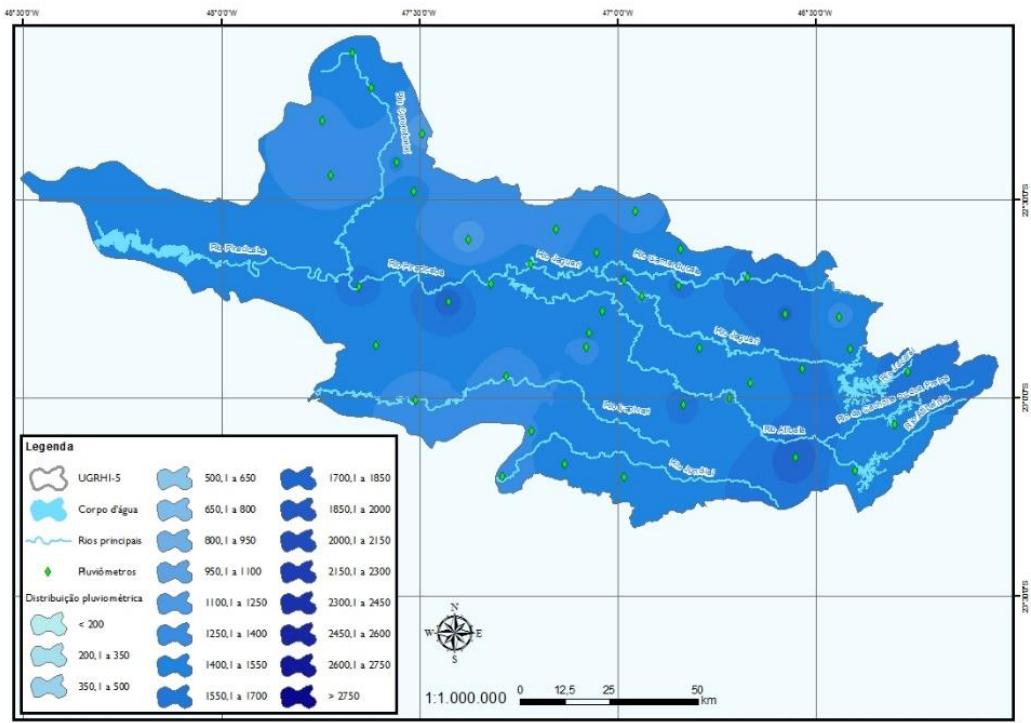


Figura 14: Mapa da média pluviométrica de 1998. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

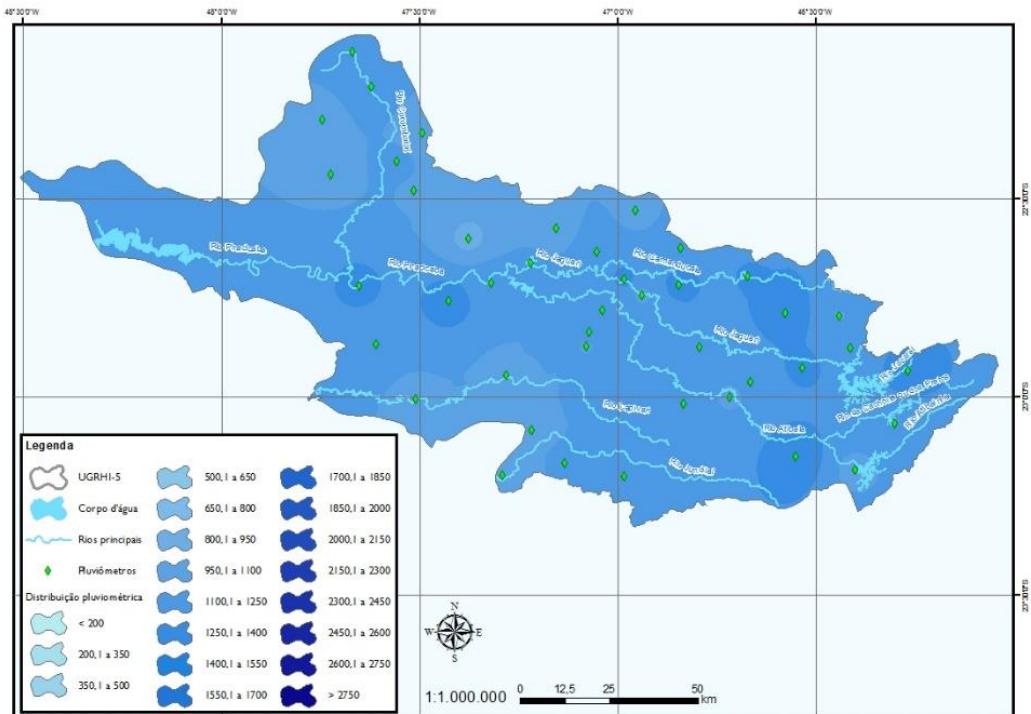


Figura 15: Mapa da média pluviométrica de 1998 – período mais chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015

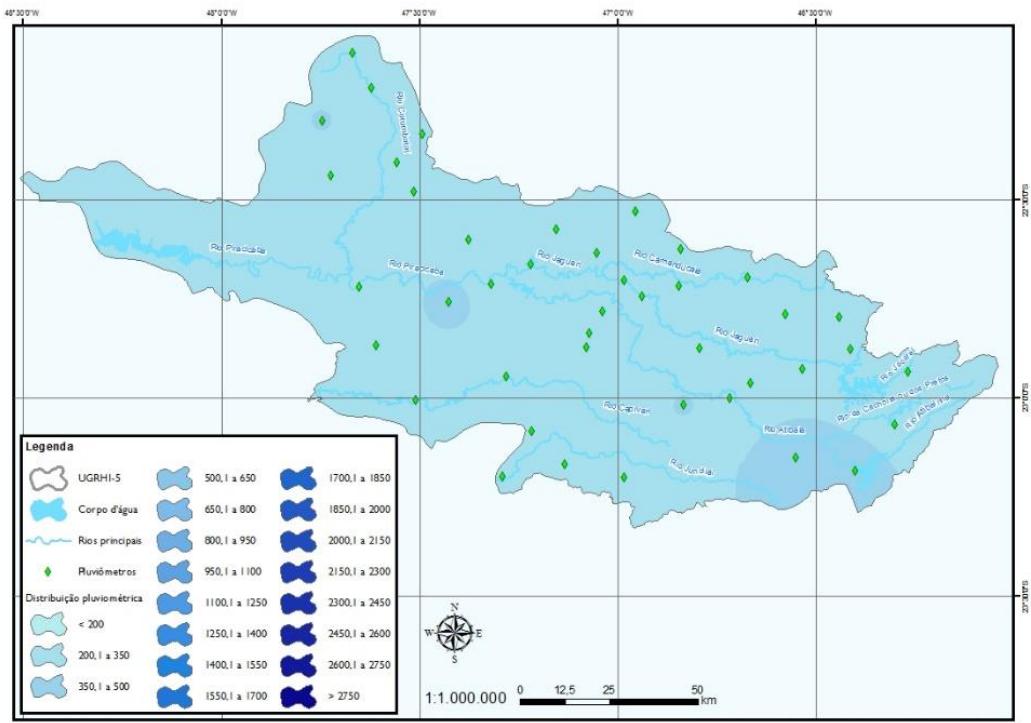


Figura 16: Mapa da média pluviométrica de 1998 – período menos chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015

Na análise do ano mais chuvoso (1983), observa-se um padrão bastante semelhante à distribuição pluviométrica da série histórica e um pouco mais distante do que foi observado no ano habitual (Figura 17). No período dos meses mais chuvosos, a distribuição pluviométrica intensifica mais o padrão observado no período mensal mais chuvoso da série histórica e diferencia mais do período mais chuvoso do ano habitual, destacam-se os menores valores pluviométricos ao sul da área de estudo, principalmente à jusante do Rio Capivari e sul da Serra da Mantiqueira (Figura 18). Para o período menos chuvoso de 1983, há um destaque para os baixos valores pluviométricos à montante do Rio Corumbataí, além da manutenção do padrão da série histórica para maiores valores pluviométricos na Serra da Mantiqueira (Figura 19).

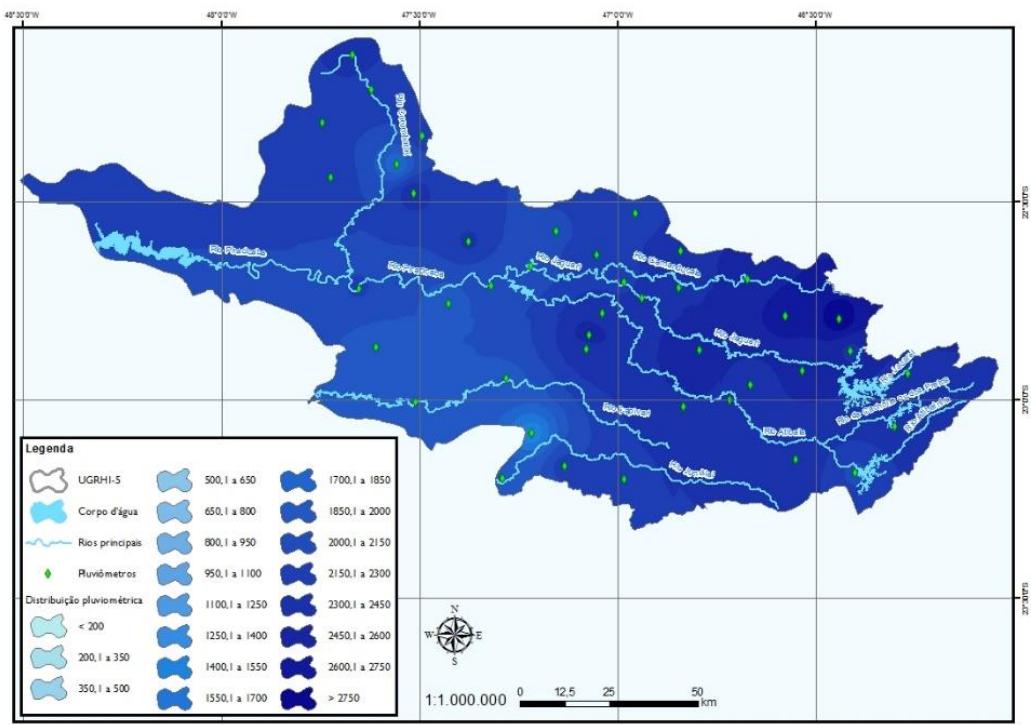


Figura 17: Mapa da média pluviométrica de 1983. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

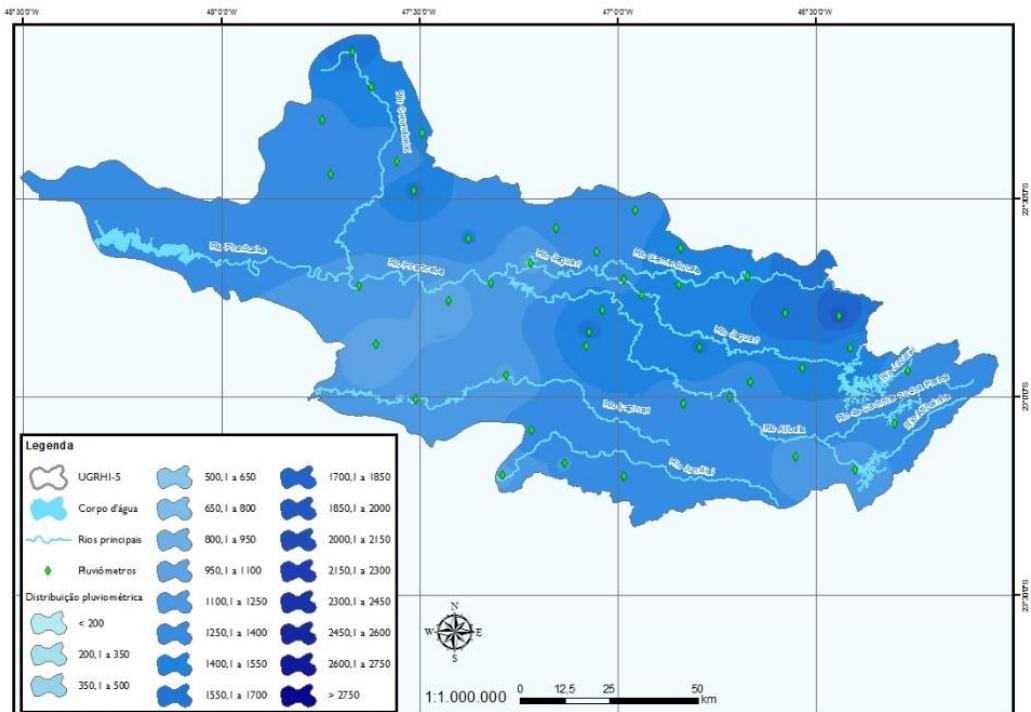


Figura 18: Mapa da média pluviométrica de 1983 – período mais chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

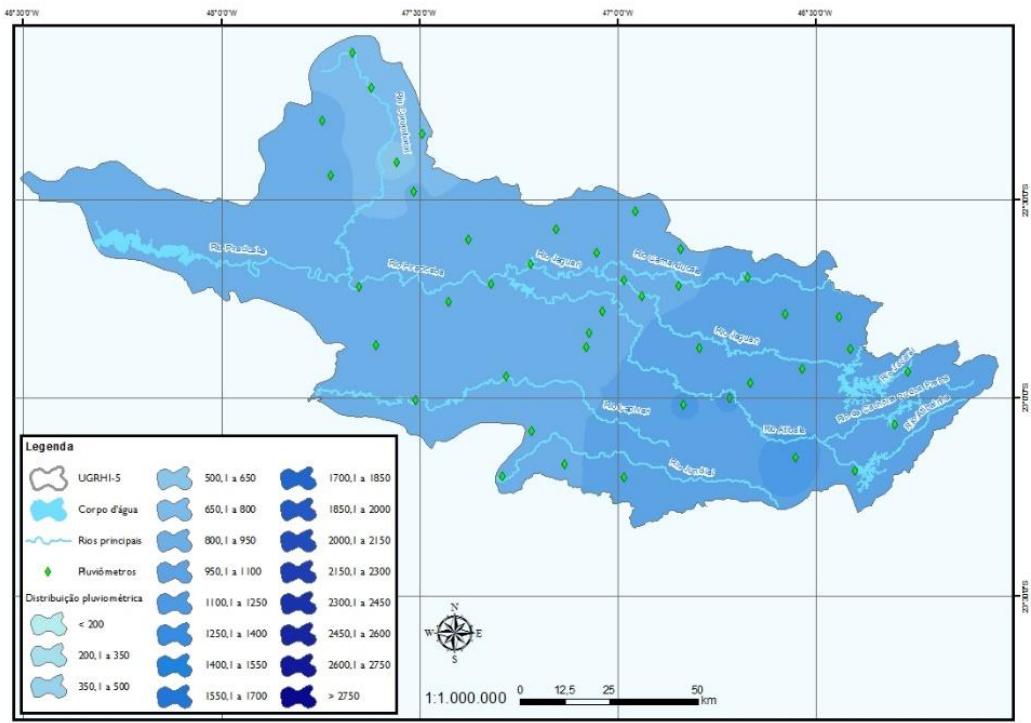


Figura 19: Mapa da média pluviométrica de 1983 – período menos chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

A distribuição pluviométrica do ano mais seco do período anual estudado (2014) apresenta uma distribuição pluviométrica diferente da observada nos outros anos e na série histórica, devido aos baixos valores pluviométricos na Serrania de Lindóia (Figura 20). O período mais chuvoso desse ano difere ainda mais sua distribuição pluviométrica em relação à distribuição da série histórica por ainda manter um padrão com os menores valores pluviométricos ao norte da área de estudo, com os maiores valores à montante do Rio Piracicaba assemelhando-se mais com o ano habitual (Figura 21). Já em seu período mensal menos chuvoso, 2014 tem sua distribuição pluviométrica mais parecida, tanto com o medido na série histórica, como no ano habitual, de maiores valores pluviométricos na Serra da Mantiqueira, mas apresenta pontos com menores valores pluviométricos na região central e sul (Figura 22).

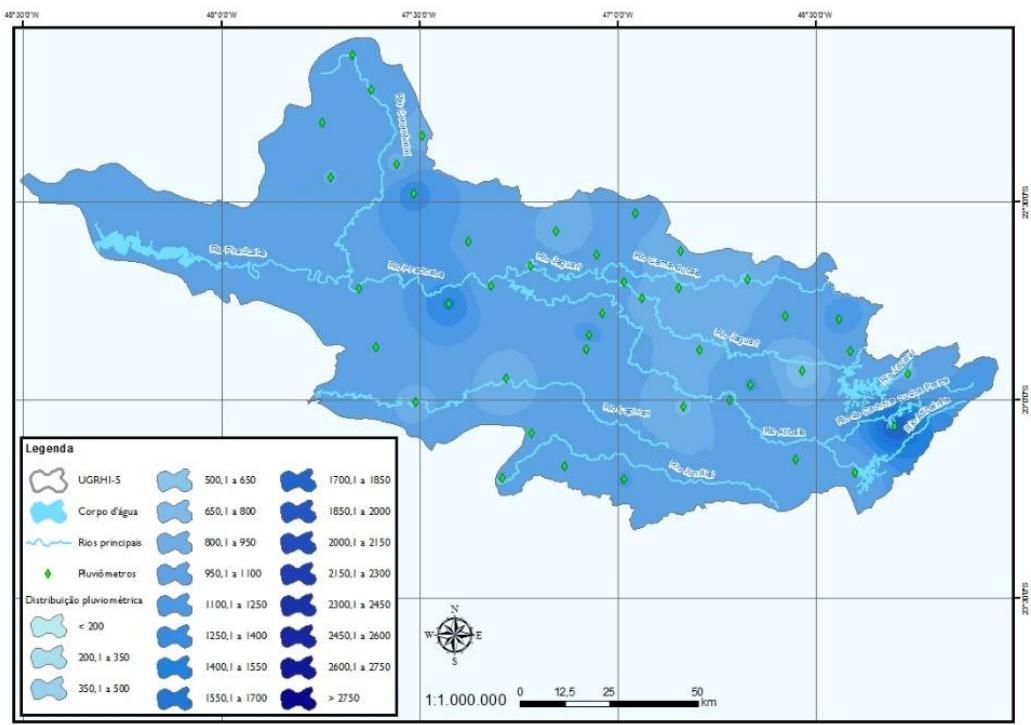


Figura 20: Mapa da média pluviométrica de 2014. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015.

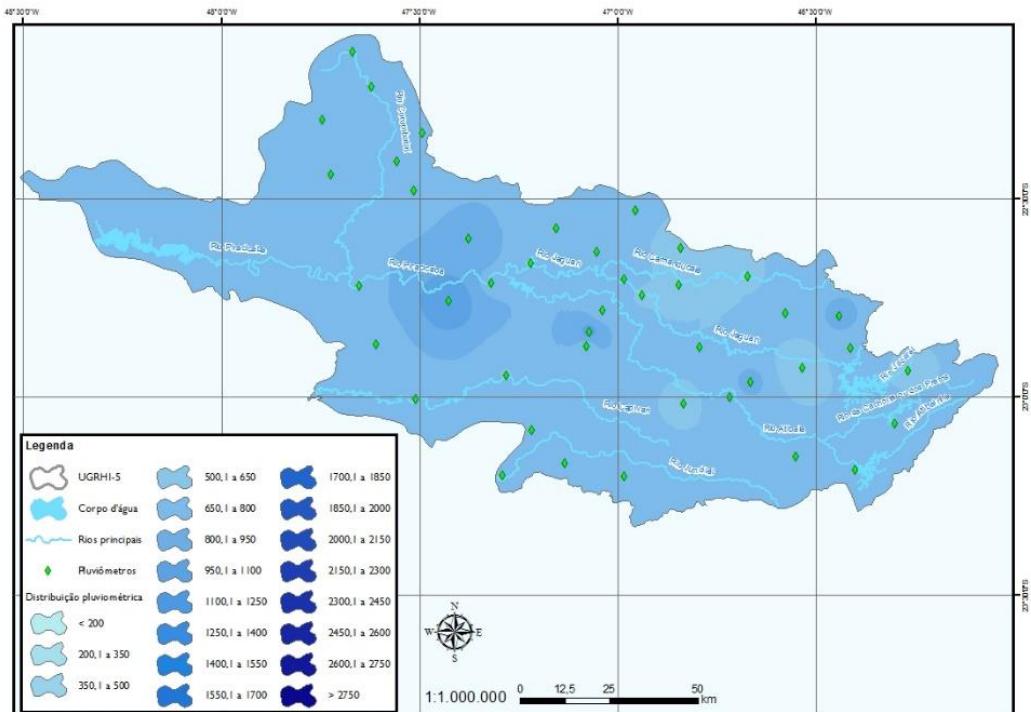


Figura 21: Mapa da média pluviométrica de 2014 – período mais chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015

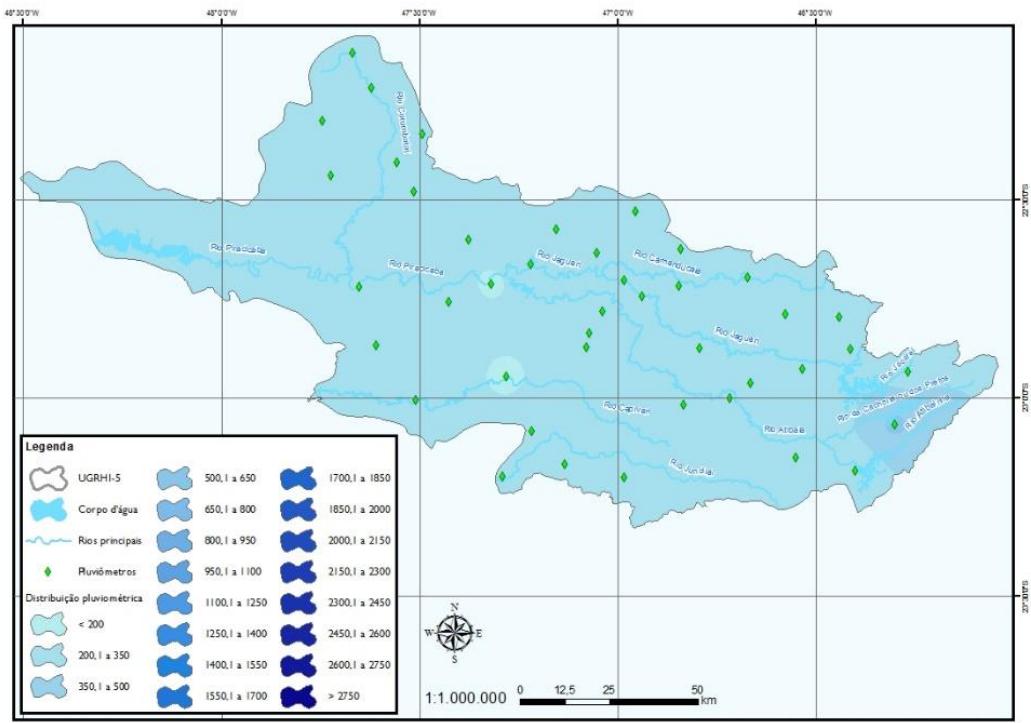


Figura 22: Mapa da média pluviométrica de 2014 – período menos chuvoso. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAEE, 2015

5.3-DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM RELAÇÃO AO RELEVO

Para uma comparação mais detalhada da distribuição das chuvas com o relevo, foram feitos dois cortes na área de estudo onde foram extraídos dois respectivos perfis do relevo e da distribuição das chuvas da série histórica (Figura 23). O perfil A-A' vai de NO a SE, do norte da Serra de São Pedro, passando à montante e na parte intermediária do Rio Corumbataí, pelo vale do Piracicaba no centro da área de estudo, à montante do Rio Capivari e do Rio Jundiaí, até o Planalto de Jundiaí. O perfil B-B' vai de ONO a SES, do sul da Serra de São Pedro, passando à jusante do Rio Corumbataí, à jusante e parte intermediária do Rio Jaguari, até as partes mais altas da Serra da Mantiqueira, ligando as elevações ocidentais às elevações do ponto mais oriental da área de estudo.

Nota-se que no perfil A-A' as chuvas se concentram na região à montante do Rio Corumbataí, com mais precipitações na margem esquerda do que na Serra de São Pedro (A). Os menores valores estão no vale do Rio Piracicaba (centro) e o Planalto de

Jundiaí (A') que apresenta valores baixos apesar de sua altitude mais elevada (Figura 24).

No perfil B-B', a Serra de São Pedro apresenta baixos totais pluviométricos que diminuem próximo à confluência do Atibaia com o Jaguari, a partir daí os totais pluviométricos vão se elevando de acordo com a elevação do terreno à leste, antes de chegar a 1200 metros de elevação há um pico de chuvas que passa dos 1600 milímetros e depois se estabiliza por volta dos 1550 milímetros (Figuras 25).

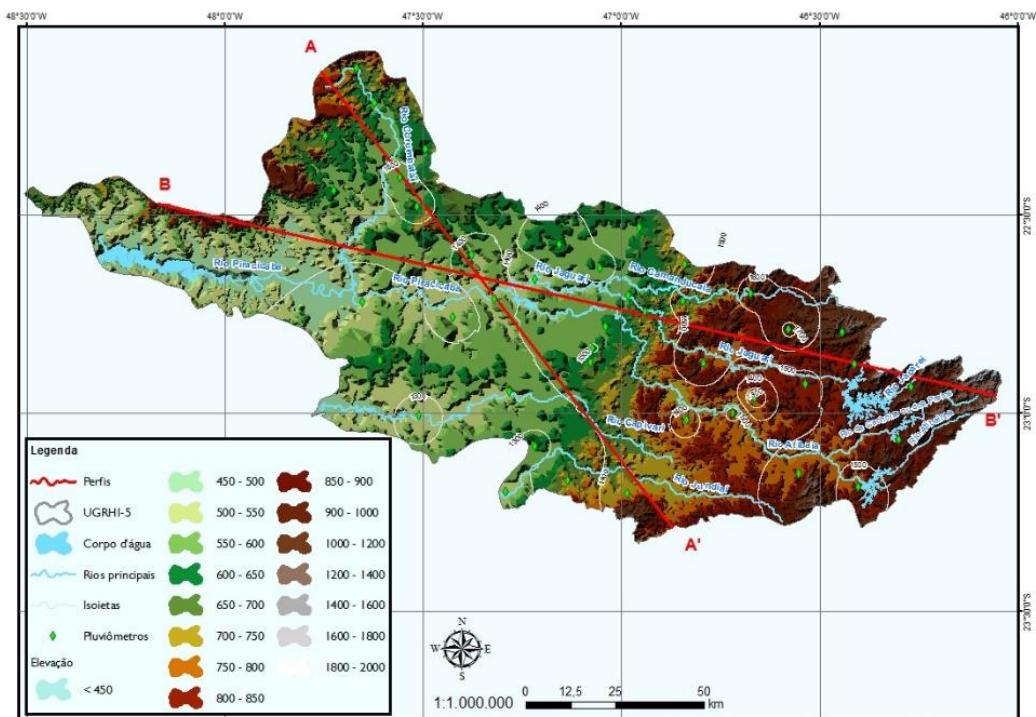


Figura 23: Mapa do relevo associado às isoetas com as secções de perfil estudadas. Elaborado por Felipe F. J. Rezende; Projeção SIRGAS 2000. Fontes: DER, 2005; IBGE, 2007; IGC, 2003; DAE, 2015; Embrapa, 2005.

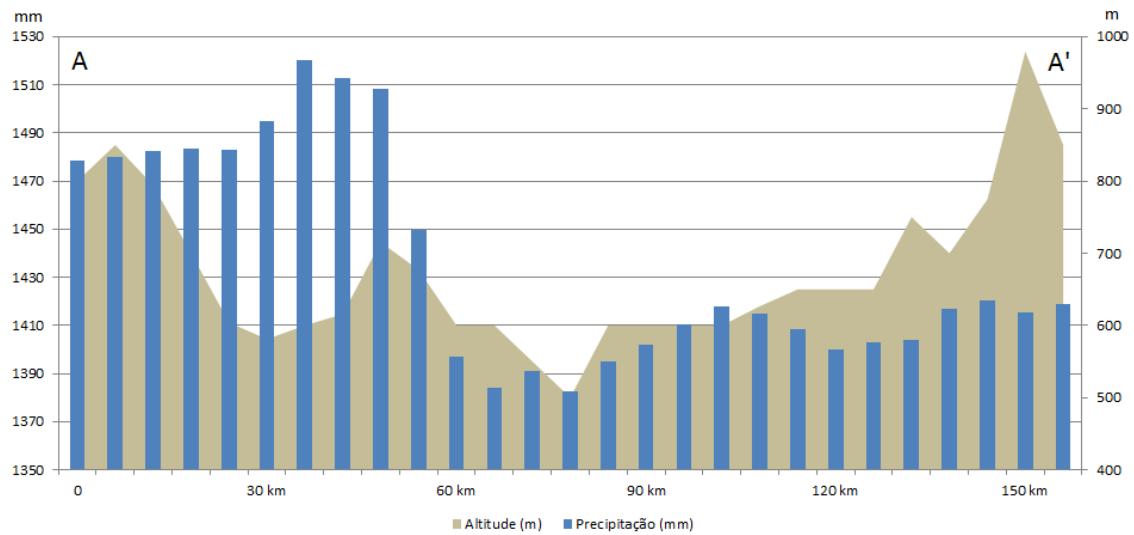


Figura 24: Gráfico das precipitações médias anuais da série histórica (1976 a 2014) e do relevo no perfil A-A'.

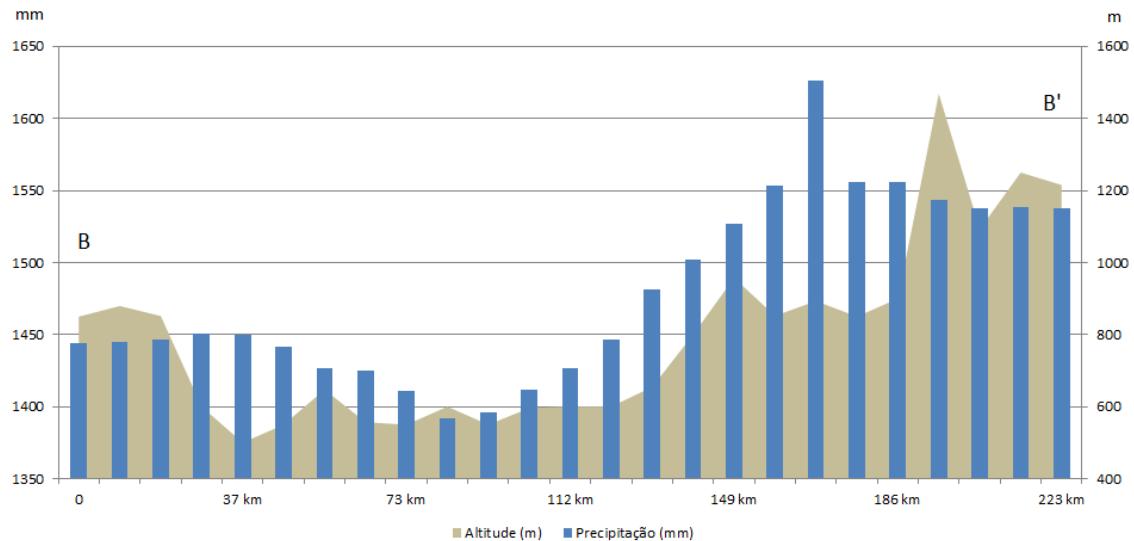


Figura 25: Gráfico das precipitações médias anuais da série histórica (1976 a 2014) e do relevo no perfil B-B'.

6-DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES

Em relação à quantidade de chuvas ao longo da série histórica, nota-se em primeiro lugar que as variações são normais, com anos de altos totais pluviométricos e anos com baixos totais pluviométricos. Destacam-se, no entanto, os elevados totais pluviométricos em 1983 e 1976 e os baixos totais pluviométricos de 2014, esses que por sua vez ajudaram a causar problemas no abastecimento hídrico paulista. Há uma tendência de diminuição dos totais pluviométricos no período estudado quando analisamos a evolução dos valores das medições (devido em grande parte pelos extremos 1983 – 2014), porém há uma maior incidência de anos secos no início do período e menor variação dos totais anuais no final do período.

Nota-se que na distribuição espacial das chuvas há um padrão onde as maiores e menores concentrações pluviométricas estão diretamente ligadas ao relevo, ao uso do solo e à atuação do clima global. Os resultados obtidos sobre a distribuição espacial das chuvas permitiram a análise dos dados em grupos homogêneos, dentro da área de estudo. Conforme foi observado, a área de estudo possui uma disposição típica na distribuição pluviométrica, onde os totais pluviométricos se diferenciam em regiões mais ou menos chuvosas. A análise espacial das chuvas aqui trabalhada permite a identificação dessas áreas a partir da apreciação direta dos mapas elaborados. Porém essa análise pode ser aprofundada ainda mais, como proposto por Chierice (2013) que além de expor uma gama de possibilidades metodológica em seu estudo da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, sistematiza as regiões homogêneas, a fim de obter uma classificação tipológica de acordo com as similaridades entre elas e anomalias dessas regiões.

É observada a tendência dos totais pluviométricos em relação ao relevo, onde os maiores totais pluviométricos acontecem, normalmente, entre 600 e 900 metros e os menores nas áreas mais baixas. Isso contribui para uma boa disponibilidade de água nas nascentes, em detrimento das áreas de foz. As montanhas da região funcionam como uma barreira para a umidade (como, por exemplo, a umidade que vem do sul com a entrada da frente fria), concentrando os altos valores pluviométricos nas cadeias ao norte e leste (destaque para a Serrania de Lindóia e serra a leste do Rio

Corumbataí) e uma pequena área de baixos valores pluviométricos ao sul (partes baixas, o norte do Planalto de Jundiaí e as médias altitudes ao norte, entre as elevações de oeste e de leste).

A distribuição pluviométrica observada contribui para a visualização da entrada de chuvas a partir do sul e para o que é apontado por Pelegatti e Galvani (2010) que demonstram que os ventos úmidos provenientes do oceano encontram a orografia como barreira direta para o escoamento dessa umidade, pois os planaltos do sul da área de estudo tiveram medições de baixa pluviosidade em seu sotavento enquanto que os planaltos do norte tiveram medições de alta pluviosidade em seu barlavento (Perfil A-A' – Figura 24), quando a pluviosidade é medida paralela a essas elevações, os valores pluviométricos coincidem com a elevação do terreno (Perfil B-B' – Figura 25). Correa (2013) também demonstra em seu trabalho a influência do relevo na distribuição pluviométrica e no direcionamento das massas de ar.

Também o uso do solo tem influência direta na espacialização das chuvas, uma vez que não só as áreas mais vegetadas (fragmentos de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira e um pouco na Serra de São Pedro, fragmentos de Cerrado na parte oeste, principalmente o vale do Corumbataí e na parte central da área de estudo e nos fragmentos de reflorestamento por toda a área de estudo) tem relação com o balanço hídrico da região, porém sem relação com os totais pluviométricos (Sentelhas, Camargo, Camargo e Alfonsi, 1993), como também o uso antrópico (urbano, industrial e agropecuário) tem grande influência no clima local, sem a cobertura vegetal o solo exposto não retém a energia solar, aumenta o albedo e diminui a convecção e, consequentemente, diminui a incidência das chuvas convectivas (Conti, 2003). O uso do solo, segundo as bases cartográficas do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012), é composto em 71% destinado à agropecuária, 20% vegetação (natural ou de reflorestamento), 7% de mancha urbana e 2 % de água superficial. Segundo Rodrigues e Villela (2016), o fato de a maior parte do uso do solo ser destinado à pecuária, em que o solo é compactado pelo pisoteio do gado, contribui para um menor armazenamento de água no lençol freático, o que implica em um reabastecimento insuficiente dos reservatórios em momentos de vazões maiores do que o volume de entrada de água no sistema. Também a impermeabilização do solo, por parte da

expansão da mancha urbana, implica em maior escoamento superficial em detrimento do armazenamento no lençol freático (Rodriguez, 2015).

Outros fatores como a poluição dos rios, mudança da dinâmica dos rios (aumento e diminuição do potencial hídrico com a construção de reservatórios; captação de água; etc.) também influenciam na disposição dos recursos hídricos, mas, principalmente, a conservação das áreas de mananciais e matas de galeria é fundamental para disposição desse precioso recurso, o que torna de grande importância a criação e manutenção das áreas de proteção ambiental e incentivos para a conservação dos mananciais.

A disposição espacial das chuvas, tomando como padrão geral a média das chuvas da série histórica, mostra pequenas e pontuais mudanças ao longo dos anos, com uma pequena tendência ao aumento das chuvas nas áreas baixas a sudoeste e diminuição das chuvas nas áreas mais altas (leste e noroeste).

Para melhor entendimento das variações pluviométricas do período e área estudados, torna-se imprescindível o entendimento dos sistemas climáticos globais envolvidos. A área de estudo está sob o efeito climático significativo de três massas de ar: a massa de ar polar (responsável também pelas chuvas frontais que são mais recorrentes no outono e primavera); massa de ar tropical seca e quente; massa de ar tropical temperada ou úmida (Schroder, 1956). O fator continentalidade/maritimidade atua como regulação térmica e de umidade e delimita a influência climática dos sistemas globais/mesorregionais juntamente com a ação orográfica, que direciona a atuação dos ventos e massas de ar, assim como na dosagem dos mesmos, uma vez que os sistemas advindos do sul e do Oceano Atlântico têm a Serra do Mar, Cuestas e Serra da Mantiqueira como barreiras naturais. Sendo assim a posição e disposição geográfica da área de estudo: latitude, distância do mar, altitude, orografia circundante e uso do solo, irão determinar o clima e a disposição pluviométrica geral da UGRHI 5.

Tomando como exemplo os dois últimos anos anômalos, 2009 acima do desvio padrão e 2014 abaixo do desvio padrão, utilizaram-se os dados e análises do CPTEC/INPE (disponíveis para aproximadamente os últimos 25 anos) para se entender os fenômenos climáticos associados aos eventos estudados.

O ano de 2009 inicia-se (verão) marcado pela intensificação do fenômeno La Niña, com anomalias negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oeste do Pacífico Equatorial e no leste do Atlântico Equatorial e sistema de alta pressão semi-estacionário do Atlântico Norte, que já vinham ocorrendo desde 2008 e que foram responsáveis por um maior deslocamento ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Também destacam-se a atuação da Alta da Bolívia e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), nesse início. Conforme foi chegando o outono, o fenômeno La Niña foi enfraquecendo, porém as anomalias de TSM negativas no hemisfério norte e positivas no hemisfério sul favoreceram a permanência mais ao sul da ZCIT, o que gerou maiores totais pluviométricos no norte e nordeste do Brasil e grande estiagem no sul do Brasil e sul da região sudeste. Com a entrada do inverno, o sul da região sudeste passou a apresentar maiores totais pluviométricos, pois o deslocamento a sudeste dos sistemas de alta pressão semipermanentes dos oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul favoreceu a advecção de massas de ar frio em direção ao sul e oeste do Brasil, permitindo uma maior atuação de sistemas frontais, também ressalta-se a evolução do fenômeno El Niño na região do Pacífico Equatorial nesse período. Na primavera os sistemas frontais predominaram e as baixas pressões dos Andes favoreceram a atuação da ZCAS, evidenciou-se a atuação do fenômeno El Niño. No fechamento desse ano (verão), a intensificação do El Niño, que manteve maiores totais de TSM no Pacífico Equatorial e nas regiões subtropicais dos oceanos Atlântico Norte e Sul, favoreceu a permanência ao norte da ZCIT e os altos totais pluviométricos na região sudeste, esses os altos totais pluviométricos na região sudeste foram reforçados pela formação de um centro de baixa pressão adjacente à costa, pelo escoamento associado à Alta da Bolívia e aos vórtices ciclônicos na média e alta troposfera (CPTEC/INPE, 2016).

O ano de 2014 iniciou-se já com uma forte anomalia negativa das precipitações devido à ausência das ZCAS. Foram observadas anomalias negativas da TSM no Pacífico Leste e Central Equatorial e anomalias positivas no Pacífico Oeste e próximo à costa oeste tropical da América do Sul, o deslocamento da alta (Pressão ao Nível do Mar - PNM) subtropical do Atlântico Sul para oeste resultou em anomalia positiva de pressão e circulação anticiclônica anômala em baixos níveis sobre toda área

leste do Brasil, caracterizada como alta quente de bloqueio, o que impediu a formação das ZCAS. Esse quadro geral do clima global persistiu no decorrer do ano (CPTEC/INPE, 2016).

A estiagem dos últimos anos, observadas nas análises aqui expostas, segundo Jacob, Cibim e Souza (2016, p. 423) tem como principal fator o bloqueio atmosférico causado pela alta subtropical do Atlântico Sul (Asas) “que impede o avanço de frentes frias sobre o Sudeste brasileiro e inibe a formação da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS)”.

Sobre a questão do aquecimento global, bastante abordada no que se refere às mudanças climáticas dos últimos anos, não há um consenso no mundo acadêmico sobre a sua existência, efeitos e causas, sendo um assunto a ser visto em paralelo e com uma análise muito mais abrangente e exaustiva.

A disponibilidade hídrica da PCJ tem sua relevância destacada por abastecer a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), região mais populosa do Brasil, através do Sistema Cantareira com $31\text{m}^3/\text{s}$, dos $33\text{m}^3/\text{s}$ de água que chegam à RMSP, através desse sistema. No total a RMSP é abastecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) com $74\text{m}^3/\text{s}$, de diversos sistemas de captação além do Cantareira. Constatase, porém, que somente o rio Tietê, no trecho que passa pela RMSP, tem uma vazão média de $82\text{m}^3/\text{s}$ (Custódio, 2015), além dos reservatórios Billings e Guarapiranga também pertencentes à bacia do Alto Tietê (menos castigada com a estiagem dos últimos anos; segundo mais captado com $15\text{m}^3/\text{s}$) que mostra o quanto RMSP é privilegiada naturalmente com abundância de disponibilidade hídrica, subaproveitada por conta da poluição dos rios, ar e solo, impermeabilização do solo e de nascentes e canalização dos corpos hídricos, provenientes da ação antrópica e falta de ações que revertam esse quadro.

Responsável pelo abastecimento hídrico do estado de São Paulo, a Sabesp iniciou um processo de abertura de ações para a iniciativa privada em 1973, tornando-se uma empresa de capital aberto em 1995, dessa forma passa existir uma menor preocupação com investimentos de prevenção ao esgotamento das reservas de água das bacias hidrográficas, tornando o lucro financeiro o principal foco das ações. Além

disso, a Sabesp detém um monopólio da infraestrutura instalada com recursos provenientes da venda de água das bacias (Rodrigues; Villela, 2016). Em 2004 a Sabesp tem sua outorga diante de alguns compromissos com metas como o controle de perdas ao longo da distribuição, tratamento das redes de esgoto, ações de manutenção do nível do lençol freático, a estipulação de um valor máximo de água a ser retirado da bacia do rio Piracicaba e um “banco de águas criado para armazenar o volume não utilizado no período de chuvas para usá-la em tempos de estiagem” (Fracalanza; Freire, 2016, p. 467), o que só viria a ganhar importância com a crise de abastecimento de 2014, próximo da renovação da outorga no mesmo ano, quando a Agência Nacional de Águas (ANA) e o DAEE apontaram para a necessidade de mudanças no sistema de armazenamento do Sistema Cantareira e os Ministérios Públicos federal e estadual entraram com uma ação civil pública pela restrição da captação de água pelo Sistema Cantareira, informando que não foram tomadas as devidas decisões em relação à crise de abastecimento hídrico (previsível). Então para a outorga de 2014 a Sabesp teria que apresentar em no máximo 30 dias, estudos e projetos que visassem uma menor dependência em relação às atuais bacias hidrográficas (Fracalanza; Freire, 2016). De 2003 a 2013 o lucro da Sabesp passou de 833 milhões para 1,9 bilhão (Rodrigues; Villela, 2016). Em 2015, a Sabesp ofereceu bônus a seus diretores devido ao lucro obtido entre 2014 e 2015 e o governo do estado de São Paulo ganhou prêmio de gestão hídrica da Câmara dos Deputados no mesmo ano.

O fato de que há uma variação anual normal levanta a questão da possibilidade de se prever anos com chuvas acima ou abaixo do normal e nesse caso prevenir-se de “imprevistos” como a crise de abastecimento hídrico vivida em 2014 e 2015, segundo estudos feitos “a estiagem na região do Cantareira era previsível e deve durar ao menos mais 10 anos” (Neto, 2016, p. 483). Falando-se em gestão hídrica, pode-se pensar em diferentes níveis de gerenciamento, e em diversos responsáveis por essa administração, desde os gestores estaduais e municipais envolvidos, os gestores das bacias hidrográficas envolvidas, bem como a empresa captadora da água, a indústria e a agricultura, até a gestão da conscientização da população na utilização dos recursos hídricos.

A principal questão levantada nesse trabalho é relativa à possibilidade de se administrar a variabilidade do recurso advindo das chuvas - pode chover menos ou mais – armazenando a água dos anos mais chuvosos, de forma preventiva e utilizando-a de modo racional e consciente, entre outras possibilidades a serem refletidas. Assim também, a distribuição espacial pode ser estudada e sua disposição prevista, conforme foi mostrado nesse estudo, com os dados que se encontram disponíveis em grande escala temporal e espacial, e pelos diferentes métodos que podem ser empregados para torná-los ferramentas de gestão dos recursos hídricos.

Conforme foi analisado anteriormente, as precipitações possuem um padrão constante de distribuição em estações do ano mais chuvosas e menos chuvosas, no entanto os sistemas de captação mantêm o mesmo volume de captação o ano inteiro.

Apesar de serem apontados (pelos noticiários e governo estadual) como os grandes vilões da crise de abastecimento hídrico, os baixos totais pluviométricos são responsáveis apenas em parte pelo esgotamento dos reservatórios que abastecem a RMSP. O Sistema Cantareira surgiu na década de 1980 justamente para suprir o abastecimento hídrico da RMSP, que naquele momento não supria a demanda, porém nos 30 anos seguintes pouco foi acrescido a esse abastecimento hídrico e nesse período houve aumento do padrão de consumo de água, principalmente o relativo aos setores econômicos de alto consumo como, por exemplo, o da construção civil (Rodrigues; Villela, 2016). Em 2001 a disponibilidade hídrica para a RMSP se igualou à demanda, de $66\text{m}^3/\text{s}$, atualmente o déficit de captação em relação à demanda é de $10\text{m}^3/\text{s}$ (Neto, 2016). Tendo em vista ainda a diminuição do abastecimento hídrico por parte do solo, devido ao já mencionado pisoteio do gado, somado ao aumento das vazões superficiais, é provocado não só um déficit no armazenamento de água, mas também a degradação do sistema fluvial (Rodrigues; Villela, 2016).

Diversos estudos apontam soluções para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis, como nos recentes estudos de Rodrigues e Villela (2016), por exemplo, que indicam que a água deveria ser armazenada pelo solo, pois mesmo que haja uma grande entrada de água na UGRHI 5, ela tem um escoamento superficial que passa direto pelas bacias hidrográficas, quando deveriam ser armazenadas pelo solo. É exemplificada ainda a perda das concentrações pluviométricas dos anos mais

chuvosos como o caso de 2011 onde grande parte da concentração pluviométrica foi perdida pelo escoamento superficial. Também destacam que apesar das bacias hidrográficas “produtoras” receberem pela cobrança do uso da água bruta, essa verba não é suficientemente investida em estudos e em instrumentos de proteção. A criação de Áreas de Proteção Ambiental (APA) e a melhor execução de planos de manejo nas APAs existentes, também são medidas que devem ter a atenção dos gestores da UGRHI 5. Nesse sentido, Júnior, Galvani, Lima e Alves (2012) mostram as possibilidades das diferentes escalas dos estudos climatológicos em Unidades de Conservação.

Outra solução bastante recomendada para a crise de abastecimento hídrico da RMSP é a captação da água de outros reservatórios, Neto (2016. P. 480) suscita a possibilidade de captação de água da bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape, que tem vazão de 520m³/s em sua foz e “com viabilidade técnica, ambiental e socioeconômica”.

De acordo com o que foi exposto, a crise de abastecimento hídrico vivida no estado de São Paulo alerta para uma necessidade de reformas no sistema de gestão dos recursos hídricos. Cabe salientar que o maior prejudicado é o consumidor doméstico da água, pois além de sofrer com o racionamento no abastecimento hídrico (apesar do governo estadual negar a necessidade de racionamento, em 2014 muitos bairros da RMSP ficaram sem água), sofre com os problemas ambientais, sendo que grande parte da demanda de água advém da indústria e do consumo de bens de serviço, que também são os principais agentes de degradação ambiental, ainda que pela Lei Federal nº 9.433/1997 o abastecimento doméstico e a dessedentação de animais seja prioridade em caso de escassez hídrica (Fracalanza; Freire, 2016). Segundo Jacobi (2015, p. 424, 430 e 434):

“A pobreza, a desigualdade no acesso à água e aos serviços sanitários, o financiamento inadequado da infraestrutura urbana, a falta de transparência em relação ao estágio atual dos recursos hídricos, além de formas inadequadas de uso e gestão dos recursos hídricos dificultam o objetivo do uso sustentável da água (Unesco, 2015).

(…)

A incorporação de novos atores sociais com outras demandas de uso da água, como os setores empresarial, industrial e agrícola; a racionalidade administrativa diferente, sobretudo dos municípios; as diferentes visões legítimas de apropriação do recurso água trazem para o ambiente da gestão da água no Brasil uma lógica de disputa e negociação. Os novos atores sociais alteram o ambiente da gestão dos recursos hídricos, que deixa de ser formado por uma tecnocracia do Estado com forte presença do setor elétrico e passa a contar com outros técnicos do Estado, sobretudo da recente área ambiental, assim como, representantes dos municípios, e da sociedade civil: setor produtivo, movimento social, ONG e Universidades.

(...)

Nesse sentido, a mesa redonda realizada no âmbito da parceria do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo com o Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS) traz algumas sugestões: deve-se considerar a proteção dos mananciais como questão estratégica, assim como legitimar o papel do Ministério Público no processo de fiscalização do poder público, promover articulação entre políticas municipais e estaduais de recursos hídricos com os comitês de bacias hidrográficas, fortalecer a capacidade de ação dos municípios e estabelecer as diretrizes da estratégia de combate à crise, em especial a apresentação de um plano de contingência.”

Um projeto que é referência na tentativa de mitigar os impactos da estiagem na disponibilidade hídrica (e contribuição ambiental de forma geral) acontece na cidade de Extrema, que foi a primeira no país a remunerar quem refloreste e conserve os mananciais de sua propriedade. Situada na parte mineira da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, portanto fora da gestão paulista, a prefeitura de Extrema, com apoio de ONGs e pequenos incentivos dos governos federal e mineiro, recuperou até 2015 sete mil hectares de florestas em mananciais, com aumento significativo na vazão dos rios locais. O projeto de Extrema mostra-se como exemplo a ser seguido em todo o país (ou mesmo no mundo todo), como uma solução à crise de abastecimento hídrico e preservação ambiental.

Este trabalho tratou da análise temporal e espacial das chuvas de uma determinada área de estudo para o estudo da crise de abastecimento hídrico brasileira, no entanto mostra também o quanto amplo pode ser esse estudo. É feita, aqui, apenas uma de tantas contribuições possíveis para o entendimento e gestão dos recursos hídricos. Assim como é mostrada a relevância de um amplo estudo climático e ambiental, com trabalhos referentes não só às chuvas, mas também em relação à hidrografia, solos, usos do solo, geomorfologia, biogeografia, geopolítica, entre outros.

De acordo com Rodrigues e Villela (2016, p. 407):

“Conforme dito anteriormente, para se analisar a disponibilidade de água é necessário observar, tanto as variáveis naturais das áreas das bacias hidrográficas geradoras de água bruta mais independentes, como a climática, considerando a “entrada” de água e o estado de preservação das superfícies receptoras, quanto as variáveis dependentes de gestão, a exemplo da capacidade da infraestrutura para o uso dessa água de entrada. Associada a uma avaliação dos padrões de consumo, são esses os principais pontos que melhor instruem a avaliação de disponibilidade e de escassez, e, por meio deles, as responsabilidades dos atores sociais envolvidos.”

Contudo, fica evidente a necessidade de maiores pesquisas e investimentos que visem tanto a mitigação dos danos já instalados na UGRHI 5, como também medidas de prevenção à novas crises de abastecimento hídrico, no caso da presente pesquisa ficam sinalizadas possíveis pontos estratégicos de atuação e algumas possibilidades metodológicas. Foi apontada, além das responsabilidades administrativas, a importância de métodos, como, por exemplo, o uso do SIG para o planejamento e controle das medidas mitigadoras e preventivas, onde obteve-se um panorama do uso antrópico do solo, da vegetação, do relevo e da atuação e distribuição das chuvas na área de estudo, contribuindo para estratégias como: onde atuar em relação aos maiores e menores totais pluviométricos, onde reflorestar, onde é necessário maior armazenamento de água, em qual contexto climatológico atuar, como monitorar o desmatamento (o uso do Cadastro Ambiental Rural é um exemplo), como visualizar a produção do espaço em questão, etc.

7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. F.; NOGUEIRA, J. D. L. **Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros – RN.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009,INPE,p.4117-4123.

ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. ; FERREIRA, M. E. C.. **Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó - PR.** Boletim de Geografia, Maringá, v. 20, n.2, p. 41-57, 2002.

ARAÚJO, N. **Águas da Mantiqueira abastecem a região mais populosa do país:** Serra tem características como clima e tipo de rocha. Fatores transformam a região em fonte de água pura. Globo Rural, edição do dia 27/09/2015.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2015/09/aguas-da-mantiqueira-abastecem-regiao-mais-populosa-do-pais.html>> Acesso em: outubro de 2015.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** Tradução de Maria Juraci dos Santos 10^a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 332 p.

BARROS, J. R. **Bases Conceituais em Climatologia Geográfica.** Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da UFG, Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16. Goiânia, 2009.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E.. **A Dinâmica Atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas.** Acta Scientiarum. Technology, v. 30, p. 221-229, 2008.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Boletim Climanálise.** Disponível em: < <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: fevereiro de 2016.

CHIERICE, R. A. F. Variabilidade espacial e Temporal de Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Rio Claro, 2013.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ,
Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – UGHRI 5. Relatório Técnico Final, 1º volume.

CONTI, J.B. A **Geografia física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical.** Humanitas, São Paulo, 2002.

_____. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnoreste paulista.** Tese (Doutorado). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

_____. **Geografia e Climatologia.** Geousp, São Paulo, n.9, p. 91-95, 2001.
CORREA, M. G. G. Distribuição Espacial e Variabilidade da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Rio Piquiri-PR. São Paulo, 2013.

CUSTÓDIO, V. A **crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015).** Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Dados Hidrológicos,** Versão: 20150105.1.

Disponível em: <<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: março de 2015.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSSISTEMAS DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (LEB - ESALQ - USP). **Base de Dados da Estação Convencional.**

Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/posto/>>. Avcesso em: agosto de 2016.

FERNADEZ, M. N. **Preenchimento de falhas em séries temporais.** 106f. Rio Grande, 2007.

FERREIRA, V.O. **Análise de tendências em séries pluviométricas:** algumas possibilidades metodológicas. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.317 – 324, 2012.

FIQUEM SABENDO. Sabesp paga R\$ 1 milhão de bônus a diretores.

Disponível em: <<http://www.fiquemsabendo.com.br/2016/03/sabesp-paga-r-1-milhao-de-bonus-a-diretores/>> Acesso em: maio de 2016.

FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. **Crise da Água na Região Metropolitana de São Paulo:** injustiça ambiental, privatização e mercantilização de um bem comum. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 464-478, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

Disponível em: URL: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/103064>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.103064>.

G1 SÃO PAULO. Alckmin irá receber prêmio de gestão hídrica na Câmara dos Deputados.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/09/alckmin-ira-receber-premio-de-gestao-hidrica-na-camara-dos-deputados.html>> Acesso em: maio de 2016.

GALVANI, E. **Considerações Acerca dos Estudos Bioclimáticos.** In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. Geografias de São Paulo: A Metrópole do Século XXI. 2004.

GALVANI, E.; PEREIRA, A. R. ; KLOSOWSKI, E. S.. **Relações entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-PR.** Acta Scientiarum (UEM) (Cessou em 2002), Maringá-Pr, v. 20, n.4, p. 531-535, 1998.

INSTITUTO GEOGRÁFICO CARTOGRÁFICO (IGC). **Mapeamento Temático do Uso e Cobertura da Terra da UGRHI 5 (PCJ) na Escala 1:25.000 – Nível I e Nível II.** São Paulo, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:1.000.000, São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:500.000, São Paulo.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J. C.; SOUZA, A. N. **Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo – 2013-2015.** Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 422-444, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

Disponível em: URL: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/104114> DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.104114>.

JUNIOR, S. S.; GALVANI, E.; LIMA, N. G.B.; ALVES, R.R. **Adequação da escala climatológica para planos de manejos:** o Parque Estadual Intervales como estudo de caso. In: GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. (orgs) Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso. Curitiba, PR : CRV, 2012.

MACEDO, F. O bode subiu no telhado: **Entenda a crise hídrica que está por trás da crise hídrica e quais outros dilemas a falta d'água revela.** Revista Página 22. FGV-GVces, n.93, março de 2015, P.18-23.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. **Método de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso.** Revista Brasileira de Geografia Física 04. Goiânia, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA / SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo. Carta em escala 1:500.000.** 1960

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 8 abr. 2015.

MONTEIRO, C.A.F. A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil. Série Teses e Monografias nº1, São Paulo, 1969.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo sob a forma de atlas.** Laboratório de Climatologia, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973, 130 p.

_____. **Teoria e clima urbano.** São Paulo, IGEOG-USP, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, v.25).

MORAES, M. P. C.; NERY, J. T. Análise da Variabilidade Pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul (UGHRI-2). 2014

NETO, J. C. C. A crise hídrica no estado de São Paulo. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 479-484, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

Disponível em: URL: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/101113>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.101113>.

NUNES, L. H. Distribuição Espaço-Temporal da Pluviosidade no Estado de São Paulo: Variabilidade, Tendências, Processos Intervenientes. São Paulo, 1997, 192p.

NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. A Questão da Variabilidade Climática: uma reflexão crítica. Revista do Instituto Geológico, v.16, n.1/2, p.21-1, 1995.

OLIVEIRA, L. F. C.; FLOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, A. S. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas de Séries Históricas de Precipitação Pluvial Anual. Campina Grande, PB, 2010.

OLIVEIRA, I. J.; NASCIMENTO, T. F. Mapas da Climatologia, Bases Teórico-Metodológicas. Goiânia, GO. Revista da ANPEGE, v. 7, n. 7, p. 127 -141, jan./jul. 2011.

PARKER, D. R.; FOLLAND, C. K. The nature of climatic variability. *The Meteorological Magazine*, v.117, n.1392, p.201-10, 1988.

PASCOALINO, A.; ZANDONADI, L. **Distribuição Temporo-espacial das Chuvas nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ)**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.830 – 843, 2012.

PELLEGATTI, C. H. G.; GALVANI, E. **Avaliação d Precipitação na Serra do Mar-SP em Eventos de Diferentes Intensidades e Duração**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 27, pp. 147 - 158, 2010.

RIBEIRO, A. G. **As Escalas do Clima**. BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, 23(46-46):288-294, 1993.

RODRIGUES, C.; VILLELA, F. N. J. **Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo: elementos-chave para compreender a origem da atual crise de abastecimento**. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 399-421, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

Disponível em: URL: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/111496/112845>.
DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.111496>.

ROETHIG, C.; LIMA, M. A. L.; MASCARENHAS, M.; GALVANI, E. **Estudos Sobre a Temperatura Média, Ar e Chuvas na R.M.S.P. e Sua Relação com os Sistemas Frontais**. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p.63-74. 1994.

SANSIGOLO, C. A.; PEREIRA, C.S.; SILVA, I. R. **Relações entre as precipitações regionais no Sul do Brasil e as temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.1, 5-11, 2004

SANT'ANNA NETO, J. L. **A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico.** In: Amorim, Sant'Anna Neto & Monteiro (org.). Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013, p. 11-73.

SCHRODER, R. **Relatório sobre o estado atual do conhecimento da climatologia agrícola na região da bacia Paraná-Uruguai e plano de organização de um serviço agroclimatológico na mesma zona.** São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1956.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P.; ALFONSI, R. R. **Um Século de Desmatamento: Efeitos no Regime Térmico, Pluvial e no Balanço Hídrico em Campinas,** SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 2, p. 99-103, 1994.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia.** Tradução de José Bueno Conti. Revista do Departamento de Geografia, 18 (2006) 89-94.

TARIFA, J.R. **Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo.** Série Teses e Monografias nº19. São Paulo, 1975.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão Digital, 2006, 449 p. À AGRICULTURA (CEPAGRI). Clima dos municípios paulistas.
Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipiospaulistas.html>>. Acesso em 27 de julho de 2013.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento Agroclimático para a Produção de Roseiras (Rosceas spp) no Rio Grande do Sul.** São Paulo, 2011.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Hydrological Practices.** Data Acquisition and Processing. Analysis, forecasting and other Applications. 5 ed. n. 168. Geneva: 1994, p.259