

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ- UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA COORDENAÇÃO
DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ELIELTON ROCHA DZIUBATE

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA
PLUVIOSIDADE NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR**

Campo Mourão

2013

ELIELTON ROCHA DZIUBATE

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA
PLUVIOSIDADE NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento Acadêmico da Coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de graduação em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cleide Baldo.

CAMPO MOURÃO

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Ambiental - COEAM
Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA PLUVIOSIDADE NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR

por

ELIELTON ROCHA DZIUBATE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 10 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

MARIA CLEIDE BALDO

EUDES JOSÉ ARANTES

VICTOR DA ASSUNÇÃO BORSATO

"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental"

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e pesquisadores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Meus agradecimentos também, a todos os professores o qual tive o prazer de ser aluno ao longo dessa trajetória.

Em especial agradeço a Professora Dr^a. Maria Cleide Baldo, por sempre acreditar no meu potencial, antes mesmo de eu ter me descoberto no rumo dessa caminhada.

A todos os colegas e amigos de estudo que no qual tive o prazer de conviver todos esses anos de estudo.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento á minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

RESUMO

A precipitação pluviométrica por ser um fenômeno descontínuo, é muito variável no tempo e no espaço, torna-se necessária a compreensão de sua distribuição e variabilidade, portanto é imprescindível analisar tanto os fatores dinâmicos, sistemas atmosféricos, quanto os fatores estáticos, o relevo para melhor entender os padrões climáticos predominantes e suas alterações ao longo de toda a série analisada. O principal objetivo deste trabalho foi fazer uma análise temporal e espacial da variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Pirapó-PR na escala diária, mensal, sazonal, anual e interanual com o intuito de detectar os padrões predominantes de distribuição pluvial existente. Para tanto foram utilizados os dados mensais de precipitação de 8 postos pluviométricos do período de 1976 a 2010, dados estes obtidos junto ao INSTITUTO das ÁGUAS DO PARANÁ - Sistema de Informações Hidrológicas – SIH. A bacia possui uma área de 5.067km² e está localizada no norte do Estado do Paraná. Realizada a etapa de escolha dos postos e uniformização e correção dos dados aplicou-se a estatística descritiva para todas as escalas de análises. Posteriormente através da Metodologia proposta por Monteiro (1976) foi realizada a escolha do “ano padrão”. Foi aplicada a análise de cluster que teve como objetivo delimitar as regiões que apresentassem similaridade no padrão pluviométrico possibilitando uma análise pormenorizada de cada porção da bacia. A média anual de pluviosidade na área de estudo é de 1500mm, sendo que a foz da bacia apresenta os menores valores abaixo de 1300mm e a montante valores acima de 1600mm. Constatou que os anos de 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009 foram considerados de padrão chuvoso e os anos de 1978, 1984, 1985, 1988 e 2008 com o padrão seco. Com relação análise de cluster, três grupos foram gerados grupo-1 porção norte da bacia, com valores 1386mm, grupo-2 porção sudoeste com 1531mm e o grupo-3 na porção sul e sudeste com 1595mm. Os resultados também indicaram grande efeito do fator orográfico nos valores de precipitação pluviométrica da bacia.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica do rio Pirapó. Precipitação pluviométrica. Paraná.

ABSTRACT

Rainfall for being a discontinuous phenomenon, is highly variable in time and space, eventually becomes necessary to understand its distribution and variability, so it is essential to analyze both dynamic factors, atmospheric systems, the static factors, relief for better understand the prevailing weather patterns and their changes throughout the series analyzed. The main objective of this study is make an analyze temporal and spatial variability of rainfall in the river basin Pirapó in PR in the scale daily, monthly, seasonal, annual and interannual with aim to detect the predominant patterns of rainfall distribution exists. Therefore we used data monthly rainfall of 8 rain gauges the period 1976-2010, data obtained from these INSTITUTE WATERS PARANÁ - Hydrological Information System - SIH. The basin has an area of 5.067km² and is located in the northern state of Paraná. Held step of choosing jobs and standardization and data correction applied to descriptive statistics for all scales of analysis. Later through the methodology proposed by Monteiro (1976) was performed to select the "standard year". Was applied to cluster analysis aimed to delineate the regions that present similarity in rainfall pattern enabling a detailed analysis of each portion of the basin. The average annual rainfall in the study area is 1500mm, and the mouth of the basin has the lowest values below 1300mm and 1600mm above amount values. Found that the years 1980, 1983, 1997, 1998 and 2009 were considered rainy pattern and the years 1978, 1984, 1985, 1988 and 2008 with standard dry. Regarding cluster analysis, three groups were generated group 1 northern portion of the basin, with values 1386mm, group 2 with southwestern portion 1531mm group and 3 in the southern and southeast by 1595mm. The results also showed significant effect of the factor values orographic rainfall in the basin.

Key-words: River basin Pirapó. Rainfall. Paraná.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo, bacia do rio Pirapó no Estado do Paraná.....	18
Figura 2 - Municípios que se encontram inseridos totalmente e parcialmente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.....	19
Figura 3 - Geologia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.....	21
Figura 4 - Geomorfologia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.....	23
Figura 5 - Classes de solos presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.	24
Figura 6 - Classes de declividade presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.	25
Figura 7 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.	26
Figura 8 - Fitogeografia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.....	27
Figura 9 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá - PR, com predominância de Peróba, Canafístola, Timboril, Angico-vermelho, pau-marfim, alecri e cedro.	28
Figura 10 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Savana no município de Jaguariaíva – PR, com predominância de Stryphnodendron, Anadenanthera, Couepia, Tabebuia, Annona, Caryocar e Qualea.	29
Figura 11 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó - PR.	30
Figura 12 - Valores médios mensais de precipitação para o período de 1976 a 2010 na bacia do rio Pirapó-PR.....	34
Figura 13 - Distribuição da precipitação média mensal para os 8 postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó-PR – 1976 a 2010.....	35
Figura 14 - Média pluviométrica para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).....	36
Figura 15 - Média pluviométrica para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).	37
Figura 16 - Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade mensal na bacia do rio Pirapó (1976 -2010).....	39
Figura 17 - Meses mais chuvosos para os postos da bacia do rio Pirapó (1976 a 2010).	40
Figura 18 - Valores médios sazonais de precipitação para o período de 1976 a 2010 na bacia do rio Pirapó-PR.....	41
Figura 19 - Distribuição da precipitação média sazonal para os 8 postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó - PR – 1976 a 2010.....	42
Figura 20 - Precipitação média sazonal da bacia do rio Pirapó – PR (período 1976 a 2010).	43
Figura 21 - Precipitação média anual da bacia do rio Pirapó – PR (período 1976 a 2010).	45
Figura 22 - Média espacializada da pluviosidade anual na bacia do rio Pirapó - PR (1976 a 2010).	46
Figura 23 - Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade total anual na bacia do rio Pirapó (1976 -2010).....	47
Figura 24 - Dendograma da bacia hidrográfica do Pirapó – PR.....	48

Figura 25 - Classificação dos postos pluviométricos obtidos através da análise multivariada de cluster para a bacia hidrográfica do rio Pirapó – PR.	49
Figura 26 - (A): Pluviosidade para o ano de 1980 (B): Pluviosidade média anual para o período.	51
Figura 27 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para posto de Maringá no ano de 1980.....	52
Figura 28 - (A): Pluviosidade para o ano de 1983 (B): Pluviosidade média anual para o período.	53
Figura 29 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 1983.....	53
Figura 30 - (A): Pluviosidade para o ano de 2009 (B): Pluviosidade média anual para o período.	54
Figura 31 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 2009.....	55
Figura 32 - (A): Pluviosidade para o ano de 1978 (B): Pluviosidade média anual para o período.	56
Figura 33 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 1978.....	56
Figura 34 - (A): Pluviosidade para o ano de 1985 (B): Pluviosidade média anual para o período.	57
Figura 35 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o ano de 1985.	58
Figura 36 - (A): Pluviosidade para o ano de 1988 (B): Pluviosidade média anual para o período.	58
Figura 37 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o ano de 1988.	59
Figura 38 - Número de dias de chuva para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho na bacia do rio Pirapó – PR.	60
Figura 39 - Número de dias de chuva para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro na bacia do rio Pirapó – PR.	62
Figura 40 - Número de dias de chuva para o verão, outono, inverno e primavera na bacia do rio Pirapó – PR.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	12
3.1 ANÁLISES CLIMÁTICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	12
3.2 ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA	13
3.3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NO PARANÁ.....	17
4 MATERIAIS	18
4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
4.2 METODOLOGIA.....	30
4.2.1 Representação espacial da pluviosidade	31
4.2.2 Análise de cluster	32
4.2.3 Painel espaço temporal da pluviosidade mensal e anual.....	32
4.2.4 Determinação do Ano Padrão	33
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 ANÁLISE MENSAL	34
4.1.1 Pluviosidade média mensal para o período de 1976 a 2010.....	34
4.1.2 Histograma da distribuição mensal da pluviosidade.....	35
4.1.3 Distribuição espacial da pluviosidade média mensal	36
4.1.4 Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade mensal.....	38
4.2 ANÁLISE SAZONAL	40
4.2.1 Pluviosidade média sazonal para o período de 1976 a 2010	40
4.2.2 Histograma da distribuição sazonal da pluviosidade	41
4.2.3 Distribuição espacial da pluviosidade média sazonal.....	43
4.3 ANÁLISE ANUAL	44
4.3.1 Pluviosidade média anual para o período de 1976 a 2010.....	44
4.3.2 Distribuição espacial da pluviosidade anual.....	45
4.3.3 Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade anual	46
4.4 ANÁLISE DE CLUSTER.....	47
4.4.1 Classificação das áreas homogêneas para a bacia do rio Pirapó-PR.....	47
4.6 DETERMINAÇÃO DO ANO PADRÃO.	49
4.7 ANÁLISE DOS ANOS ATÍPICOS.....	50
4.7.2. Análise dos três anos mais secos: 1978, 1985 e 1988	55
4.8 ANÁLISE DIÁRIA.	59
4.8.1 pluviosidade diária mensal	59
4.8.2 pluviosidade diária sazonal	62
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O clima constitui um importante elemento da paisagem que compõem as características ambientais de uma bacia hidrográfica, sendo um de seus principais formadores. Em razão disso, torna-se de suma importância o conhecimento detalhado de sua dinâmica com os demais elementos do ambiente, para o desenvolvimento de qualquer atividade humana (MENDONÇA, 1997).

O clima é o resultado, de um processo complexo que envolve a interação de diversos fatores, entre os quais está o relevo, a vegetação, a atmosfera e oceano (SANT'ANNA NETO, 2003).

Associado aos fatores como relevo, tempo, material de origem, organismos vivos, o clima constitui um importante elemento na formação do solo, servindo de suporte para as plantas. Por meio de seus elementos, temperatura, umidade e pluviosidade, tornam possível o processo da fotossíntese, dando vida a fauna e a flora.

Nesse âmbito de estudo, a bacia hidrográfica que é entendida como uma célula de análise ambiental para Botelho e Silva (2004), vem ganhando lugar de destaque, em estudos realizados por diversos autores em diferentes áreas do saber. Pois, permite o conhecimento detalhado e integrado dos processos e interações em si contidos. Desenvolvendo a partir deste, uma forma inteligente de subsídio para o desenvolvimento da sociedade.

O resultado da interação dos fatores estáticos e dinâmicos, que determinam o clima, pode ser percebido através do comportamento de seus elementos climáticos (NIMER, 1971).

A pluviosidade contempla um importante elemento climático no desenvolvimento da economia. Pois, é por meio dela que é gerada grande parte da energia consumida no Brasil, além das possibilidades agrícolas, que representa grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

Portanto, a precipitação pluviométrica, principal entrada do balanço hidrológico, é o elemento climático, dentre outros elementos e fatores, de suma importância para entender este equilíbrio. Considerando essa importância é que se optou em direcionar este estudo para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

A área de estudo está localizada no terceiro planalto Paranaense região norte do Estado do Paraná, entre 22°32'30" e 23°36'18" de latitude Sul e 51°22'42" e 52°12'30" de longitude Oeste de Greenwich. Com área de 5.076 Km², a bacia hidrográfica do rio Pirapó tem 33 municípios inseridos totalmente ou parcialmente na bacia que juntos detém uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010).

O conhecimento dos padrões predominantes de distribuição pluvial além de gerar subsídio para o planejamento urbano e rural contribui para uma melhor gestão dos recursos hídricos que é indispensável para o desenvolvimento da sociedade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise temporal e espacial da variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Pirapó-PR na escala diária, mensal, sazonal, anual e interanual com o intuito de detectar os padrões predominantes de distribuição pluvial existente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a estatística descritiva dos dados de pluviosidade de 8 postos pluviométricos compreendidos entre o período de 1976 a 2010, utilizando-se os respectivos parâmetros; média, desvio-padrão e coeficiente de variação para as escalas de análise diária, mensal trimestral, sazonal, anual e interanual.
- Fazer a representação espacial dos dados obtidos através da estatística descritiva da pluviosidade.
- Determinar a existência de grupos homogêneos de pluviosidade na área estudo.
- Elaborar o painel espaço temporal da pluviosidade mensal e anual.
- Determinar o ano padrão proposto por Monteiro (1976).

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 ANÁLISES CLIMÁTICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

O conhecimento espaço-temporal da variabilidade das chuvas em uma bacia hidrográfica permite além da disponibilidade de dados para o abastecimento público e zoneamento agrícola, uma ferramenta de grande valor em relações a mitigação de impactos ambientais, gerados pelos processos erosivos, apontando possíveis áreas que apresentem maior suscetibilidade a esses processos, evitando desta forma o assoreamento de rios e nascentes, comprometendo deste modo o potencial hídrico existente.

O estudo relacionado à caracterização das chuvas, em especial bacias hidrográficas, abrange uma importância nacional por que é de fundamental importância para o planejamento, aproveitamento e distribuição dos recursos hídricos nela existente (ZANDONADI, 2009).

Silva (2000) estudou a distribuição das chuvas na bacia do rio Corumbataí - SP, e correlacionou precipitação pluviométrica mensal com o índice de consumo da cidade de Rio Claro e a qualidade da água para consumo em razão do ritmo pluvial. Constatou através da análise dos pluviogramas que no mês de setembro ocorre o início do processo de recuperação da umidade em toda a bacia, processo esse que se estende aos meses de outubro e novembro.

Analisando a variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, Baldo (2006) concluiu que para todas as escalas de análise estudadas, a distribuição espacial da pluviosidade apresentou um padrão com os valores mais elevados a montante, devido o efeito orográfico e ao clima subtropical úmido predominante dessa porção, enquanto os menores valores foram registrados na porção a jusante, por estar numa área de baixas altitudes, situado numa faixa de transição do clima subtropical.

O conhecimento da distribuição espacial e temporal das chuvas em uma bacia hidrográfica, tida como fonte de abastecimento de água de um determinado local, é de extrema importância para ser monitorada porque permite o planejamento em períodos considerados críticos em caso de estiagem.

Contribuição ao entendimento da dinâmica climática, atuante na bacia do rio Iguaçu-PR, foi dada por Azevedo (2006), ao analisar a distribuição pluvial atuante na bacia hidrográfica no período de 1965 a 2002, totalizando 195 postos. A partir da análise de dados diários, mensais e anuais de distribuição pluvial constatou que existe um aumento na pluviosidade da parte montante (1500mm) em direção a jusante (1900mm) da bacia. A dinâmica atmosférica regional aliada com a organização das formas de relevo de certa forma influencia a distribuição pluvial da bacia.

A homogeneização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Goiana – PE foi determinada por Santos, Galvínio e Moura (2008). Neste trabalho os autores aplicaram o método de agrupamento de Ward e adotando como medida de dissimilaridade a distância euclidiana, conseguiram concluir que a bacia possui três regiões pluviometricamente homogêneas.

A variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Pirapó-PR foi estudada por Souza, Martins e Nery (2002) através da análise de 19 anos de série de dados pluviométricos compreendido no período entre 1980 a 1998. Aplicando parâmetros estatísticos como média, desvio padrão, coeficiente de variação e cálculos de anomalias, concluíram que a bacia do rio Pirapó apresenta variabilidade pluviométrica de um ano para outro. Especialmente a montante da bacia se destaca por apresentar maior valor na quantidade de precipitação pluviométrica.

As possibilidades hidroenergéticas da bacia do rio de Contas, na Bahia foi analisada por Maksoud (1964), que utilizou 40 anos de dados médios anuais de pluviosidade para caracterizar o potencial hidrológico da bacia, a partir da gênese e caracterização da pluviosidade, com o intuito de gerar subsídio para o aproveitamento energético.

3.2 ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

A análise da variabilidade pluviométrica permite através dos fatores que a influenciam (latitude, relevo, massas de ar, radiação, entre outros) a caracterização do clima, principalmente quando se diz respeito a disponibilidade de água no solo,

que serve como forma de subsídio para o abastecimento público, zoneamento agrícola, planejamento e manejo de bacias hidrográficas.

O conhecimento da distribuição e variabilidade pluviométrica é muito importante para o zoneamento agrícola da área, pois pode minimizar perdas econômicas a muitos agricultores e principalmente ao próprio Estado do Paraná, que segundo Nery, Vargas e Martins (1995) possui sua economia baseada na agricultura.

A geração de energia é também, um fator importante na economia do Estado do Paraná. O conhecimento da variabilidade pluviométrica é de fundamental importância no planejamento dessa atividade, como também o conhecimento dos impactos das variações climáticas sobre a variabilidade da chuva. Permitindo a partir desse ponto de vista um melhor planejamento sobre essas variações e consequentemente o uso mais eficiente dos recursos hídricos (GRIMM e FERRAZ, 1997).

Segundo Carvalho (2007), a variabilidade espacial observada nas precipitações se deve a forma de circulação atmosférica ao redor do globo, associado a interação das massas de ar com o relevo, a variação da radiação solar em diferentes latitudes, e a distância do mar ou continentalidade, entre outros fatores.

Albuquerque et al. (2010), determinaram a distribuição espacial da precipitação climatológica em 6 Mesorregiões criada pelo IBGE no Estado do Pará, são elas: Mesorregião Geográfica do Baixo Amazonas; Mesorregião Geográfica de Marajó, Mesorregião Geográfica Metropolitana de Belém; Mesorregião Geográfica do Nordeste Paraense; Mesorregião Geográfica do Sudoeste Paraense; e Mesorregião Geográfica Sudeste Paraense. Para a análise foram utilizados dados de 150 postos meteorológicos de superfície distribuídos sobre a Amazônia oriental, no período de 1978 a 2008. Os resultados mostram que o verão e o outono se caracterizam por abrigar os meses mais chuvosos do Estado, com 1200 mm de pluviosidade em algumas regiões. A época com menor pluviosidade ocorre no inverno e primavera. A ZCIT desloca-se para o hemisfério norte, o que favorece somente as chuvas tidas como convectivas.

A variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões sudeste e Sul do Brasil foi estudada por Silva (2006), com o objetivo de analisar as variabilidades espacial, sazonal e interanual da precipitação pluviométrica. Também foram

identificadas a partir da análise de agrupamento, 13 regiões homogêneas de regime de precipitação. Houve variação na precipitação anual da bacia, de 956 mm nos vales do São Francisco-Jequitinhonha a 1830 mm na bacia do Iguaçu-chapecó.

O regime da precipitação pluviométrica do Rio Grande do Sul foi estudado por Berlato (1970), concluiu através da elaboração de mapas de isoietas que as áreas mais secas do Estado estão no litoral e na faixa da Campanha. As áreas mais chuvosas estão localizadas na serra do Nordeste e uma faixa limitada pelos municípios de Santa Rosa, Soledade e Palmeira das Missões.

Barbieri, et al. (2009), ao fazerem o estudo da relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil, enfatizam que são vários os fatores que provocam a variabilidade da precipitação na região Sul do Brasil, como o fenômeno El Niño e a La Niña, que provocam impactos na circulação atmosférica regional e global.

A análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral Sul Fluminense no Estado do Rio de Janeiro foi realizada por Soares, Francisco e Carvalho (2005). Utilizaram uma série de 29 anos de dados de precipitação de 31 postos pluviométricos. Os resultados apontaram o litoral como áreas mais chuvosas, com valores acima dos 2.000 mm. A forma da distribuição espacial e os elevados valores de pluviosidade da área são decorrentes da conjugação entre os mecanismos dinâmicos de influencia regional e estáticos de influencia local.

Estudando a climatologia da precipitação no Rio de Janeiro em diferentes escalas entre elas a mensal e sazonal, utilizando-se 10 anos de dados, Dereczynski, Oliveira e Machado (2009) observaram que a distribuição espacial do total pluviométrico anual médio mostra que os máximos concentram-se junto aos três maciços existentes na cidade: na Serra da Carioca na Serra do Mendanha e na Serra Geral de Guaratiba. Reduzindo em direção às planícies, sendo um mínimo observado na Zona Norte da cidade. A estação Sumaré destaca-se por seus elevados índices pluviométricos durante todo o ano, especialmente em setembro quando a precipitação média mensal (297,5 mm) chega a ser cerca de sete vezes maior do que a dos postos localizados na Zona Norte.

Andrade e Nery (2003) realizaram um trabalho sobre precipitação pluviométrica na bacia do rio Ivaí em diferentes escalas, entre elas a mensal e observaram que a área apresenta uma definição de períodos úmidos e seco bem

definido. Estando os meses de dezembro, janeiro e fevereiro entre os mais chuvosos, ao contrário dos meses de junho, julho e agosto que são marcados por períodos secos. Os mesmos autores, também relacionaram a variabilidade das chuvas à ocorrência dos fenômenos de El Niño e La Niña, pois anos de atuação de tais fenômenos, podem explicar a variação da pluviosidade em toda a região Sul do Brasil.

Analisando a variação temporo-espacial da pluviosidade na região da barragem de Barra bonita Armani e Tarifa (2000) concluíram que a distribuição temporal das chuvas em média, ocorre em grande parte no verão e na primavera, e em menores proporções no outono e inverno, sendo que o inverno é a estação menos chuvosa e o verão a mais chuvosa. Pela análise espacial da distribuição pluvial da média e dos anos-padrão e também da estrutura pluvial, foi possível detectar algumas áreas características com relação aos totais pluviométricos.

A análise da distribuição das chuvas no litoral Norte Paulista foi realizada por Roseghini (2007) através de 57 anos de dados pluviométricos, o estudo mostrou que o verão é caracterizado como a estação mais chuvosa do ano, apresentando medias de pluviosidade que variam entre 600 a 1000 mm e no inverno, os totais pluviométricos são abaixo dos 500 mm.

Ao fazer a aplicação do coeficiente de variação na precipitação pluviométrica no Estado do Paraná, Nery, Baldo e Klosowski (1997) concluíram que os maiores índices de precipitação estão concentrados no verão na região nordeste e leste do Estado. Apresentando as demais regiões uma distribuição e uma variabilidade mais homogênea da precipitação ao longo do ano. Essa análise de concentração das chuvas permite o zoneamento de culturas agrícolas que dependem de uma maior quantidade de chuvas para seu desenvolvimento.

Ao analisar o clima do oeste do Paraná próximo ao lago de ITAIPU, Limberger (2007) observou que os climas são marcados por manifestações de escala regional, nesse caso as massas de ar e os fatores locais como o relevo condicionam os diferentes climas.

Sette e Tarifa (2000) procuraram destacar a variação anual da pluviosidade entre o padrão habitual e o padrão de seca, num esquema em que deixa claro, que mesmo em situações extremas, a gênese é evidenciada, ou seja, ela varia na extensão, mas mantém a região. A gênese climática faz parte do holorrítmo, o clima interage nas paisagens através da vegetação, das geoformas, propriedades do solo

e o uso deste, como insumo de energia e regulador de processos que implica em condicionamentos na estrutura e funcionamentos desta. Entretanto, a partir do uso e ocupação das paisagens, tanto a estrutura como os processos são alterados.

3.3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NO PARANÁ

Segundo Monteiro (1968), a Região Sul do Brasil é o campo de ação das três principais massas de ar da vertente atlântica da América do Sul, guiado pelos sistemas de circulação do Hemisfério Sul e orientadas pelo relevo produzindo três grandes correntes de perturbação ou de grandes descontinuidades que atravessam a região.

A massa tropical atlântica, pela ação persistente do anticiclone oceânico, tem ação muito relevante no decorrer de todo o ano. As massas de ar equatorial continental e tropical continental atuam na região, atraídas pelo centro de baixa pressão do chaco associado às ondulações da frente polar através do corredor de planícies interiores, em correntes do noroeste. O avanço da massa polar atlântica, quer pelas modificações de propriedades que se produzem na sua trajetória, quer especialmente pelos mecanismos de desenvolvimento frontal que acarretam com as massas intertropicais, conferem às correntes do sul o caráter de mais importante descontinuidade que atravessa, não só a Região Sul, mas inclusive o território brasileiro (MONTEIRO, 1968).

O Paraná caracteriza-se do ponto vista climático com dois regimes distintos, o clima tropical e o clima subtropical. Os sistemas atmosféricos mais atuantes no Estado são polar, tropical continental, tropical atlântica e os sistemas frontais, sendo que a atuação e intensidade dos mesmos estão atreladas a sazonalidade. É importante ressaltar que outros mecanismos também influenciam na formação da pluviosidade como os complexos convectivos de meso escalas e a formação de ciclones extratropicais.

4 MATERIAIS

4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Pirapó está localizada na região norte Estado do Paraná entre $22^{\circ}32'30''$ e $23^{\circ}36'18''$ de latitude Sul e $51^{\circ}22'42''$ e $52^{\circ}12'30''$ de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1). Com área de 5.067 Km^2 , a bacia conta com 33 municípios que se encontram totalmente ou parcialmente inseridos na bacia (Figura 2), totalizando uma população de aproximadamente 950 mil habitantes.



Figura 1 - Localização da área de estudo, bacia do rio Pirapó no Estado do Paraná.

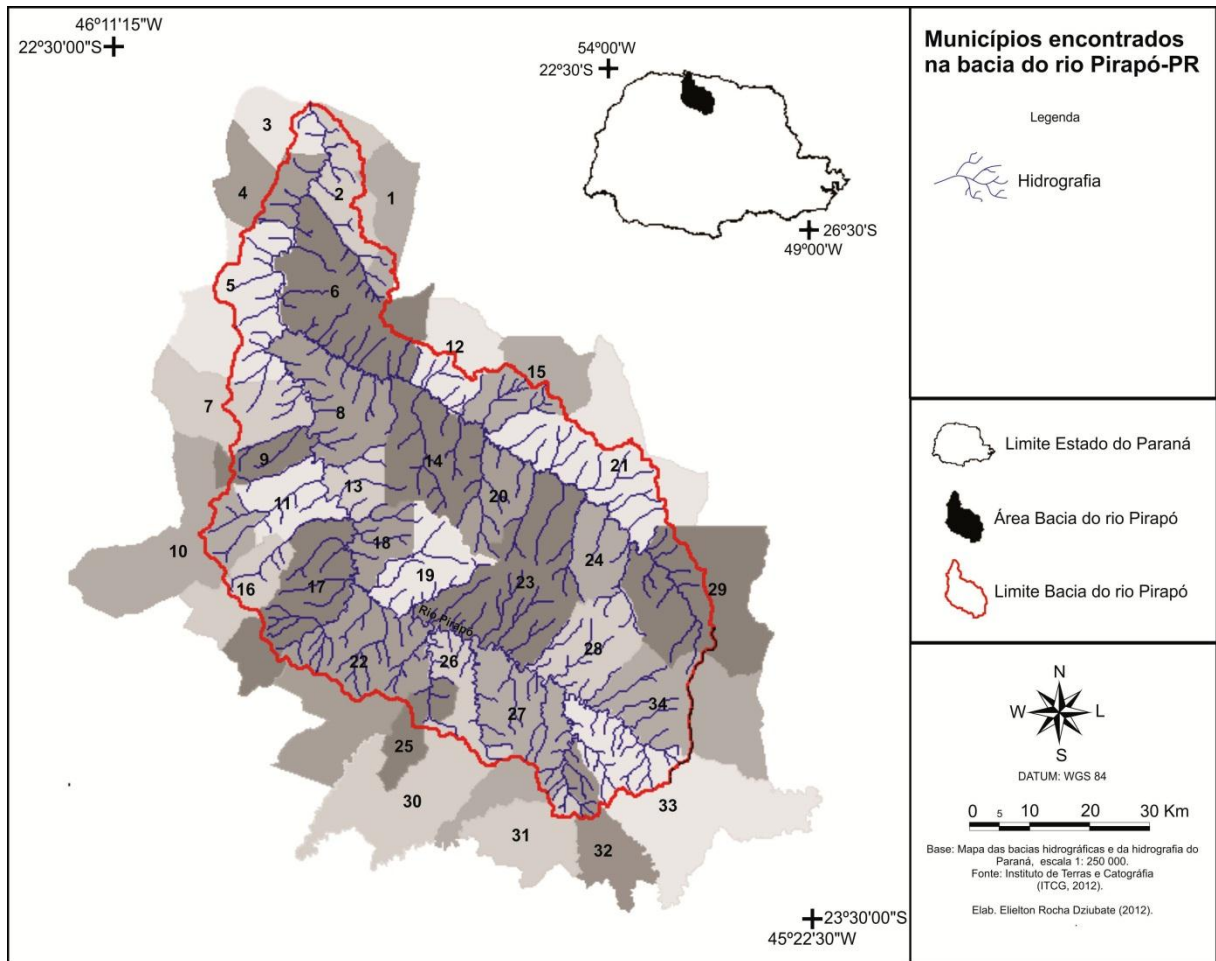


Figura 2 - Municípios que se encontram inseridos totalmente e parcialmente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

Tabela 1 - Relação dos municípios que se encontram total ou parcialmente inseridos na bacia do rio Pirapó-PR.

(continua)

Nº	Nome dos municípios	Nº	Nome dos Municípios
01	Santa Inês	18	Ângulo
02	Itaguajé	19	Iguaraçu
03	Jardim Olinda	20	Munhoz de Mello
04	Paranapoema	21	Jaguapitã
05	Paranacity	22	Maringá
06	Colorado	23	Astorga
07	Cruzeiro do sul	24	Pitangueiras
08	Lobato	25	Sarandi
09	Nova Esperança	26	Marialva
10	Uniflor	27	Mandaguari
11	Atalaia	28	Sabáudia
12	Nossa Senhora das Graças	29	Rolândia

Tabela 1 - Relação dos municípios que se encontram total ou parcialmente inseridos na bacia do rio Pirapó-PR.

(Conclusão)

Nº	Nome dos municípios	Nº	Nome dos Municípios
13	Flórida	30	Jandaia do Sul
14	Santa Fé	31	Cambira
15	Guaraci	32	Apucarana
16	Presidente Castelo Branco	33	Arapongas
17	Mandaguaçu		

Contribuem como seus tributários cerca de 60 afluentes diretos. Seu rio principal é o rio Pirapó que nasce no município de Apucarana, em torno de 1000 m de altitude, e corre em direção ao norte percorrendo uma extensão de 168 km até sua foz e deságua no rio Paranapanema, a 300 metros de altitude no município de Jardim Olinda. Destaca-se entre seus afluentes o rio Bandeirante do Norte que contendo como seus tributários cerca de 34 afluentes diretos, percorre 106 km de extensão da sua nascente localizada no município de Arapongas, até desaguar no rio Pirapó (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

A maior parte da água captada na bacia tem como destino o consumo humano, representando 53% do total outorgado na bacia, seguido pela irrigação com 25%, uso industrial com 2% e dessedentação e aquicultura com outros 2% (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

A área de estudo apresenta duas características geológicas predominantes, o basalto da formação Serra Geral, presente na parte alta da bacia e o arenito das formações Caiuá e Santo Anastácio (figura 3), estando estes situados a média e baixa bacia. Além de uma pequena porção representada pelos sedimentos inconsolidados (MINEROPAR, 2001).

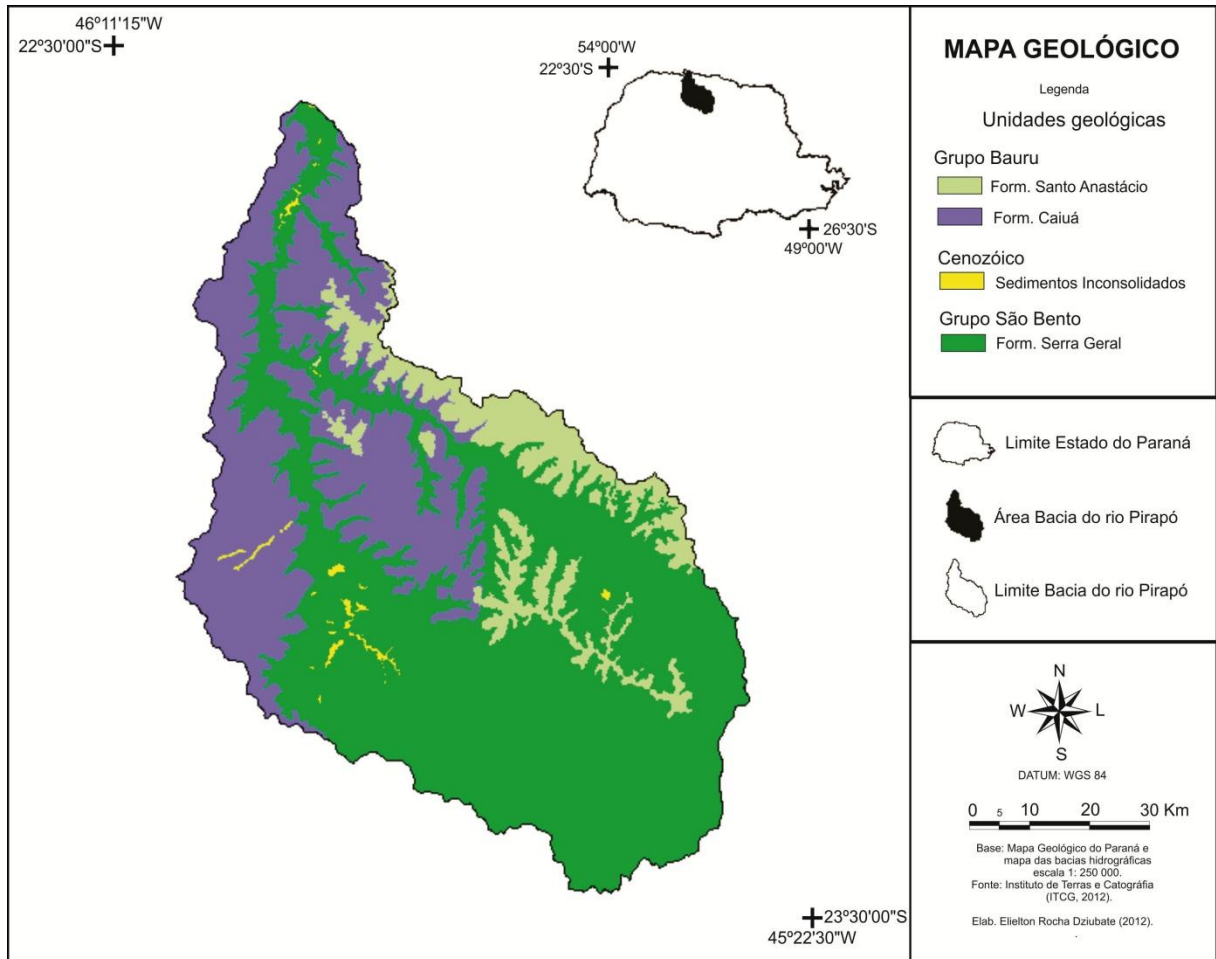


Figura 3 - Geologia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR

Pertencente ao Grupo São Bento, a formação Serra Geral é composta predominantemente por rochas de composição basálticas dispostas em derrames sucessivos e sub-orientais. De coloração cinza-esverdeado e cinza escuro a preto, apresenta estrutura maciça ou vesículo amigdaloidal. São rochas afaníticas, podendo ser pofiríticas, sua composição é dada principalmente de plagioclásio e piroxênio (MINEROPAR, 2001).

Inserida no Grupo Bauru, a Formação Caiuá é constituída por depósitos de ambiente eólico e fluvial, representada essencialmente por arenitos médios e finos, de coloração arroxeadada oriunda da película ferruginosa que envolve os grãos, apresenta estratificação cruzada e de grande porte, entre os principais minerais encontrados está quartzo e o feldspato (MINEROPAR, 2001).

Também pertencente ao Grupo Bauru, a Formação Santo Anastácio se apresenta disposta em ambiente de planície aluvial. Sua formação é constituída por arenitos de estrutura maciça, granulação média a fina, de coloração rosa e

arroxeadas. Apresenta estratificação cruzada de grande porte, destacando entre os minerais presentes o quartzo e o feldspato (MINEROPAR, 2001).

E os sedimentos inconsolidados são oriundos da erosão e deposição das litologias mais antigas intemperizadas e pertence a Era Cenozóica, período do Quaternário (MINEROPAR, 2001).

Quanto à geomorfologia, dentro dos limites da área de estudo são encontradas duas unidades morfológicas, o Planalto de Maringá e o Planalto de Apucarana (Figura 4). O Planalto de Maringá, situado no Terceiro Planalto Paranaense, ocupa uma área de 4.125 Km² e apresenta dissecação baixa. Sua classe de declividade predominante é menor que 6%. O relevo apresenta um gradiente de 400 metros, com altitude variando entre 340 m (mínima) e 740 m (máxima). Suas formas são constituídas por topos alongados e aplainados com vertentes convexas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006).

Já o Planalto de Apucarana, também inserido no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação alta e ocupando uma área de 3.851 Km². Sua classe de declividade predominante é de 6-12%. O relevo apresenta um gradiente de 620 metros, com altitudes variando entre 300 m (mínima) e 920 m (máxima). As formas de relevo predominantes são topos alongados com vertentes convexas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006).

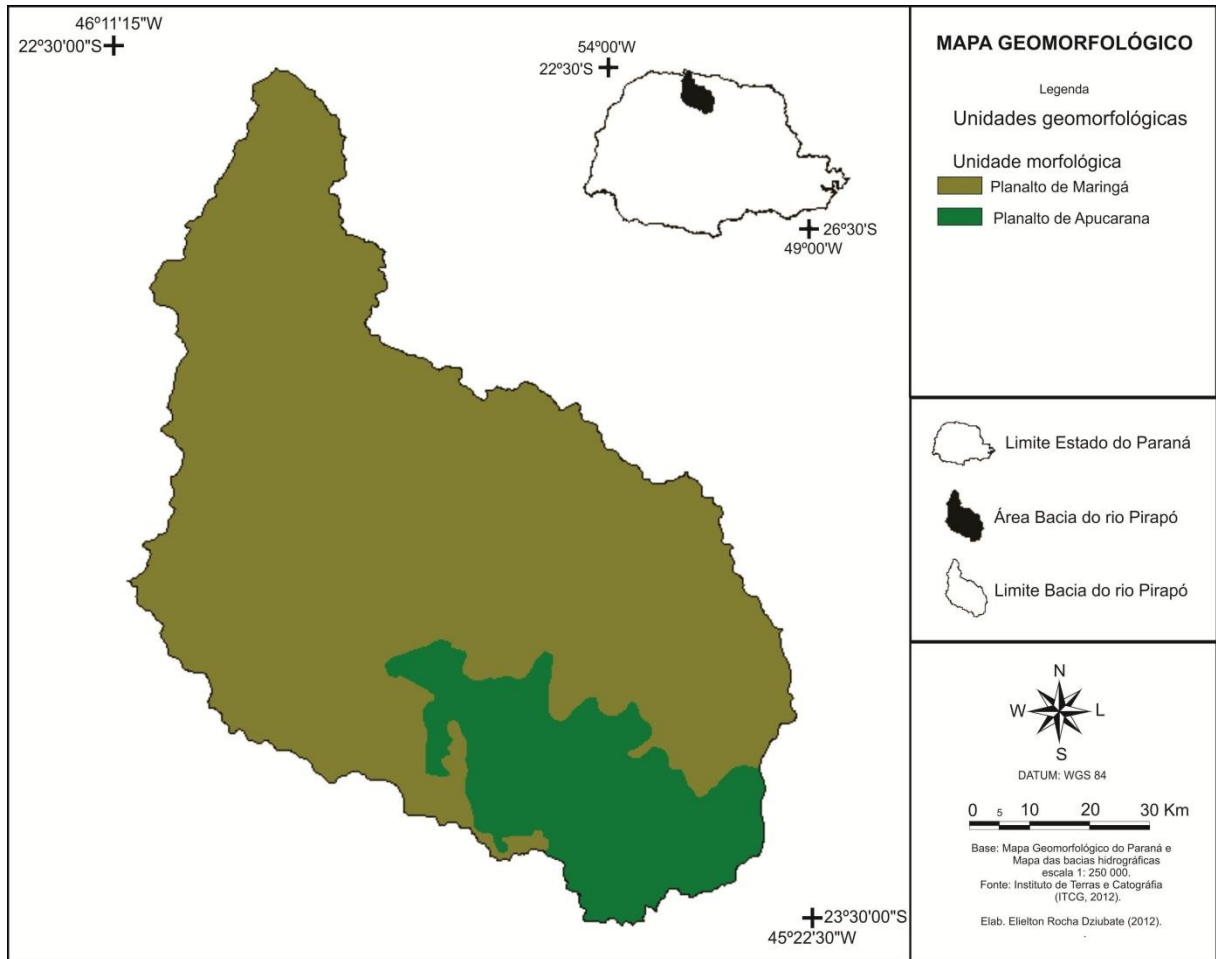


Figura 4 - Geomorfologia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR

Entre as classes de solos encontradas na bacia estão os Cambissolos_háplicos, os Nitossolos_vermelhos, os Argissolos_vermelhos_amarelos e os Latossolos_vermelhos, como se observa na figura 5.

Os Latossolos vermelhos são solos minerais, não hidromórficos e profundos, com presença de horizonte B muito espesso. Apresenta teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15 e 80%. São solos muito intemperizados. Possui alta permeabilidade podendo ser trabalhados sobre altos valores de umidade. Porém apresenta baixa disponibilidade de nutrientes as plantas, o que pode ser corrigido com aplicação de corretivos e fertilizantes. São passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamentos (EMBRAPA, 2012).

Os Argissolos vermelhos amarelos são solos minerais que se caracterizam pela presença de horizonte B textural (Bt), ou seja, apresenta evidente incremento de argila do horizonte superficial em direção ao horizonte B. Sua profundidade é

variável, apresenta transição abrupta e em geral são mal drenados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e média a muito argilosa no horizonte Bt. Sua acidez varia de moderado a forte, com saturação por base alta ou baixa, predominantemente caulíníticos (EMBRAPA, 2006).

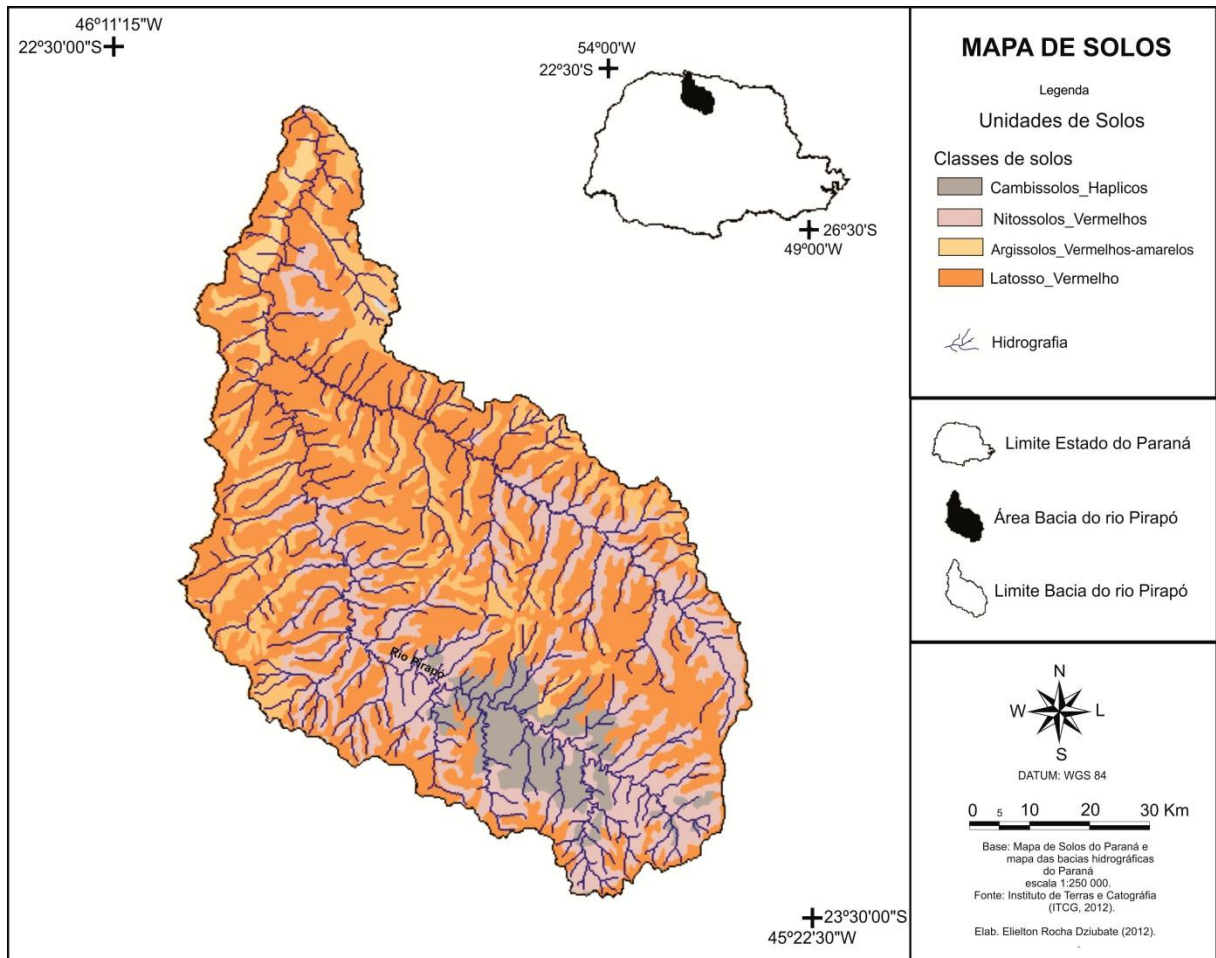


Figura 5 - Classes de solos presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

Os Cambissolos Háplicos são solos minerais com presença de horizonte B. vão de rasos a profundos, sendo fortemente até imperfeitamente drenados. Apresenta coloração bruna ou bruno-amarelada. O horizonte B se caracteriza por ser incipiente (Bi) e apresenta textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o solum geralmente apresenta teores uniformes de argila. A estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática (EMBRAPA, 2012).

Os Nitossolos Vermelhos são solos minerais, não-hidromórficos, e apresentam coloração vermelho-escuro tendendo à arroxeada. Se caracterizam pela presença de horizonte B textural, contendo estrutura em blocos e cerosidade. A textura varia de argilosa a muito argilosa e são bastante porosos, sendo derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos. Se apresentam em sua maioria como eutróficos, sendo menos frequente de distróficos e raramente álicos. Apresentam maior potencial de resposta às adubações, quando comparados aos Latossolos (EMBRAPA, 2012).

A classe de declividade encontrada na bacia apresenta variação no decorrer da área. Na parte jusante da bacia a classe de declividade que predomina é de 3 a 8%. Como também ocorre em relação à hipsometria, observando a figura 6, nota-se que a declividade também aumenta no sentido jusante montante da bacia, onde a classe de declividade chega a ser superior em alguns pontos a 20%.

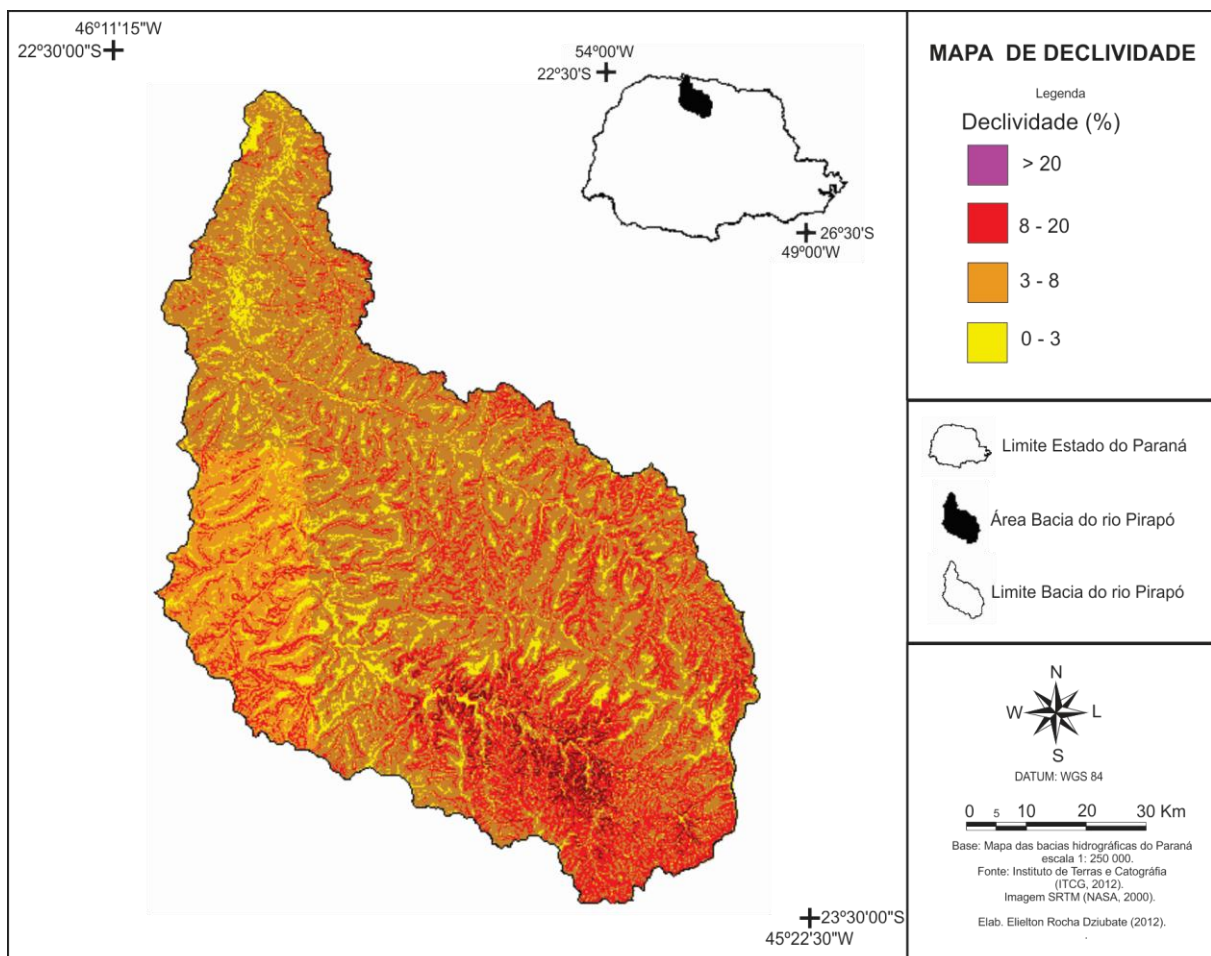


Figura 6 - Classes de declividade presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

A altitude observada na maior parte da bacia fica em torno de 500 m sobre o nível do mar. A menor altitude é verificada no eixo do extremo norte da área de estudo, mais precisamente na parte jusante da bacia, entorno de 260 m, onde o rio Pirapó faz confluência e deságua no rio Paranapanema, região em coloração amarela no mapa da figura 7. À medida que se segue da parte jusante em direção a parte montante da bacia é observado um aumento gradativo nos valores da altitude, atingindo seu máximo na parte sudeste da bacia, cerca de 870 m.

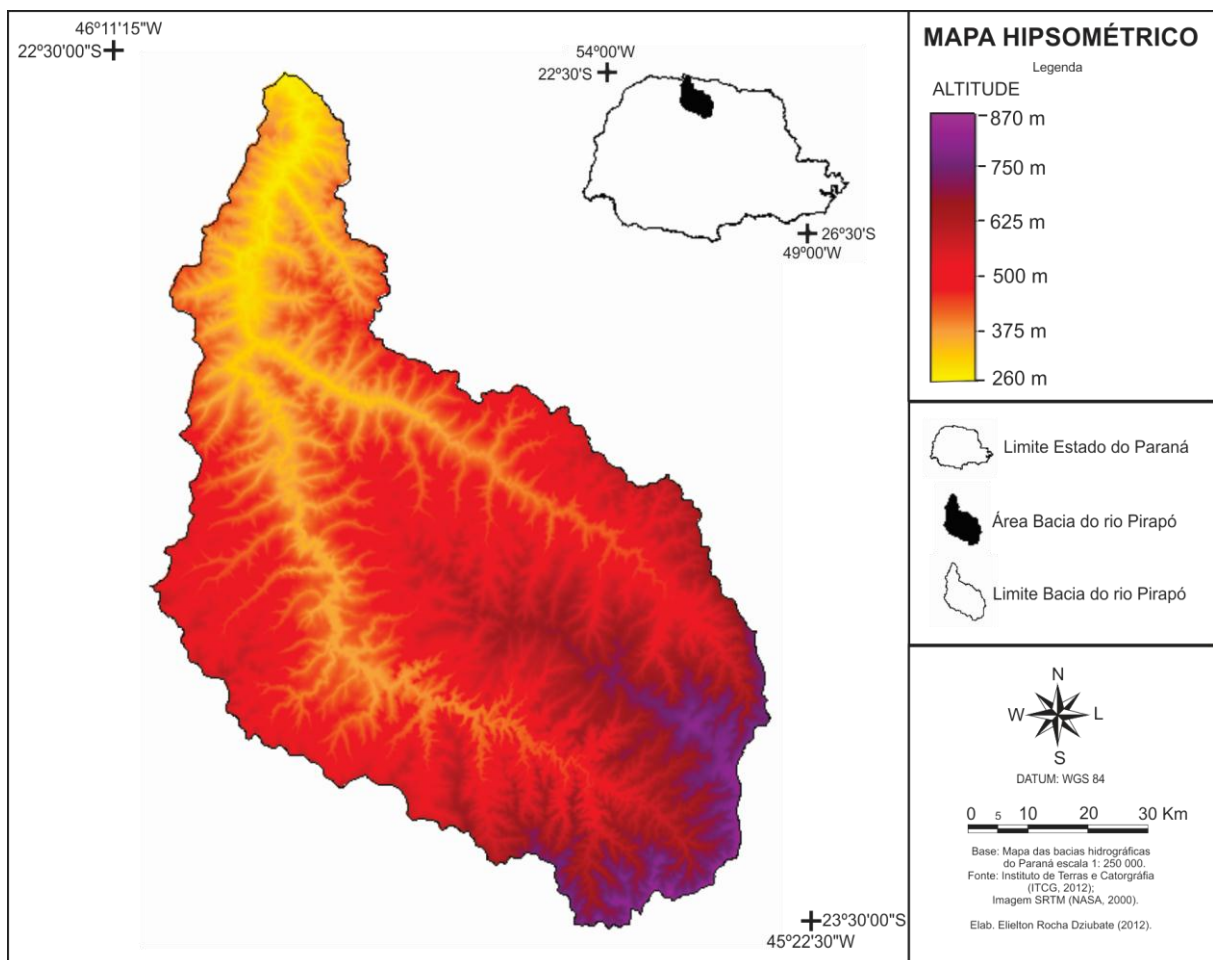


Figura 7 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

Na área da bacia são encontradas duas unidades fitogeográficas, a Floresta Estacional Semidecidual e a Savana Arborizada como se observa na figura 8.

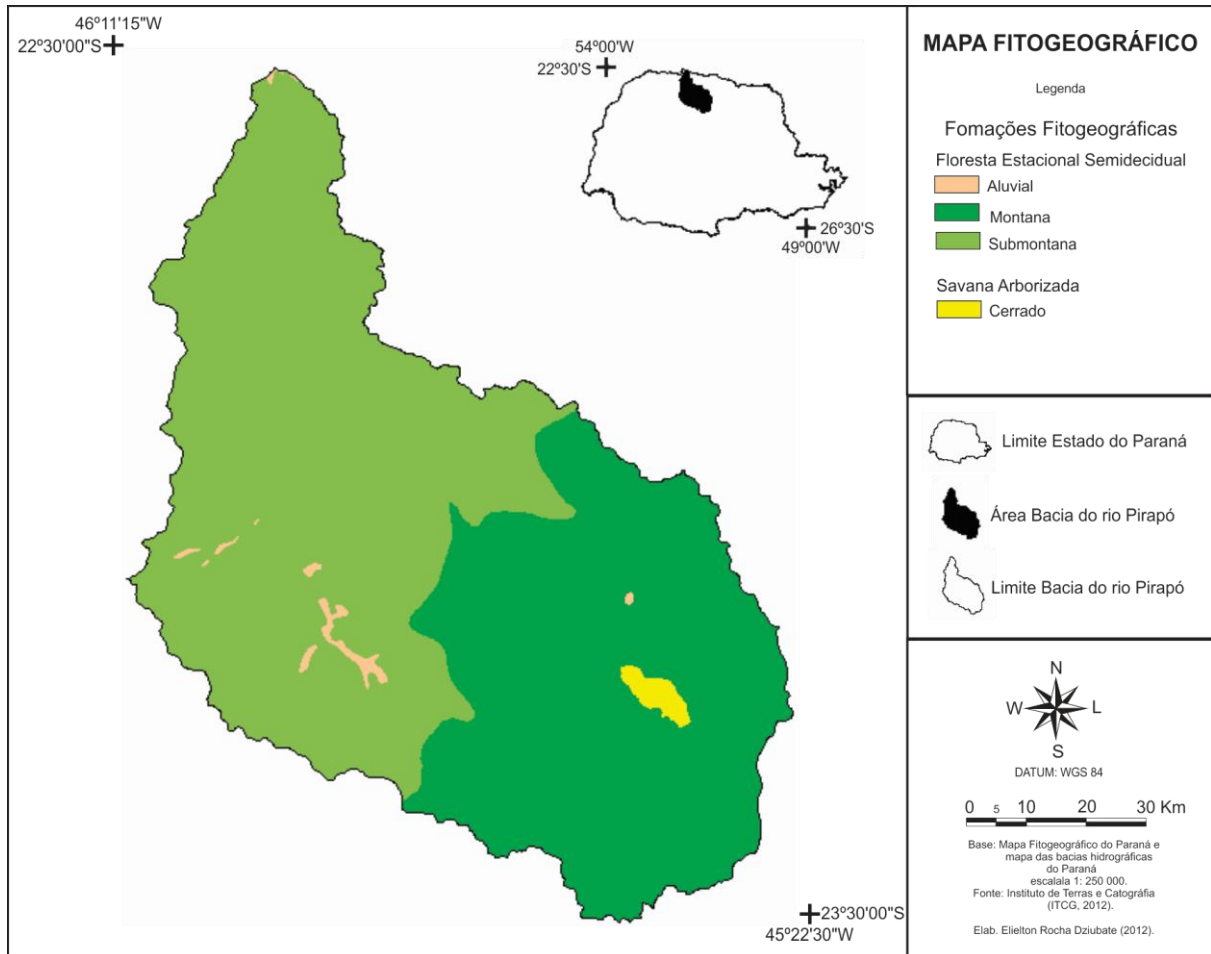


Figura 8 - Fitogeografia presente na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

A Floresta Estacional Semidecidual abrange as formações florestais das regiões norte e oeste do Estado. A principal característica fisionômica dessa formação é a semidecidualidade, ocorrendo a perda em parte das folhas de sua vegetação em determinada época do ano. E apresenta florística mais diferenciada e mais empobrecida quando se comparada as Formações Ombrófilas (RODERJAN et al, 2002).

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana, apresenta como espécie mais característica a *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Apocynaceae), que domina um dossel elevado (30 - 40 metros de altura) e denso, onde também são encontradas: *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Bignoniaceae), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Caesalpinaceae), *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Rutaceae), *Ficus luschnathiana*, *Gallesia gorazema* (Vell.) Moq. (Phytolaccaceae), *Holocalyx balansae* Micheli (Fabaceae), *Astronium graveolens* Jack. (Anacardiaceae), *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae), *Diatenopteryx sorbifolia*

Radlk. (Sapindaceae), *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Bombacaceae) (RODERJAN *et al*, 2002). A figura 9 mostra o perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá-PR.



Figura 9 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá - PR, com predominância de Peroba, Canafístola, Timboril, Angico-vermelho, pau-marfim, alecri e cedro.

A Floresta Estacional Montana quando não apresenta ecótono com a Floresta Ombrófila Mista, caracterizado pela mistura de espécies dessas duas unidades fitogeográficas, apresenta semelhança fisionômica, estrutural e floristicamente a formação submontana, situada abaixo de 600 m s.n.m. (RODERJAN *et al*, 2002).

A Floresta Estacional Aluvial compreende as formações distribuídas ao longo dos cursos d'água que formam vales, onde ocorrem inundações periódicas. Apresenta formação florestal menos desenvolvida que a formação submontana. Entre as espécies encontradas estão *Luehea divaricata*, *Sebastiania commersoniana*, *Syagrus romanzoffiana*, *Calophyllum brasiliense*, *Parapiptadenia rigida*, *Inga uruguensis* Hook. & Am. (Mimosaceae), *Campomanesia xanthocarpa* e *Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton (Fabaceae) (RODERJAN *et al*, 2002).

A unidade fitogeográfica Savana ocorre em pequenas manchas nas regiões nordeste e centro-norte do Estado. Apresenta fisionomia e florística semelhantes a

encontradas no planalto do Brasil central (Figura 10) onde ocorre com freqüência. São encontradas em diferentes formas, desde campestre até florestadas. Entre as espécies arbóreas esta *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Mimosaceae), *Couepia grandiflora* (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f. (Crysobalanaceae), *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae), *Lafoensia densiflora* Pohl (Lythraceae), *Annona crassiflora* Mart. (Anonaceae), entre outras, apresentando fustes tortuosos e cascas grossas e fissuradas (RODERJAN *et al*, 2002).

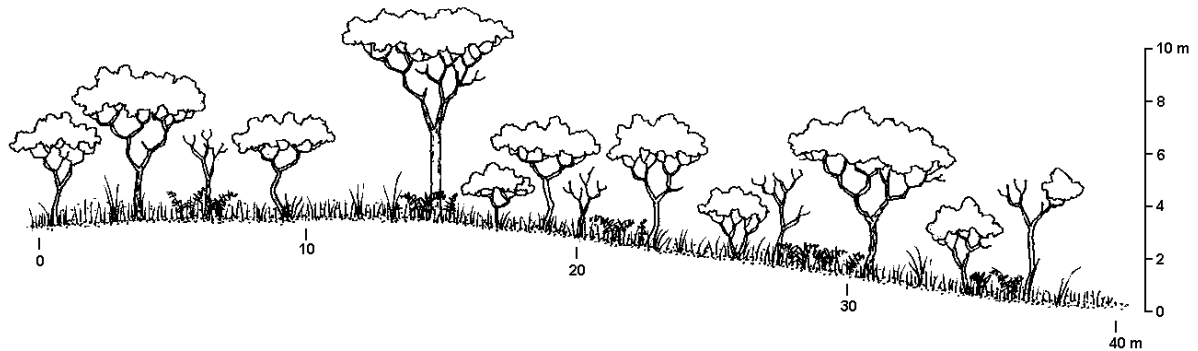


Figura 10 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Savana no município de Jaguariaíva – PR, com predominância de *Stryphnodendron*, *Anadenanthera*, *Couepia*, *Tabebuia*, *Annona*, *Caryocar* e *Qualea*.

O clima predominante na bacia é o Cfa, subtropical úmido mesotérmico, periodicamente Cwa. Apresenta verão quente e úmido, alternando alguns anos com inverno seco de junho a setembro. A temperatura média no mês mais quente é superior aos 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C. A precipitação média da região varia em de 1300 a 1600mm, sendo os maiores valores registrados nos meses de verão (INSTITUTO AGRONÔMICO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2000).

4.2 METODOLOGIA

Foram utilizados os dados diários, médios mensais de pluviosidade de 8 postos pluviométricos (Figura 11 e Tabela 2) com segmento temporal de 1976 a 2010, que serão obtidos junto ao INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ - Sistema de Informações Hidrológicas – SIH.

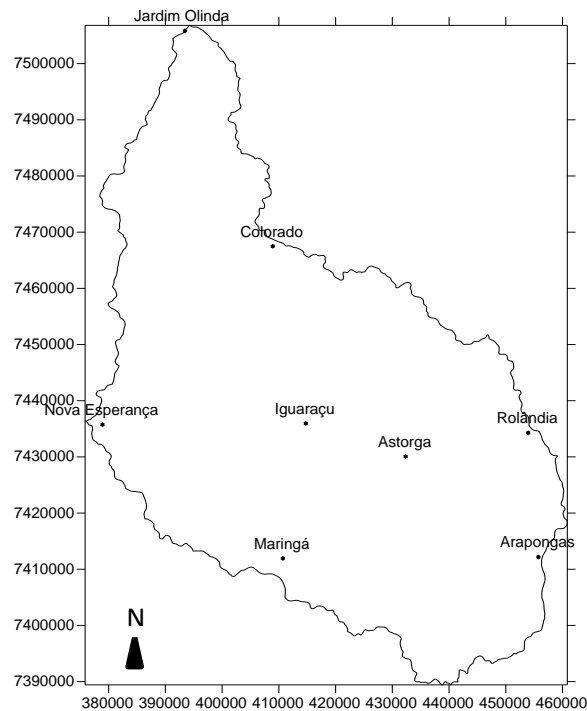


Figura 11 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó - PR.

Tabela 2 – Postos pluviométricos com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período.

Nº	Postos	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
01	Colorado	22° 53' 53"	51° 53' 17"	487	1976 - 2010
02	Jardim Olinda	22° 33' 03"	52° 02' 11"	318	1976 - 2010
03	Maringá	23° 24' 00"	51° 52' 26"	584	1976 - 2010
04	Arapongas	23° 23' 59"	51° 25' 59"	793	1976 - 2010
05	Iguaraçu	23° 10' 59"	51° 49' 59"	581	1976 - 2010
06	Astorga	23° 14' 14"	51° 39' 41"	572	1976 - 2010
07	Rolândia	23° 12' 00"	51° 27' 00"	653	1976 - 2010
08	Nova Esperança	23° 10' 59"	52° 10' 59"	582	1976 - 2010

Os dados diários e mensais de pluviosidade que a princípio estavam em blocos de notas, foram transportados para a planilha eletrônica Excel, para serem preliminarmente analisados.

Foram realizadas as conferências das planilhas de cada posto e verificada a existência de erros cometidos na digitação. A primeira etapa se constituiu em uniformizar as séries históricas para todos os postos da área de estudo e escolher o período de análise que foi de 1976 a 2010 e foram descartados os postos com problemas ou com série mais curta de dados.

Com escolha dos postos e da série histórica foram dados início a segunda etapa da pesquisa onde foram aplicadas a estatística descritiva utilizando-se os respectivos parâmetros; média, desvio-padrão e coeficiente de variação para as escalas de análise diária, mensal, sazonal, anual e interanual.

Esta análise preliminar dos dados permitiu ter um conhecimento geral dos padrões de precipitação existente na bacia.

4.2.1 Representação espacial da pluviosidade

Os valores obtidos através da estatística descritiva foram representados mediante cartas de isoietas, elaboradas a partir do aplicativo *Surfer*, versão 9.0, que utiliza um arquivo com o contorno da área de estudo digitalizado, o qual usa os valores de longitude e latitude e outro arquivo com os valores calculados, tais como a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação de cada estação com suas respectivas coordenadas geográficas.

O “surfer” utiliza o método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais irá gerar valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi feita através do método de *kriging*, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação.

Foram elaborados os mapas com as isoietas da média diária, mensal, sazonal, anual e interanual da pluviosidade, como também o número médio de dias chuvosos para as escalas diária, mensal, sazonal e anual.

4.2.2 Análise de cluster

O objetivo principal do agrupamento foi de realizar uma análise pormenorizada de cada porção da bacia, delimitando as regiões que apresenta similaridade no padrão pluviométrico.

Os grupos homogêneos foram obtidos através da análise de *cluster*. Os dados utilizados para essa análise foram os totais anuais de pluviosidade para o período de 1976 a 2010 de 8 postos localizados na área de estudo.

Para efetuar a regionalização foi utilizado o método de classificação hierárquica, análise de agrupamento. Este método de classificação indica a amostra de um grupo localizando e agrupando as amostras similares. O propósito é colocar objetos de maneira agrupada, dentro de grupos sucessivamente maiores, utilizando algumas medidas de similaridade ou distância.

Este método faz com que cada objeto seja classificado dentro de um grupo individual. Em seguida, diminui-se o limiar para o critério de determinação da possibilidade de dois ou mais pertencerem ao mesmo grupo. O limiar desse critério diminui até que todos os objetos sejam colocados no mesmo grupo.

4.2.3 Painel espaço temporal da pluviosidade mensal e anual

Na elaboração do painel foram utilizados os dados mensais e anuais de pluviosidade dos oito postos da bacia para o período de 1976 a 2010. Foi gerada uma planilha seguindo uma sequência contínua e ordenada dos postos no sentido montante a jusante da bacia. Esse tipo de análise é interessante por mostrar a variabilidade pluvial e os padrões predominantes numa escala mensal e anual ao longo de todo o eixo da bacia.

4.2.4 Determinação do Ano Padrão

Com a finalidade de caracterizar o comportamento pluviométrico, foi utilizado da técnica de determinação do ano padrão proposta por Monteiro (1976), para a escala anual, sazonal e mensal de acordo com a Equação 1:

$$Dp = p - Mp \quad (1)$$

Onde: Dp – Desvio da precipitação em mm;

p – Precipitação mensal em mm;

Mp – Média da precipitação em mm, para o período em estudo.

Após o cálculo do desvio da precipitação, foi determinado o coeficiente de variação do índice de chuva, através da Equação 2:

$$CV = (Dp \times 100)/Mp \quad (2)$$

Onde: CV – Coeficiente da variação de chuva (%);

Dp – Desvio da precipitação em mm;

100 – Índice percentual;

Mp – Média da precipitação em mm, para o período em estudo.

Monteiro (1976) utilizou esse método para classificar a precipitação em 5 categorias hierárquicas, são elas:

Normal: apresenta anomalias entre 15% positivos e 15% de anomalias negativas;

Tendente a seco: desvios negativos de 15,1 a 30%;

Seco: desvios negativos superiores a 30,1%;

Tendente a chuvoso: desvios positivos de 15,1 a 30%;

Chuvoso: desvios positivos superiores a 30,1%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE MENSAL

4.1.1 Pluviosidade média mensal para o período de 1976 a 2010

Analisando a distribuição mensal de pluviosidade na bacia do rio Pirapó, observa-se que os maiores valores numa ordem sequencial foram registrados nos meses de janeiro, dezembro e fevereiro e os menores nos meses de julho e agosto (Figura 12). Constata-se uma onda anual bem marcada de distribuição da pluviosidade com valores máximos em janeiro e fevereiro e um decréscimo significativo nos meses de julho e agosto, seguido por um aumento no mês de setembro.

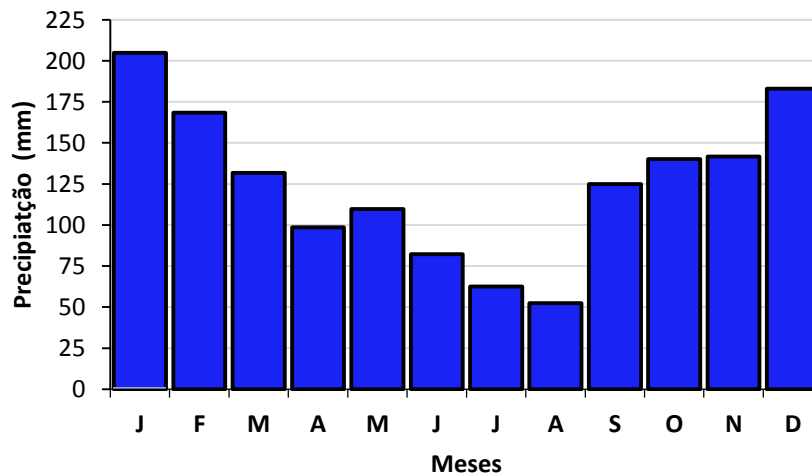


Figura 12 - Valores médios mensais de precipitação para o período de 1976 a 2010 na bacia do rio Pirapó-PR.

A partir do mês de setembro, constata-se um ligeiro acréscimo chegando a valores mais significativos no mês de dezembro, segundo Tommaselli et al. (2004) no fim do inverno e começo da primavera ainda há uma intensa atividade dos anticiclones migratórios polares, enquanto no interior do país já começa a intensificar

o aquecimento pela maior insolação, gerando grandes instabilidades tropicais responsáveis pelo aumento das chuvas.

4.1.2 Histograma da distribuição mensal da pluviosidade

A distribuição da precipitação mensal, para os postos seleccionados na bacia, apresenta uma distribuição diferenciada no decorrer dos meses do ano. Para os postos próximos a jusante observou-se uma onda anual de pluviosidade com padrão diferente ao observado na montante da bacia (Figura 13).

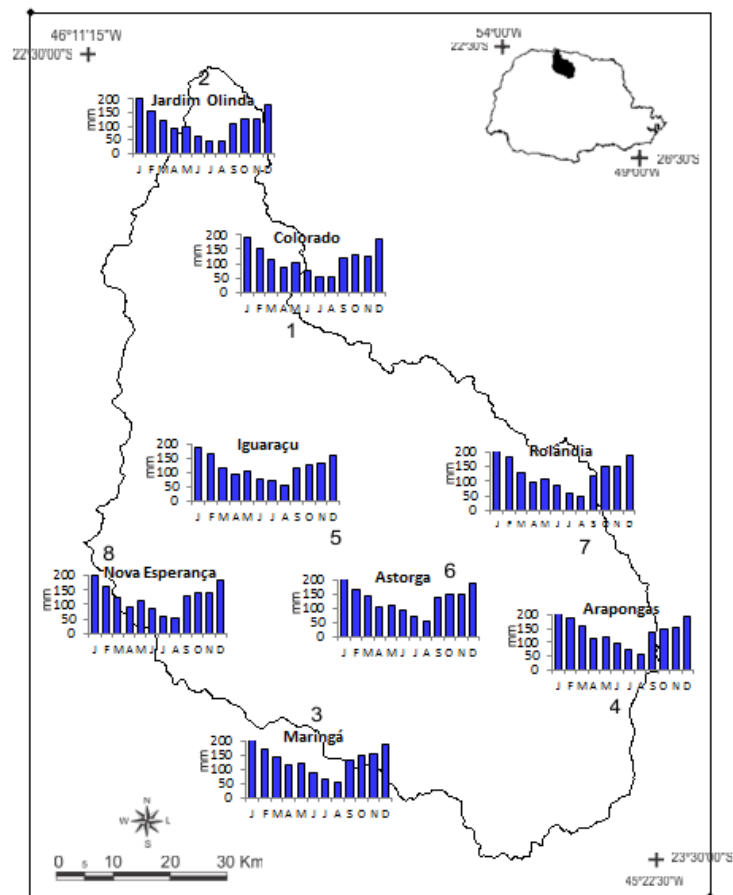


Figura 13 - Distribuição da precipitação média mensal para os 8 postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó-PR – 1976 a 2010.

4.1.3 Distribuição espacial da pluviosidade média mensal

Na análise mensal da distribuição pluviométrica para toda a área de estudo conforme mostram as figuras 14 e 15 foi possível visualizar melhor a distribuição espacial da pluviosidade através da interpolação dos dados mensais.

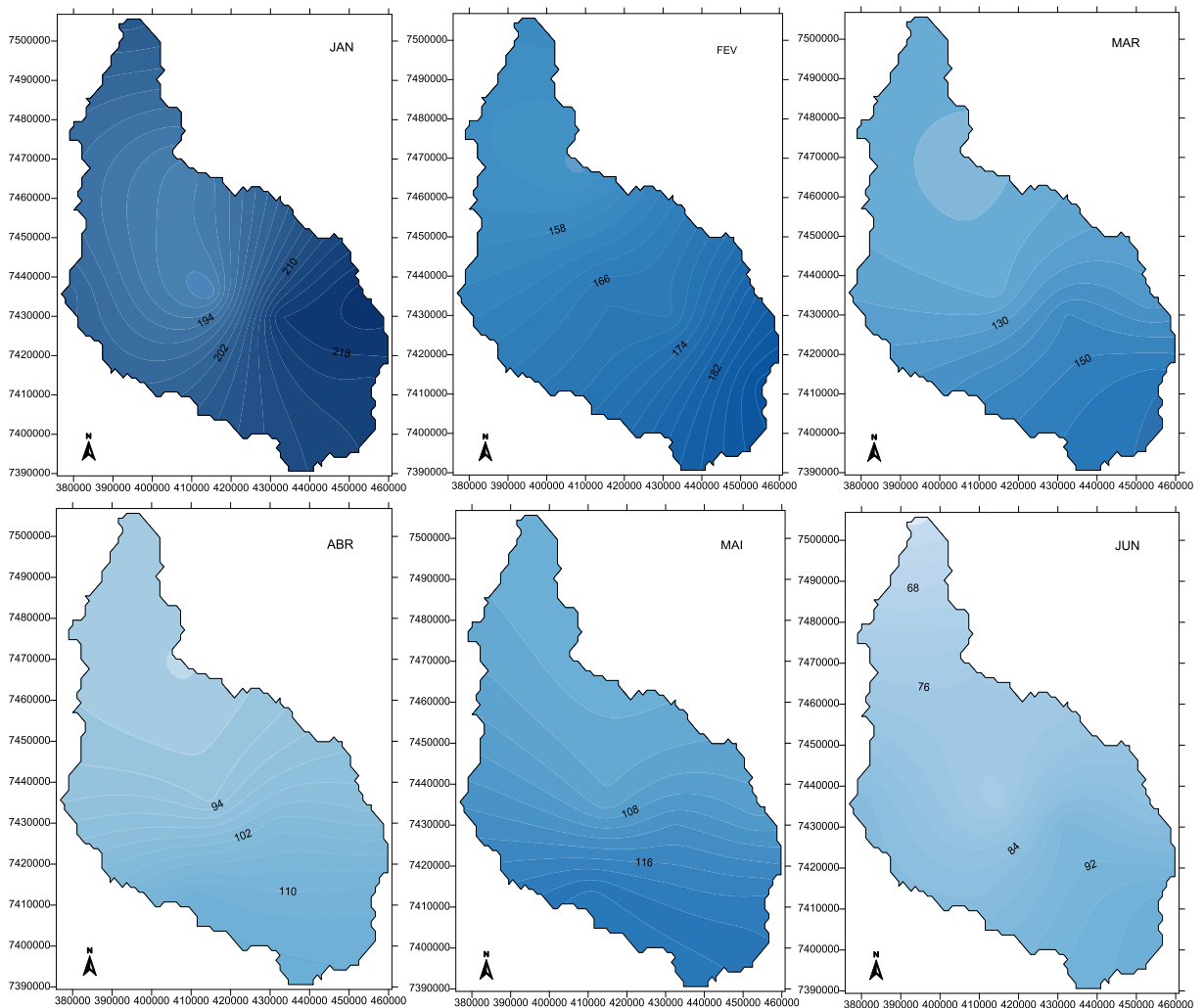


Figura 14 - Média pluviométrica para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).

Observou-se para o mês de janeiro um maior acumulado nos valores de pluviosidade situados na região extrema da bacia tanto nas porções sudeste como noroeste (Figura 14). Diferentemente da porção central que apresenta um núcleo registrando menores valores para o mês.

No mês de fevereiro diferente do mês de janeiro, os maiores valores pluviométricos ficaram registrados somente na parte sudeste da bacia. A presença de núcleo com menores valores foi observado na parte norte da bacia. Essa mesma distribuição espacial de pluviosidade pode ser observada para o mês de março, porém com valores menores, como observado na figura 14.

Os meses de abril e maio apresentaram maiores valores de precipitação na parte montante quando comparados com a jusante da bacia. Tanto a distribuição espacial da precipitação quanto seus valores, se mantiveram próximos para os dois meses. Já no mês de junho os maiores valores ficaram concentrados na parte montante da bacia (Figura 14).

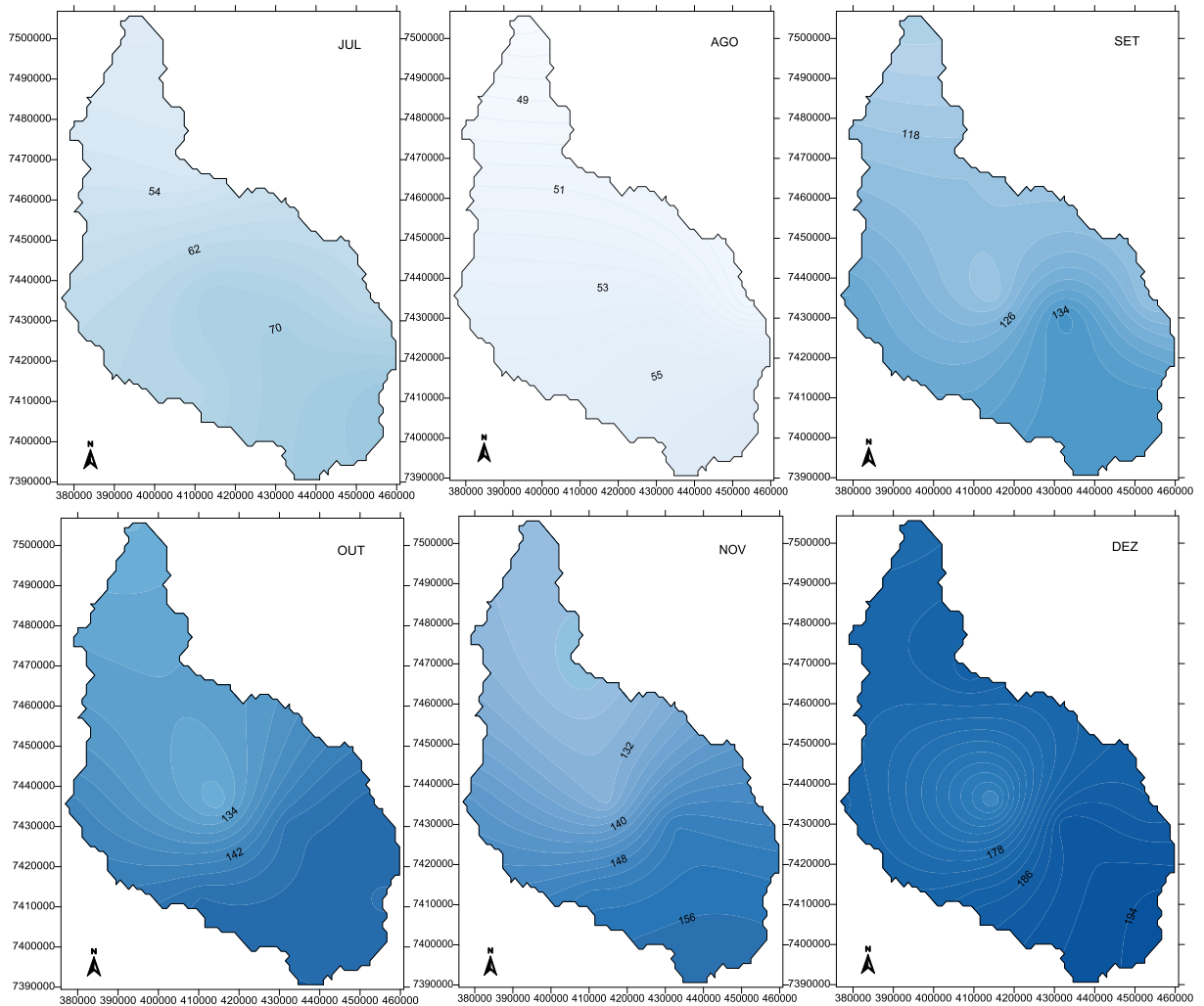


Figura 15 - Média pluviométrica para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).

Constatou-se para o mês de julho que os menores valores de precipitação ficaram registrados na porção jusante da bacia, enquanto os maiores valores espacializados ficam situados na parte montante da bacia (Figura 15).

A distribuição espacial da precipitação para o mês de agosto foi muito homogênea, ou seja, os baixos valores foram registrados para toda a área de estudo como mostra a figura 15.

Nos meses de setembro, outubro e novembro os maiores valores de precipitação ficaram concentrados na porção montante da bacia, apresentando os menores valores a jusante. Já os maiores valores espacializados para o mês de dezembro foram encontrados nas porções extremas da bacia, e os menores na porção central (Figura 15).

4.1.4 Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade mensal

Na análise do painel espaço-temporal mensal, pode-se observar um decréscimo da pluviosidade da parte montante (posto de Maringá), em direção a jusante da bacia (posto de Jardim Olinda), como observado na figura 16.

Os maiores valores no espaço de pluviosidade (entre 200 e 240mm) foram observados para os meses de janeiro nos postos de Arapongas, Rolândia e Astorga, como pode ser visto na figura 16. Já os meses de julho e Agosto apresentaram os menores valores de pluviosidade desde a parte montante até a parte jusante da bacia, ficando entre 40 e 80mm de pluviosidade.

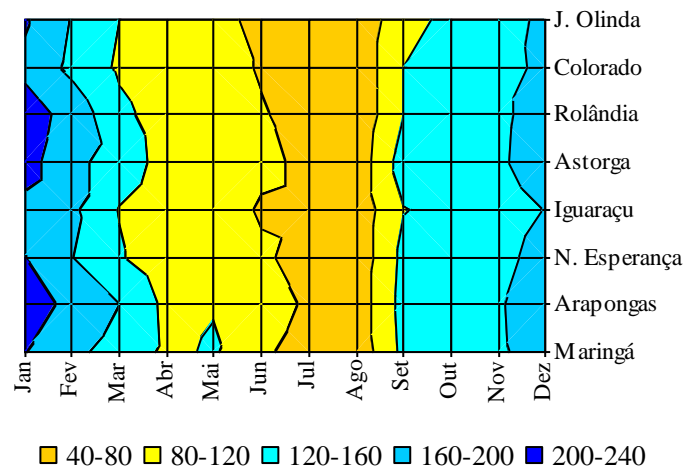


Figura 16 - Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade mensal na bacia do rio Pirapó (1976 - 2010).

4.5.2 Análise dos meses mais chuvosos e mais secos

Analisando-se os meses mais seco de 1976 a 2010 para todos os postos, constatou-se que agosto constituiu-se como o mês mais seco para toda a bacia.

Com relação aos meses mais chuvosos, constatou-se que 7 dos 8 postos apresentaram os meses de janeiro e fevereiro como os meses mais chuvosos (Figura 17). Já os meses de dezembro e janeiro se apresentaram como os mais chuvosos em apenas um posto da área da bacia.

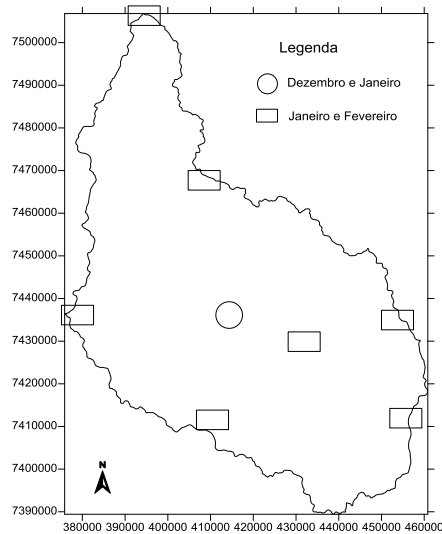


Figura 17 – Meses mais chuvosos para os postos da bacia do rio Pirapó (1976 a 2010).

4.2 ANÁLISE SAZONAL

4.2.1 Pluviosidade média sazonal para o período de 1976 a 2010

Analisando a distribuição sazonal de pluviosidade na bacia do rio Pirapó, observa-se um padrão bem marcado nos valores registrado de precipitação em cada estação do ano.

O verão se destaca apresentando os maiores valores entre todas as estações, superando os 500mm de pluviosidade (Figura 18).

Já o outono é observado um decréscimo significativo nos valores registrados de precipitação para todos os postos localizados na bacia como mostra a figura 18.

O período de inverno é caracterizado como a estação mais seca da bacia, ficando abaixo de 250mm de pluviosidade.

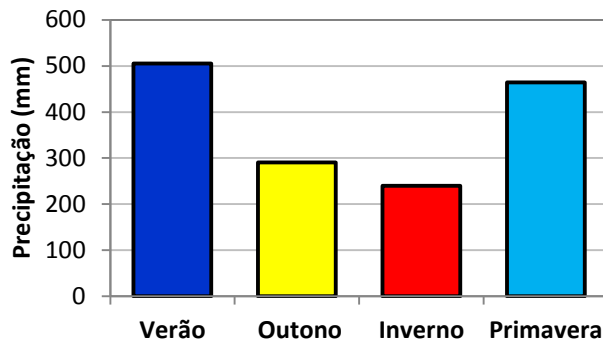


Figura 18 - Valores médios sazonais de precipitação para o período de 1976 a 2010 na bacia do rio Pirapó-PR.

Diferentemente do outono e inverno, onde se observa um declínio da pluviosidade, a primavera é a estação caracterizada por acréscimo significativo da precipitação na bacia, sendo estes valores superiores aos 450mm, como mostra a figura 18.

Segundo Nimer (1989) os maiores valores de pluviosidade registrados na primavera e no verão, seguidos por uma significativa redução nos valores do outono e inverno, são típicos das regiões norte e noroeste do Paraná, devido à dinâmica atmosférica da região apresentar características de proximidade com o clima Tropical.

A atuação mais frequente dos sistemas convectivos da Amazônia e do Brasil Central, associado à entrada dos sistemas atmosféricos extratropicais de origem polar, forma a Zona de convergência do Atlântico Sul, aumentando a pluviosidade na primavera e no verão (QUADRO et al., 2012).

4.2.2 Histograma da distribuição sazonal da pluviosidade

Analisando a variabilidade sazonal para cada posto, se observa que os valores de pluviosidade registrados no verão não se diferenciaram significativamente quando comparados com os valores registrados na primavera para os postos de Colorado, Astorga, Nova Esperança e Maringá. Nos postos de Jardim Olinda, localizado na altitude de 380 metros, Iguaraçu, altitude de 581 metros, Arapongas,

altitude de 793 metros e Rolândia numa altitude de 653 metros, o verão apresentou pluviosidade superior a primavera (Figura 19).

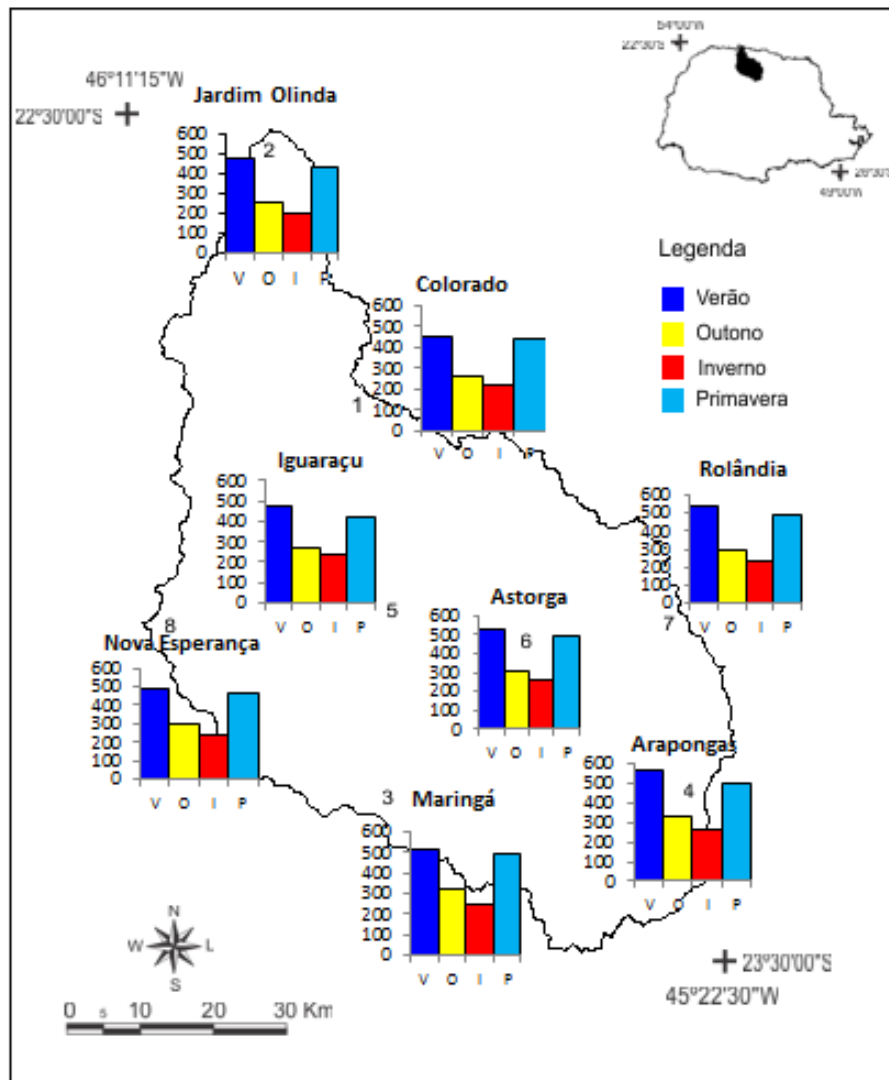


Figura 19 - Distribuição da precipitação média sazonal para os 8 postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó - PR – 1976 a 2010.

No inverno, a pluviosidade registrada foi a menor entre todas as estações, sendo mais seca para todos os postos da bacia, ficando seus valores inferiores ao outono. O destaque foi para o posto de Jardim Olinda localizado a 380 metros de altitude que apresentou o menor registro de pluviosidade para a estação, entre todos os postos analisados.

4.2.3 Distribuição espacial da pluviosidade média sazonal

Na distribuição espaço temporal da pluviosidade sazonal, observou-se para o verão (Figura 20) que os maiores valores foram registrados na porção sudeste da bacia, ultrapassando os 560mm.

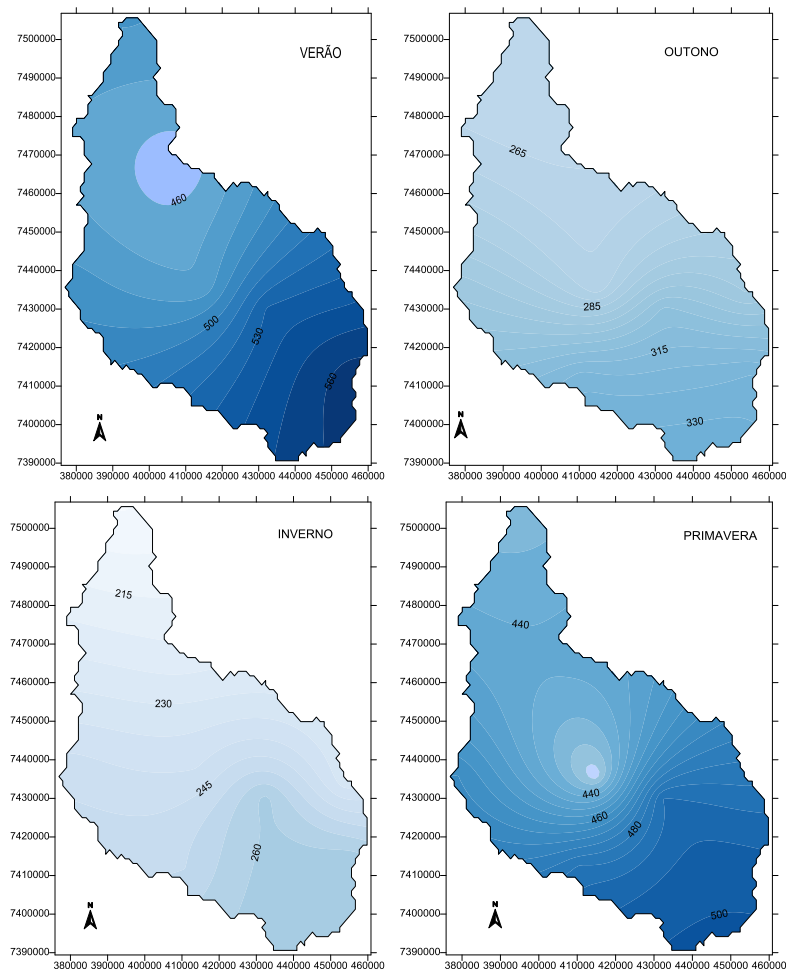


Figura 20 – Precipitação média sazonal da bacia do rio Pirapó – PR (período 1976 a 2010).

O outono apresenta uma redução nos valores espacializados da pluviosidade, quando comparado a parte jusante com a montante da bacia. A amplitude ultrapassa os 70mm da pluviosidade para o período analisado como mostra a figura 20.

No inverno (Figura 20) a distribuição espacial da pluviosidade assemelha-se ao outono, porém com menores valores. Os menores valores de precipitação para esta estação foram observados na região noroeste da bacia (210mm).

A distribuição espacial da pluviosidade para a primavera apresentou os maiores valores a sudeste, na porção extrema da bacia. A presença de um núcleo bem definido, no centro, seguido pela jusante da bacia, apresentaram os menores valores de pluviosidade, como mostra a figura 20.

A distribuição das chuvas no decorrer do ano desempenha um papel importante no planejamento das culturas. É através do conhecimento de sua atuação que é introduzido o zoneamento agrícola, período recomendado para o plantio das culturas em diversas áreas do Estado e do País.

4.3 ANÁLISE ANUAL

4.3.1 Pluviosidade média anual para o período de 1976 a 2010

Na análise do acumulado anual para todos os postos da bacia foi possível constatar a variabilidade na distribuição da pluviosidade ao longo da série histórica.

Os anos em que se registraram os maiores valores de precipitação pluviométrica na bacia, foram 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009, ficando o acumulado desse último ano (2009) acima dos 2000mm de pluviosidade, como se observa através da figura 21. Já os anos em que se registraram os menores acumulados foram 1978, 1984, 1985 e 1988.

Os elevados volumes de precipitação pluviométrica para os anos de 1997 e 1998 também foram constatados por Borsato (2001) ao estudar a dinâmica e a produtividade agrícola na bacia do rio Pirapó-PR entre os anos de 1996 e 1999. Segundo o autor, nesse período houve a atuação do fenômeno *El Niño* causando muitas irregularidades na precipitação pluviométrica e elevados volumes. O autor deixa exposto que por essa região do Brasil ser caracterizada pela transição climática, nem sempre as irregularidades pluviométricas estarão relacionadas com consequências desencadeadas pelo fenômeno El Niño e La Niña.

Este tipo de análise torna-se importante principalmente por o País ter na hidroeletricidade a maior parte de sua matriz energética. Esse conhecimento permite que haja um planejamento relacionado à capacidade de produção de energia em

anos de acumulados baixos de pluviosidade.

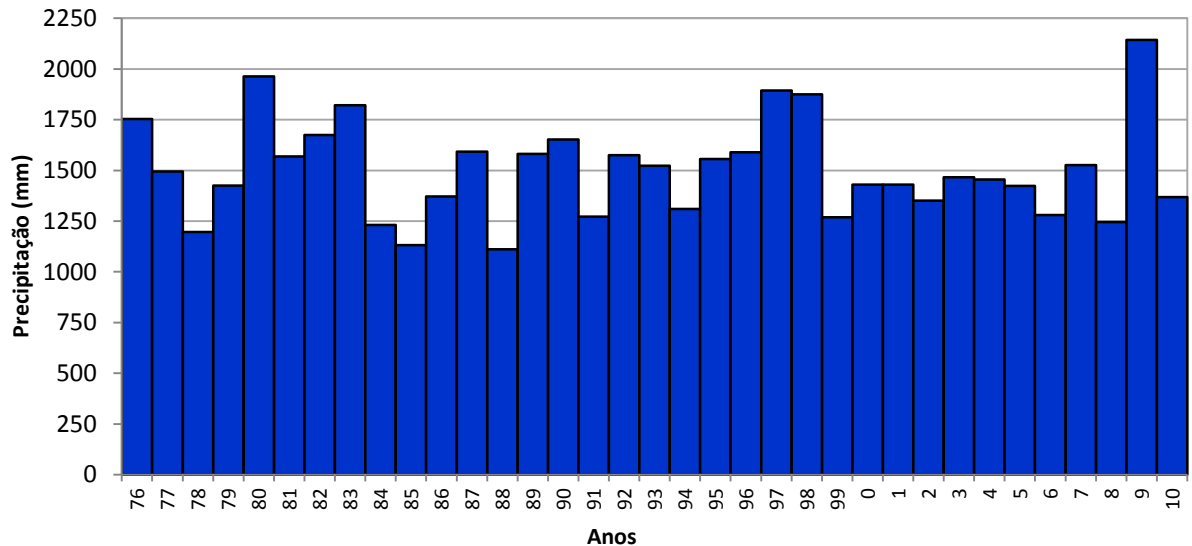


Figura 21 – Precipitação média anual da bacia do rio Pirapó – PR (período 1976 a 2010).

4.3.2. Distribuição espacial da pluviosidade anual

Na análise espacial anual da distribuição pluviométrica, constatou-se que os maiores valores acumulados foram registrados na porção extrema, a sul e sudeste da bacia (acima dos 1600mm). Da parte montante em direção a jusante da bacia, a distribuição da pluviosidade apresenta um gradativo decréscimo, atingindo os menores valores a noroeste da área de estudo, com 1380mm de pluviosidade, como pode ser visto na figura 22. Dois fatores explicam este padrão observado, a dinâmica atmosférica e o fator orográfico. A jusante da bacia está localizada numa área de transição climática entre o clima tropical e subtropical, padrão este observado por Ribeiro (1987) e a montante os valores altimétricos são mais elevados, tais fatores influenciam no padrão pluviométrico encontrado.

Terassi (2012) ao estudar a estrutura espaço-temporal da pluviosidade na bacia do rio Pirapó – PR agrupou três áreas com cotas altimétricas generalizadamente iguais, com o objetivo de subsidiar a análise climática e sua relação com a rugosidade do relevo. A primeira área é denominada alto Pirapó, e corresponde á porção montante da bacia, tendo como principal característica a

presença de cotas altimétricas que variam de 550 a 900 metros. O segundo setor, tido como Médio Pirapó, abrange a porção central da bacia, sendo caracterizado por uma hipsometria inferior a 550 metros e superior a 350 metros. O terceiro e último compartimento é denominado Baixo Pirapó (Foz) que se caracteriza por apresentar altitudes inferiores a 350 metros e que vão diminuindo em direção a sua foz no rio Paranapanema 250 metros. O autor também observou uma redução da pluviosidade no sentido montante jusante da bacia.

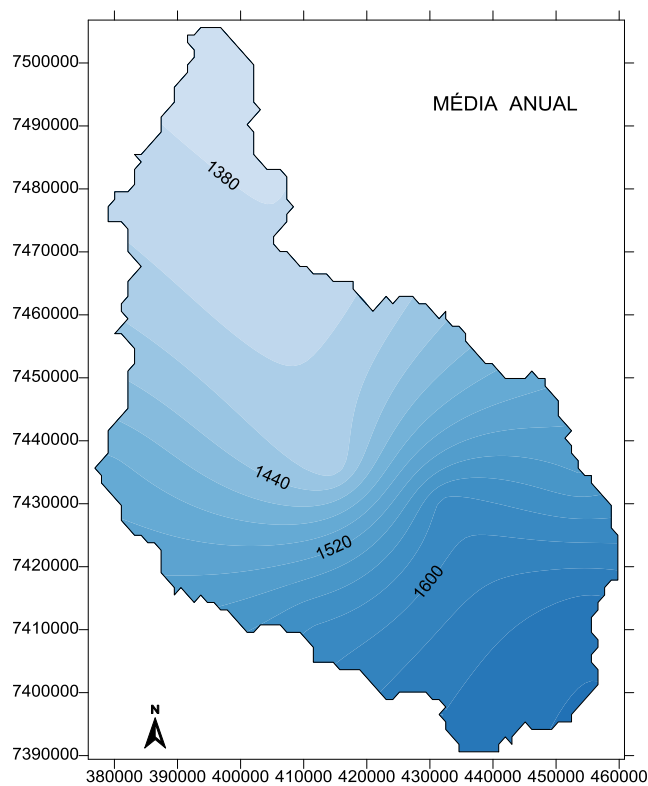


Figura 22 - Média espacializada da pluviosidade anual na bacia do rio Pirapó - PR (1976 a 2010).

4.3.3 Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade anual

A análise do painel (Figura 23) permite visualizar a variação espaço-temporal da pluviosidade anual ao longo de uma série histórica para cada posto pluviométrico, tornando possível a visualização de anos considerados atípicos na distribuição da pluviosidade, bem como sua repercussão ao longo do espaço.

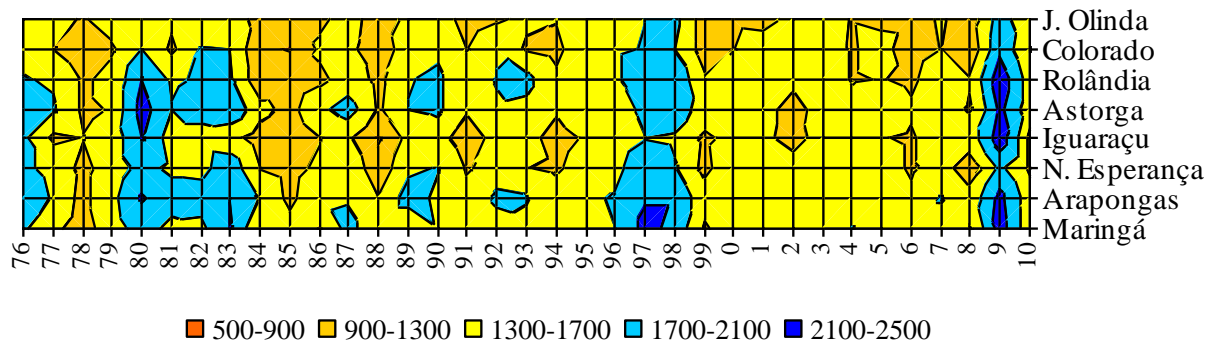


Figura 23 - Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade total anual na bacia do rio Pirapó (1976 -2010).

Observa-se no painel da figura 23 que os anos de 1978, 1985 e 1988 apresentaram valores entre 900 a 1300mm para todos os postos da bacia. Os anos de 1999, 2004, 2006 e 2008 estes mesmos valores foram registrados somente nos postos localizados a jusante da bacia, Rolândia, Colorado e Jardim Olinda, ressaltando que esses valores foram abaixo da média histórica para a área de estudo.

Quanto aos anos de 1976, 1980, 1997, 1998 e 2009 foram registrados os valores mais elevados de precipitação entre 1700 a 2500mm para praticamente todos os postos, sendo o mais chuvoso o ano de 2009 como mostra a figura 23. Quanto aos demais anos os valores ficaram próximos da média histórica 1300 a 1700mm para toda a bacia.

4.4 ANÁLISE DE CLUSTER

4.4.1 Classificação das áreas homogêneas para a bacia do rio Pirapó-PR

Através deste agrupamento foram geradas as delimitações das regiões que apresentaram similaridade no padrão pluviométrico, tornando possível a visualização da tipologia pluvial existente na área de estudo.

Através da análise de agrupamento dos totais anuais de pluviosidade para o período de 1976 a 2010 dos oito postos pluviométricos foram obtidos três grupos homogêneos, conforme mostram as figuras 24 e 25.

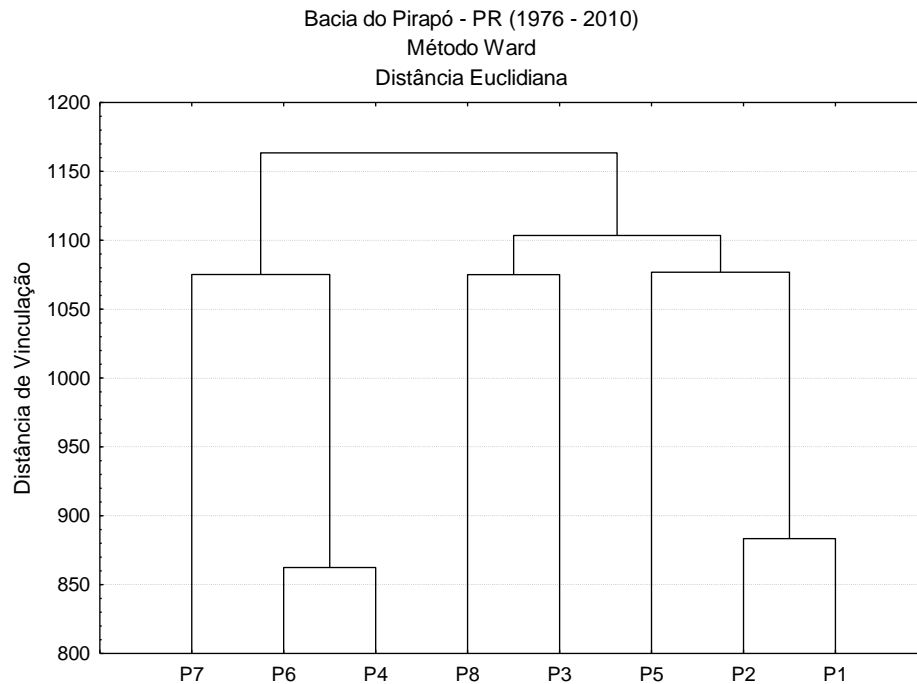


Figura 24 - Dendrograma da bacia hidrográfica do Pirapó – PR.

O grupo 1, abrange parte da área central bacia, se entendendo até as porções norte e noroeste da mesma, precisamente a jusante da bacia, onde está localizado os postos de Colorado e Jardim Olinda (Figura 25). A média de pluviosidade para a área é de 1386mm, sendo essa, a menor de toda a bacia.

Situado na sua maior parte na porção oeste da área de estudo, o grupo 2 abrange os postos de Nova Esperança e Maringá. A média de pluviosidade para a área foi de 1531mm de pluviosidade.

O grupo 3 abrange toda a região sudeste da bacia, mais precisamente envolvendo toda a porção montante da área de estudo, onde estão localizados os postos de Arapongas, Rolândia e Astorga (Figura 25). A pluviosidade média anual para este grupo foi 1595mm, ou seja, o maior valor de todos os grupos.

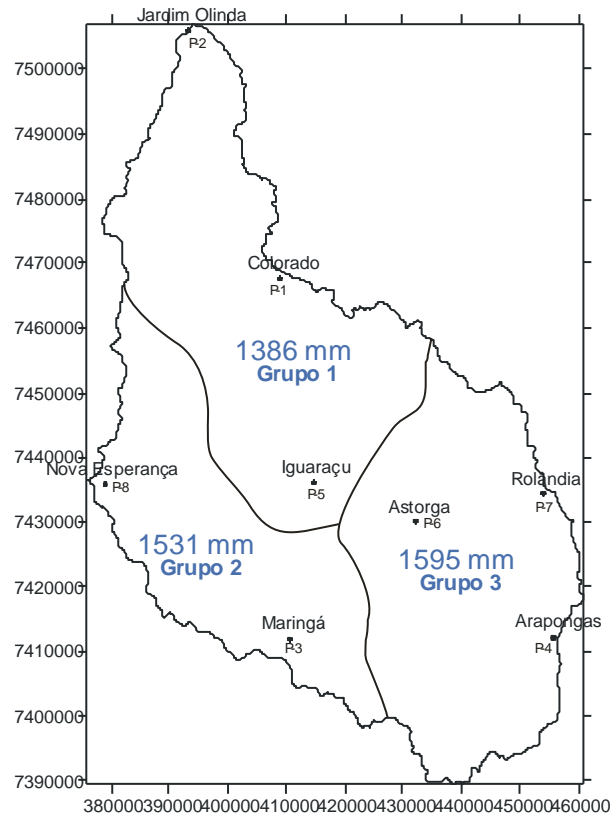
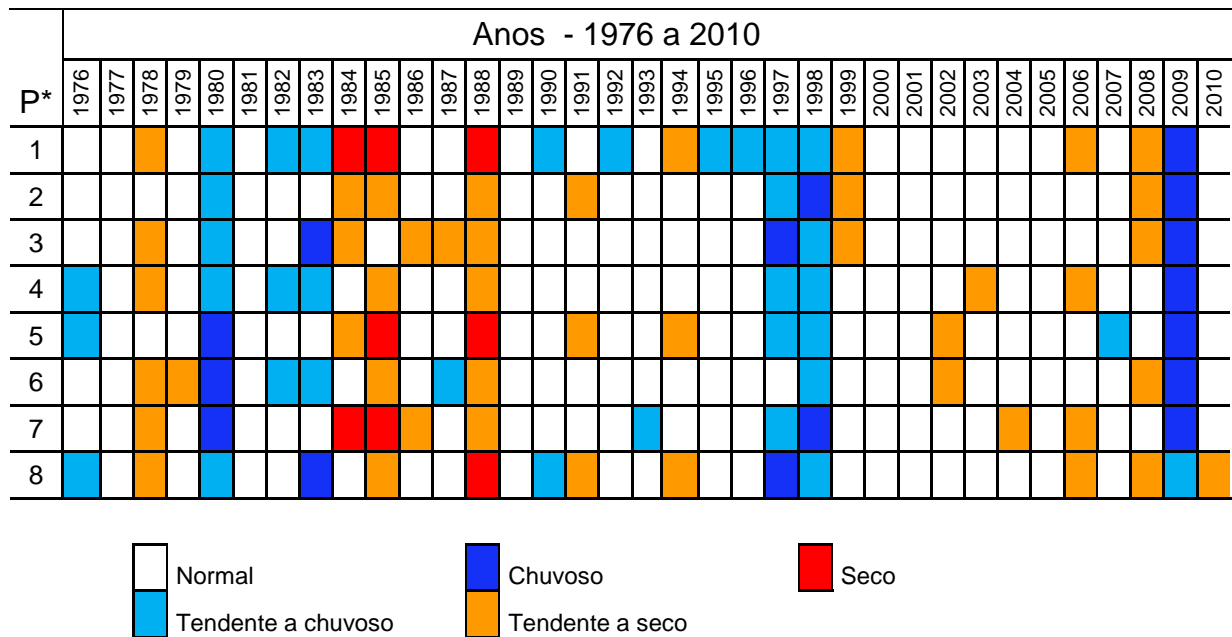


Figura 25 - Classificação dos postos pluviométricos obtidos através da análise multivariada de cluster para a bacia hidrográfica do rio Pirapó – PR.

4.6 DETERMINAÇÃO DO ANO PADRÃO.

Para representar a distribuição tanto espacial quanto temporal da pluviosidade na área de estudo, foi elaborada a Tabela 3, a partir da metodologia proposta por Monteiro (1969). Essa metodologia tem como objetivo classificar os dados de pluviosidade de acordo com seus valores em cinco classificações: seco, tendente a seco, chuvoso, tendente a chuvoso e normal, de cada ano para cada posto pluviométrico, servindo de auxílio na escolha do ano padrão. É importante destacar que as classes propostas nos anos padrão não se referem aos totais anuais de pluviosidade, mas sim ao nível de desvio em relação aos dados médios de chuva.

Tabela 3 – Variação espaço-temporal da pluviosidade anual para a bacia do rio Pirapó



***Postos pluviométricos:** 1 - Colorado, 2 - J. Olinda, 3 - Maringá, 4 - Rolândia, 5 - Arapongas, 6 - Iguaçu, 7 - Astorga, 8 - Nova Esperança

A determinação do ano padrão permitiu a análise dos anos considerados atípicos chuvosos e secos. Isso é interessante, por tornar possível a visualização tanto temporal quanto espacial da variabilidade da precipitação pluviométrica nesses anos extremamente atípicos na distribuição da pluviosidade.

Os resultados obtido nesta análise foram que os anos considerados chuvosos foram 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009 e os anos com padrão seco foram 1978, 1984, 1985 e 1988.

4.7 ANÁLISE DOS ANOS ATÍPICOS

4.7.1 Análise dos três anos mais chuvosos, 1980, 1983 e 2009

Na análise da distribuição espacial da precipitação pluviométrica para os três anos mais chuvosos, constatou-se que todos os postos da área apresentaram

desvio positivo de pluviosidade em relação à média anual, como observa-se nas figuras 26, 28 e 30.

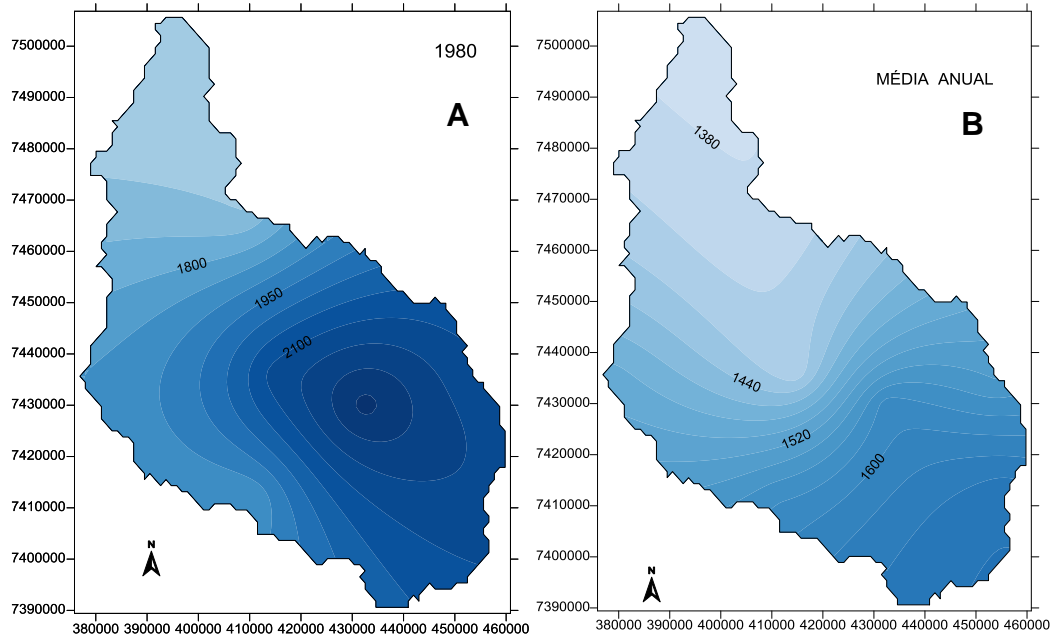


Figura 26 – (A): Pluviosidade para o ano de 1980 (B): Pluviosidade média anual para o período.

A distribuição da pluviosidade para o ano de 1980, tido como atípico chuvoso, apresentou o maior desvio positivo com 520mm (Figura 26: A), quando comparado a média anual do período analisado.

Na análise da variabilidade da precipitação pluviométrica para os anos atípicos, tanto mais chuvosos quanto mais secos, foram realizadas utilizando o posto de Maringá, levando em consideração seu nível população e o fato de ter no rio Pirapó sua principal fonte de abastecimento de água, mas a mesma análise poderia ser realizada com qualquer um dos oito postos aleatoriamente.

Analisando a variabilidade da precipitação pluviométrica no decorrer do ano de 1980, para o posto de Maringá, observa-se um desvio tanto positivo quanto negativo dos valores de pluviosidade no decorrer dos meses do ano, como mostra a figura 27.

O mês de agosto apresentou a maior variação positiva nos valores de pluviosidade no decorrer dos meses do ano (Figura 28). Apesar do ano de 1980 ter sido chuvoso, alguns meses apresentaram variação negativa nos valores

pluviométricos. Isto corrobora com o fato de a precipitação pluviométrica ser um fenômeno descontínuo, é muito variável no tempo e no espaço.

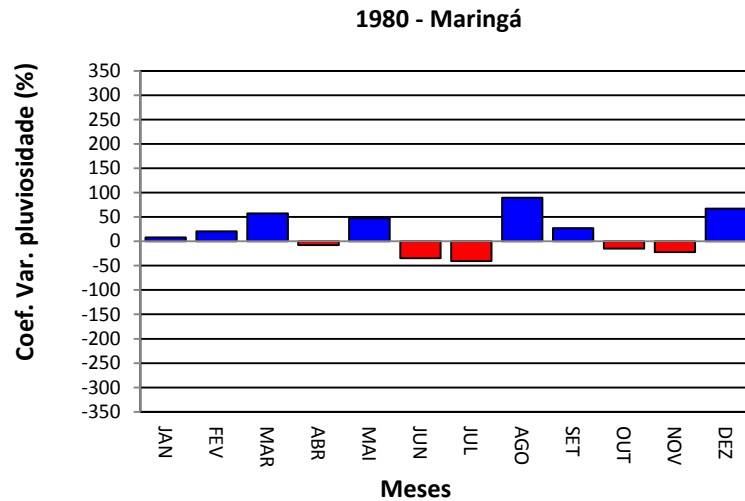


Figura 27 – Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para posto de Maringá no ano de 1980.

O ano de 1983 também foi visto como atípico chuvoso para o período analisado. A distribuição espacial da precipitação pluviométrica apresentou desvio positivo de 410mm quando se comparado a média anual. É interessante observar que tanto o ano de 1983 (Figura 28: A) quanto no acumulado da média anual (Figura 28:B) os maiores valores pluviométricos foram registrados na porção sudeste da bacia.

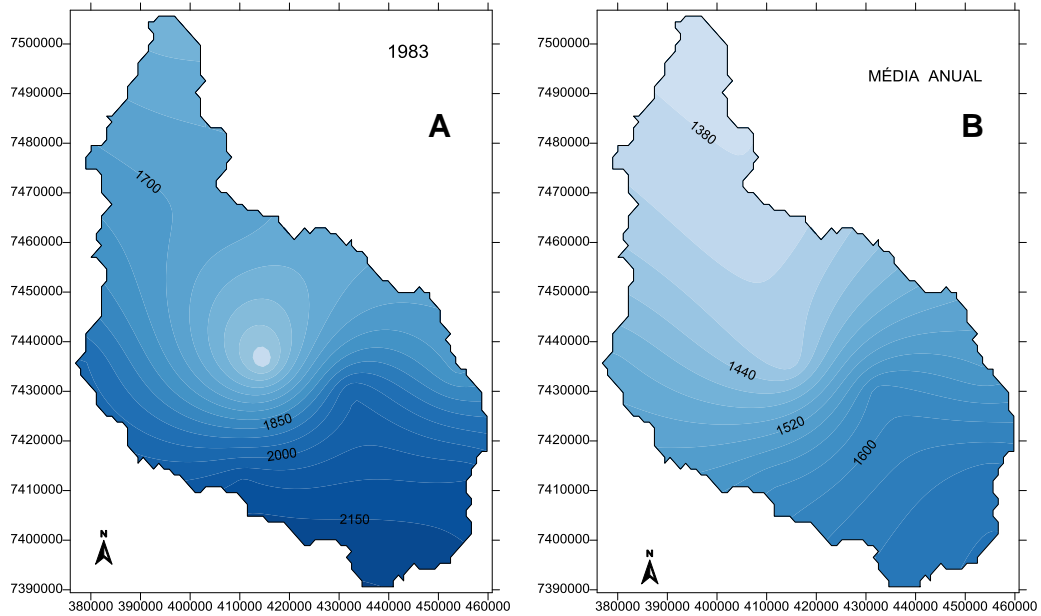


Figura 28 – (A): Pluviosidade para o ano de 1983 (B): Pluviosidade média anual para o período.

A variabilidade da precipitação pluviométrica para o ano de 1983, diferente do ano de 1980, apresentou desvio positivo para o mês de junho, seguido por setembro, maio, março, abril, janeiro, outubro e novembro, e os meses de agosto seguido por julho, fevereiro e dezembro foram os que apresentaram desvio negativo (Figura 29).

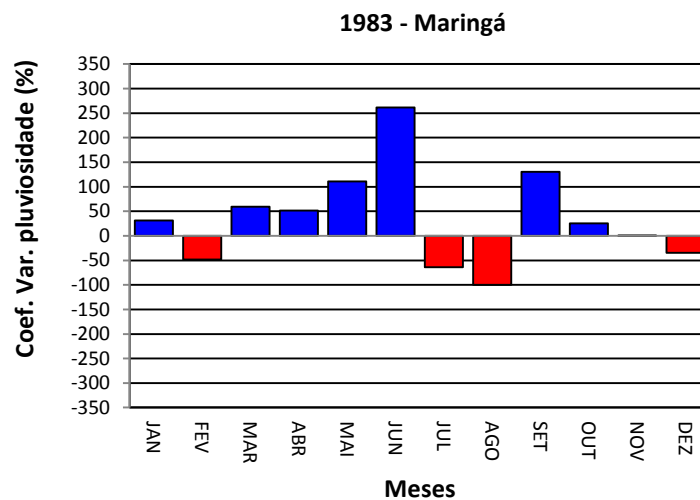


Figura 29 – Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 1983.

No ano de 2009 o desvio positivo de pluviosidade chegou a 600mm acima da média anual para toda a série histórica. Diferentemente da média anual em que os maiores valores foram registrados na região sudeste da bacia, no ano de 2009 os maiores valores de pluviosidade ficaram registrados na porção central da bacia como mostra a figura 30:A e 30:B.

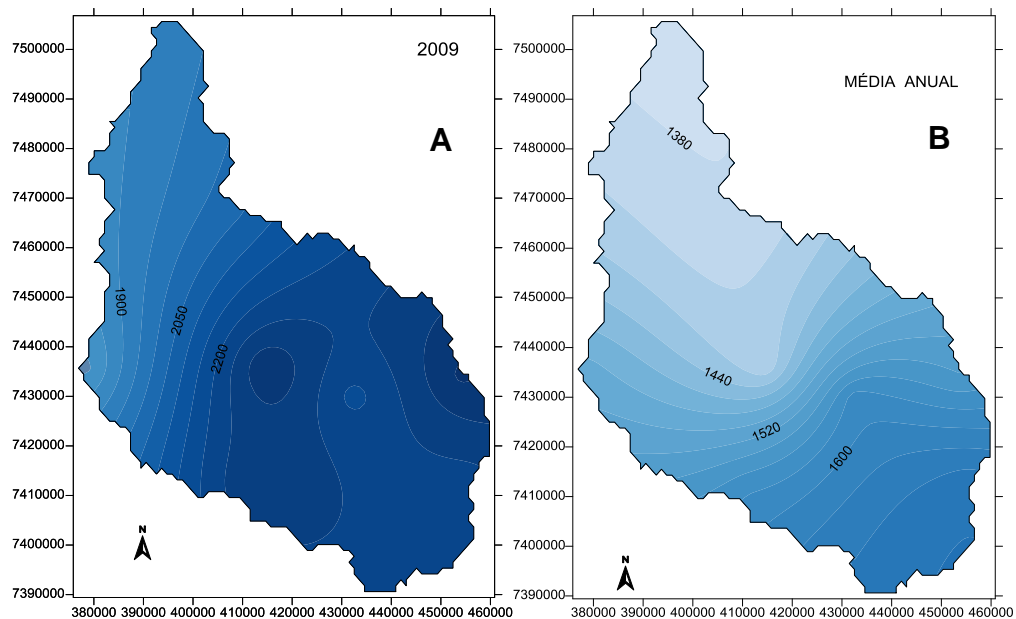


Figura 30 – (A): Pluviosidade para o ano de 2009 (B): Pluviosidade média anual para o período.

A análise da variabilidade da precipitação pluviométrica no decorrer do ano de 2009 mostrou que apenas os meses de abril e maio apresentaram variação negativa na distribuição da pluviosidade, contribuindo todos os demais meses para o desvio positivo. O mês de julho foi o que registrou o maior desvio positivo, acima dos 150mm como pode ser visto na figura 31.

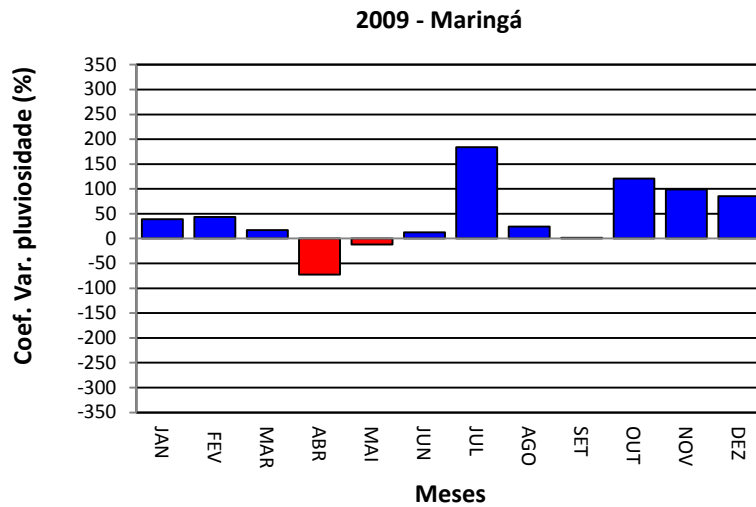


Figura 31 – Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 2009.

4.7.2. Análise dos três anos mais secos: 1978, 1985 e 1988

A análise dos três anos mais secos mostrou uma variabilidade negativa na distribuição da precipitação pluviométrica espacializada. Esse desvio foi observado para todos os postos, como mostra as figuras 32, 34 e 36.

Na análise da variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para os anos tidos como atípicos secos também se constatou uma variação nos valores de pluviosidade tanto positiva como negativa (Figuras 33, 35 e 37).

O ano de 1978 apresentou valores de precipitação pluviométrica abaixo da média anual para toda a série analisada. Esses valores negativos no ano de 1978 ficaram abaixo dos 1160mm de pluviosidade nas porções norte e sul da bacia, como mostra a figura 32:A. Comparando os valores do ano de 1978 com a média anual de pluviosidade para toda a série, observa-se uma diferença de 440mm (Figura 32:B).

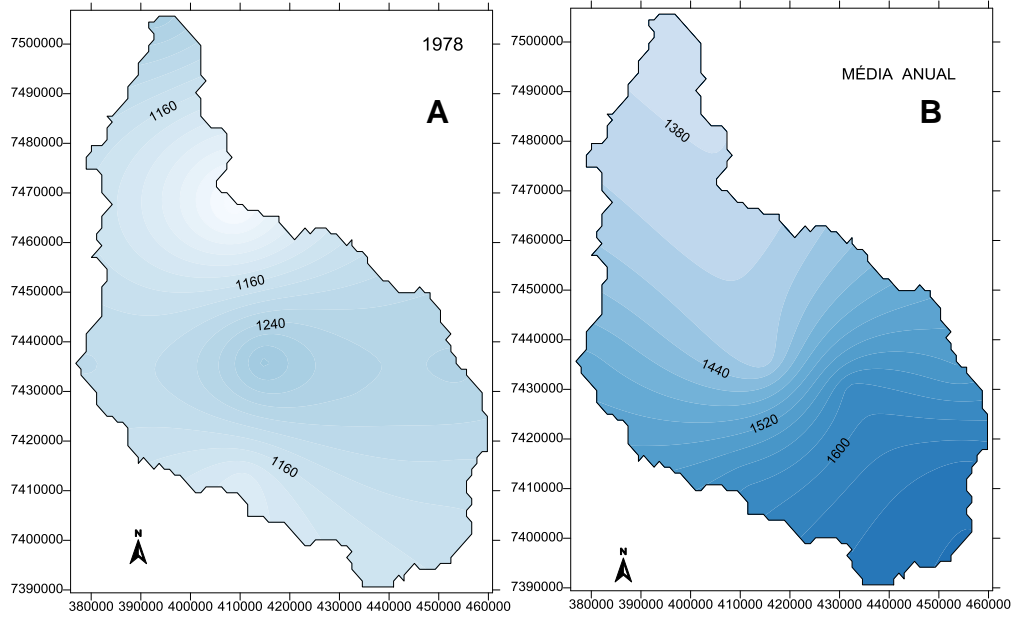


Figura 32 – (A): Pluviosidade para o ano de 1978 (B): Pluviosidade média anual para o período.

Analisando o ano de 1978 pode verificar um padrão de distribuição negativa de pluviosidade no decorrer dos meses. O mês de julho apresentou-se como totalmente atípico em relação a média de distribuição da pluviosidade mensal para toda a série histórica, apresentando desvio positivo acima dos 300mm, como mostra a figura 33. Essa verificação corrobora com fato da precipitação pluviométrica ser elemento de grande variabilidade tanto no tempo quanto no espaço.

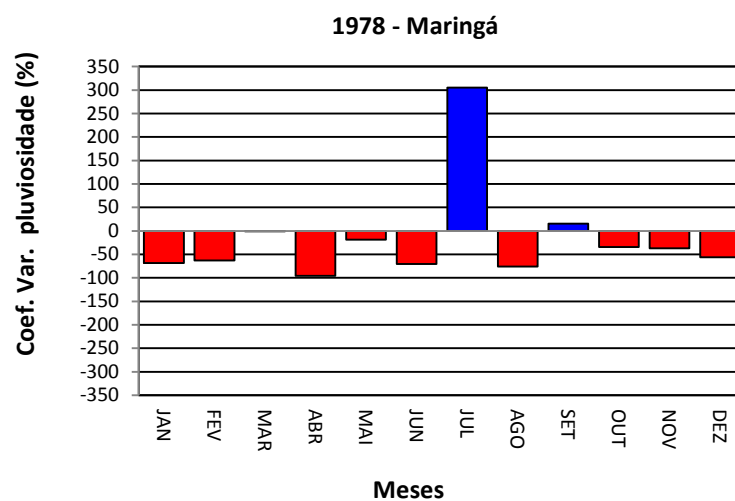


Figura 33 – Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o posto de Maringá no ano de 1978.

Na análise da distribuição pluviométrica para o ano de 1985 tido como atípico seco, observa-se o registro de pluviosidade abaixo dos 1.000mm na região norte da bacia, como mostra as figuras 34:A e 34:B.

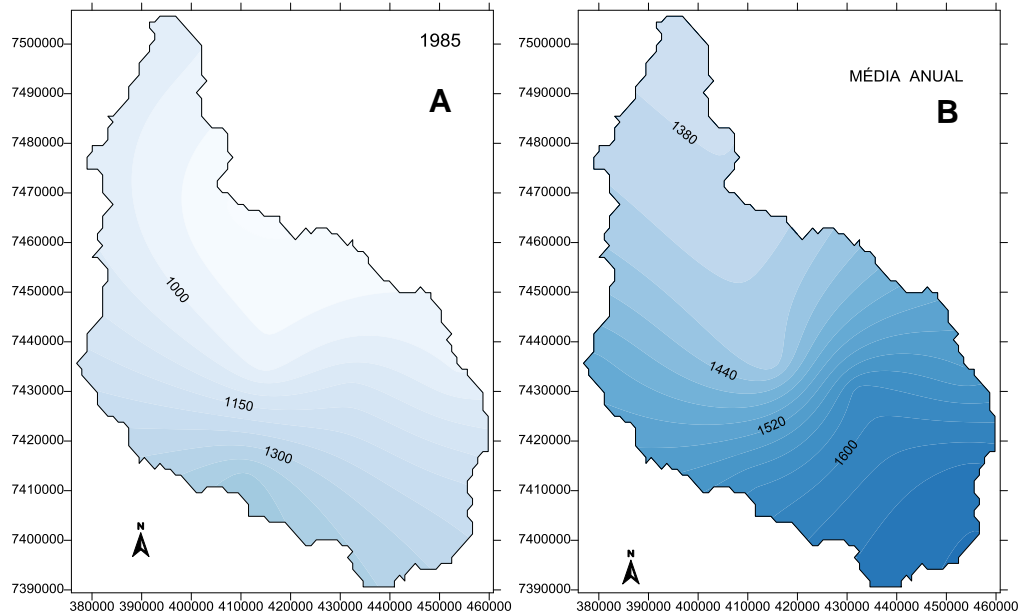


Figura 34 – (A): Pluviosidade para o ano de 1985 (B): Pluviosidade média anual para o período.

Na análise da variabilidade pluviométrica para o ano de 1985 observa-se uma distribuição positiva somente nos meses de fevereiro, março, abril, maio e novembro. Os demais meses apresentaram distribuição abaixo da média, incluindo meses caracterizados pela presença de altos valores de pluviosidade no ano, como dezembro e janeiro, como mostra a figura 35.

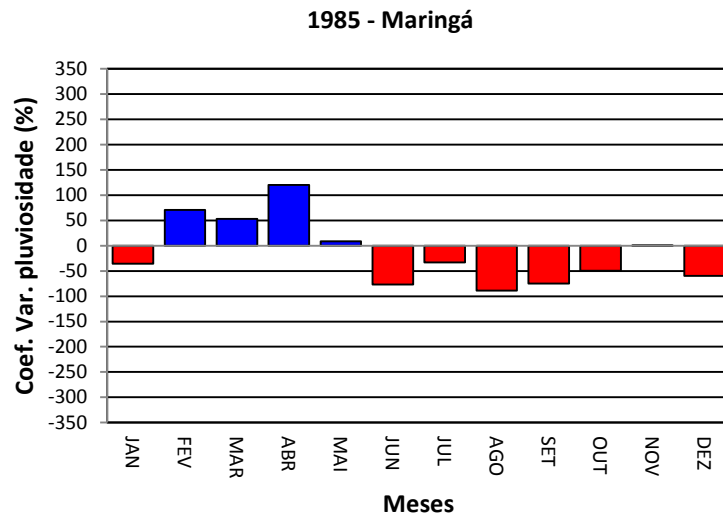


Figura 35 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o ano de 1985.

A distribuição espacial da pluviosidade para o ano de 1988 apresentou valores abaixo dos 1.000mm (Figura 36: A) de precipitação na porção central da bacia. Quando comparado o ano de 1988 com a média anual de precipitação pluviométrica, observa-se uma diferença de pluviosidade em torno de 360mm, em relação aos menores valores de precipitação.

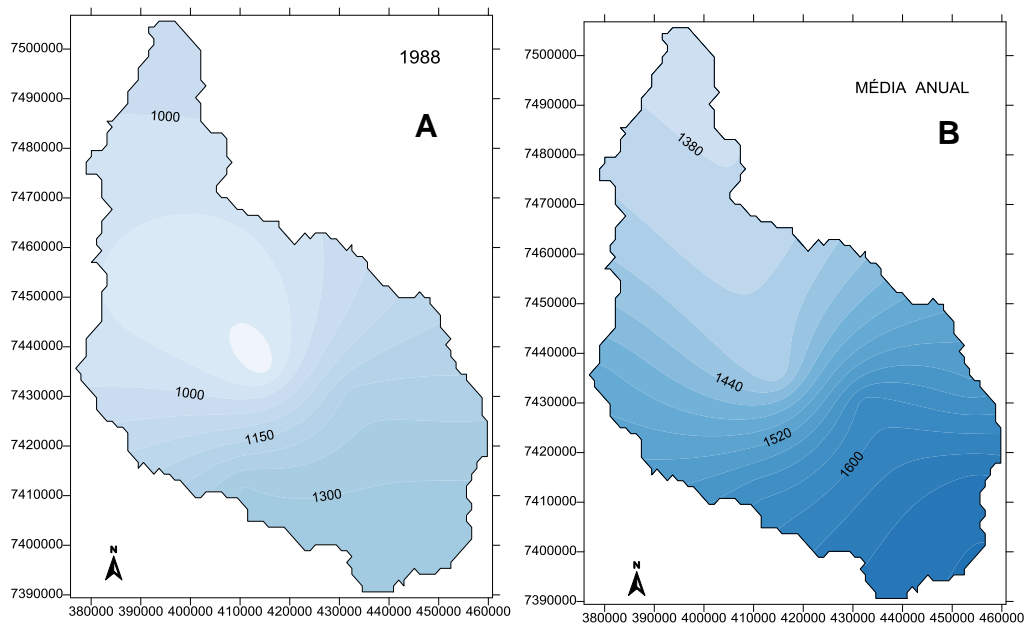


Figura 36 - (A): Pluviosidade para o ano de 1988 (B): Pluviosidade média anual para o período.

A análise da distribuição da pluviosidade no ano 1988 mostra uma grande variabilidade nos registros da precipitação pluviométrica ao longo do ano (Figura 37). Os meses de março, abril, maio e outubro apresentaram desvios positivos. Já nos demais meses ficou evidenciado o desvio negativo da pluviosidade. Mesmo o ano ter sido considerado como atípico seco, nem em todos os meses foram registrados baixos valores de pluviosidade.

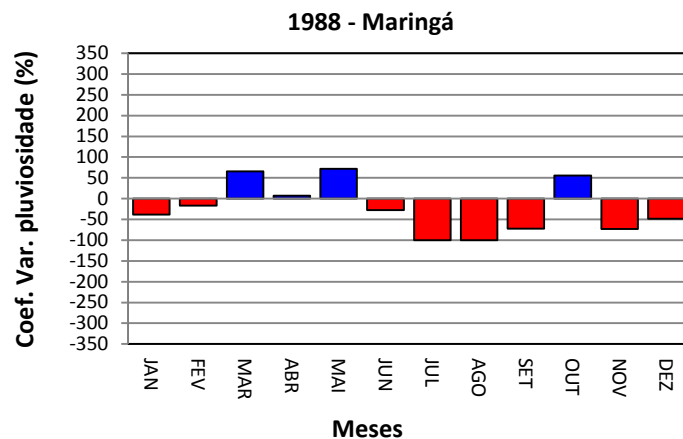


Figura 37 - Variabilidade da precipitação pluviométrica mensal para o ano de 1988.

4.8 ANÁLISE DIÁRIA.

4.8.1 Pluviosidade diária mensal

Os resultados da pluviosidade diária mensal permitiram observar o comportamento da variação tanto espacial como temporal dos dias de chuva na bacia do rio Pirapó-PR.

O comportamento dos dias de chuvas na escala mensal apresentou grande ligação com a sazonalidade das estações do ano. Os meses de verão seguido pela primavera foram os que apresentaram maior quantidade no número de dias de chuva, ao contrário dos meses de outono e inverno em que os números foram

baixos. Pode-se verificar também a presença de variação no número de dias de chuva relacionados à variação da hipsometria da bacia.

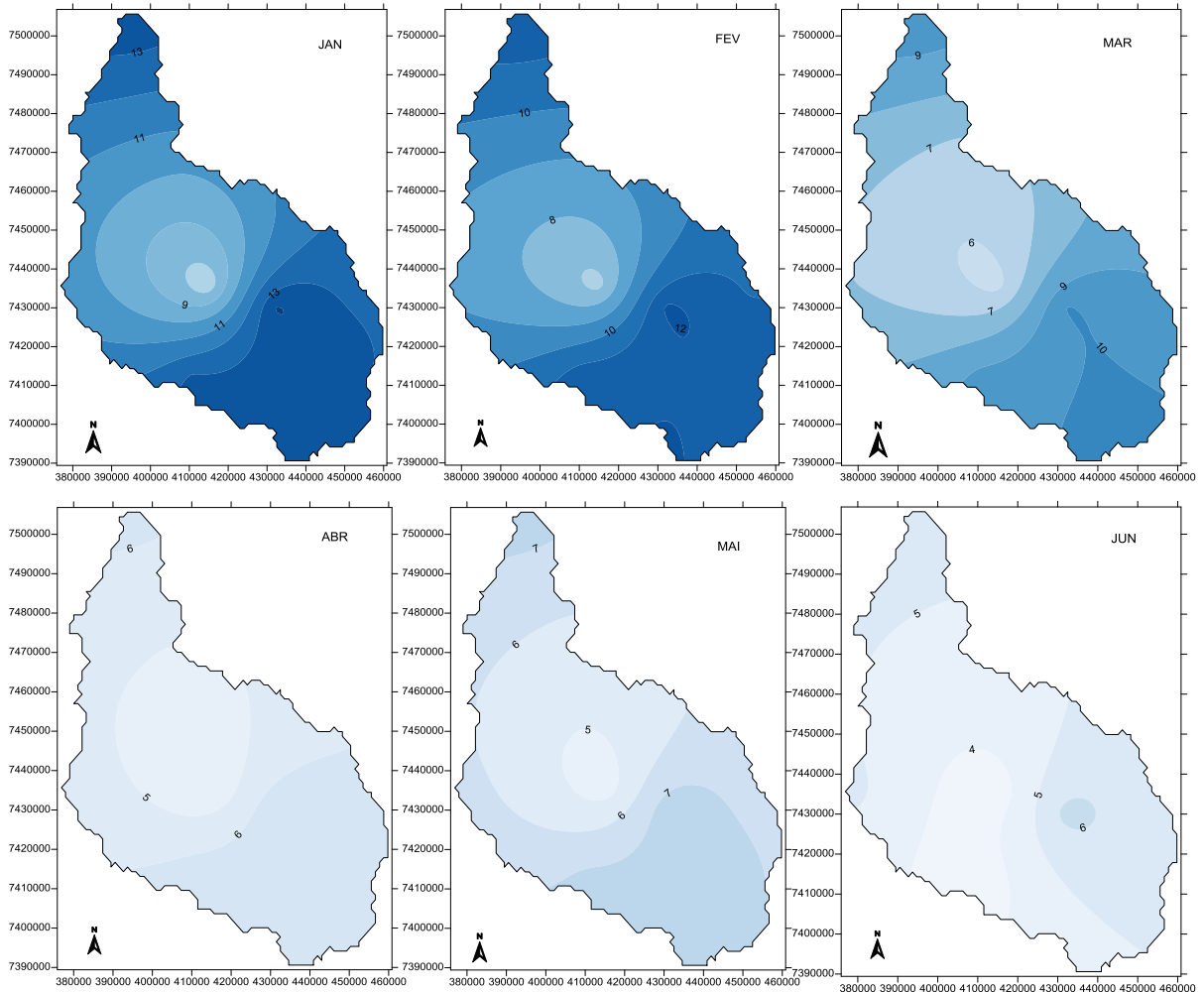


Figura 38 - Número de dias de chuva para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho na bacia do rio Pirapó – PR.

Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram uma média no número de dias de chuva que variam entre 8 e 14 dias (figura 38) sendo o maior número registrado na porção montante da bacia e o menor a médio jusante. O aumento no número de dias de chuva nesses meses está relacionado a características ligadas ao verão. A maior atividade de sistemas atmosféricos de origem tropical associados a sistemas atmosféricos de origem frontais ocasionam o aumento das chuvas convectivas que incidem diretamente no número de dias com presença de chuva.

A variação observada no número de dias de chuva ao longo da área da bacia hidrográfica, ao contrário dos fatores dinâmicos, intrinsicamente ligado à atuação dos sistemas atmosféricos, esta relacionado à atuação direta dos fatores estáticos, no caso da área de estudo a variação da hipsometria.

No mês de março se verifica uma redução no número de dias de chuva. Essa característica é esperada por estar o mês de março no período de transição entre o verão e o outono, onde ocorre uma modificação na dinâmica de atuação dos sistemas atmosféricos.

Nos meses de abril, maio e junho são observados uma redução no número de dias com chuva que é típico do outono. O maior número foi registrado no mês de maio com 7 dias (Figura 38). A média para esse trimestre variou entre 5 e 6 dias de chuva.

Essa redução no número de dias com chuvas é observada até nos dois primeiros meses do inverno, julho e agosto. A média no número de dias com chuva para o mês de julho foi de 5 dias para a parte montante e de 3 para a parte média-jusante da bacia (Figura 39). Já os menores números de dias com chuva foram registrados para o mês de agosto, entre 3 na média-jusante e 4 nas demais porções da bacia.

A partir dos meses de setembro, outubro e novembro são observados uma tendência de aumento no número de dias com chuva. A média para esse trimestre fica entre 6 dias de chuva no setor médio-jusante e 9 dias no setor montante da bacia (Figura 39). Essa modificação na dinâmica das chuvas é característico do fim do inverno e começo da primavera, onde ocorre uma diminuição na atuação de sistemas atmosféricos de origem polar e aumento na atuação de sistemas atmosféricos de origem tropicais, causadores de maior instabilidade, influenciando no aumento da ocorrência de chuvas convectivas. Essa alteração da dinâmica atmosférico é mais nítida no mês de dezembro, período em que a média no número de dias com chuva varia entre 12 na porção montante e 7 no setor médio-jusante.

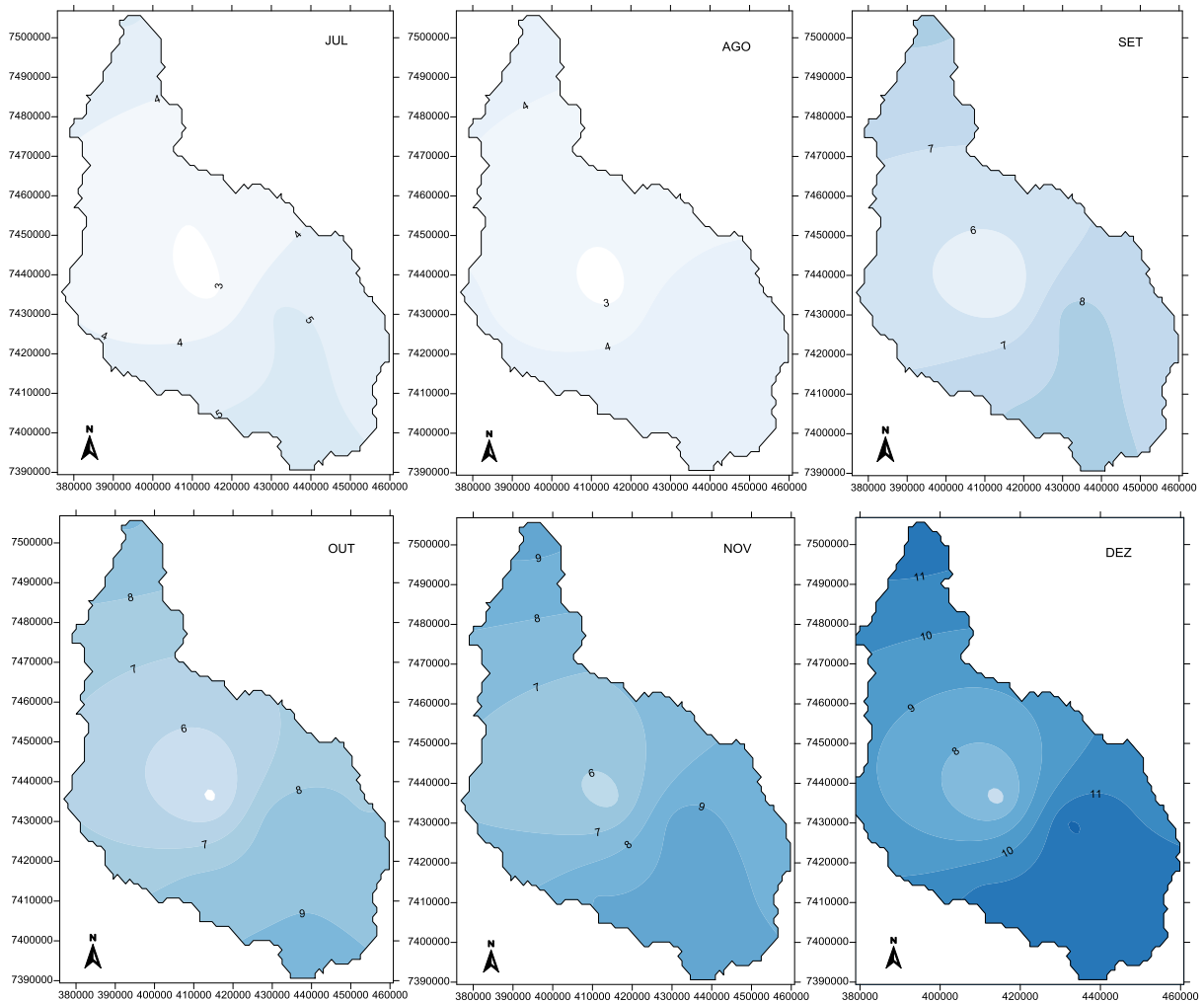


Figura 39 – Número de dias de chuva para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro na bacia do rio Pirapó – PR.

4.8.2 Pluviosidade diária sazonal

A análise da pluviosidade diária sazonal mostrou-se bastante variável, tanto em relação as estações do ano como também em relação a distribuição ao longo da área da bacia.

O verão foi a estação com o maior número de dias com chuva. Os maiores números de dias com chuva foram observados na parte montante da bacia seguido pela jusante com 36 e 35 respectivamente. O menor valor no número de dias com chuva para esta estação foi verificado na porção central da bacia (Figura 40) com 21 dias.

Do verão para o outono houve uma diminuição no número de dias com chuva, o maior valor para esta estação foi de 20 dias na parte montante da bacia.

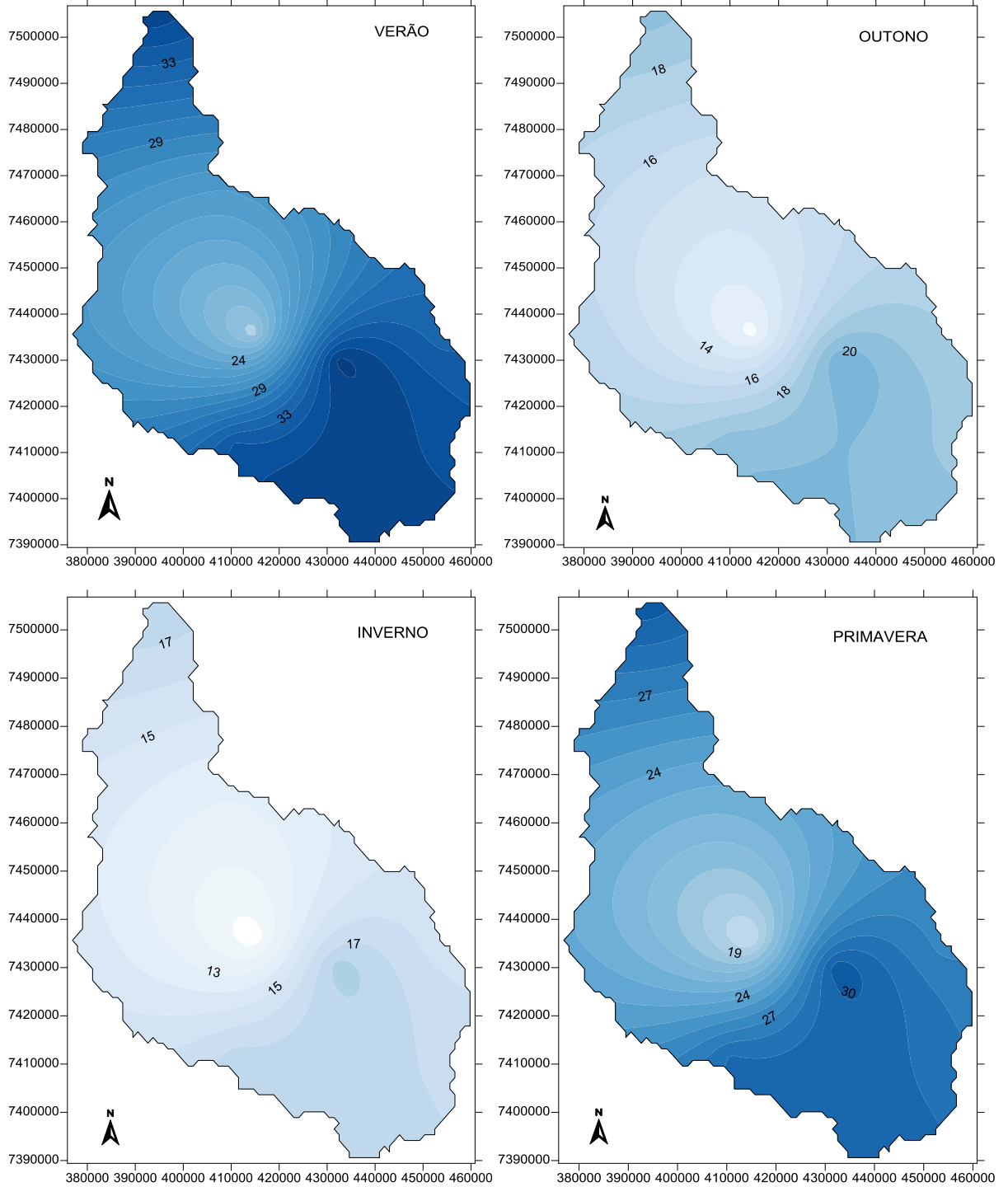


Figura 40 – Número de dias de chuva para o verão, outono, inverno e primavera na bacia do rio pirapó – pr.

De todas as estações analisadas o inverno foi o que apresentou os menores valores no número de dias com chuva. O maior valor para esta estação foi observado na parte monte da bacia com 18 dias com chuva. Já na porção central da bacia os valores ficaram abaixo dos 13 dias com chuva, como mostra a figura 40.

Na primavera é observado um aumento no número de dias com chuva quando se comparado ao inverno. Na porção montante da bacia o número de dias com chuvas chegam a 30 dias como mostra a figura 40.

5 CONCLUSÃO

Os resultados alcançados confirmaram vários aspectos da climatologia regional da bacia do rio Pirapó-PR, bem como os padrões predominantes de distribuição pluvial existente na bacia.

A média anual da pluviosidade no período de 1976 a 2010 para a área da bacia é de 1500mm. Os menores valores de precipitação pluviométrica foram observados na foz da bacia, menos de 1300mm, e os maiores valores de pluviosidade foram registrados a montante da bacia, acima de 1600mm.

A distribuição da pluviosidade para todas as escalas de análise apresentaram um padrão como os maiores valores a montante da bacia devido o efeito orográfico e ao clima subtropical úmido predominante nessa porção, enquanto os menores valores foram observados a jusante, por se encontrar em uma área de baixas altitudes, numa faixa de transição do clima tropical, confirmando os resultados alcançados por Ribeiro (1987); Andriucci, Sant'Anna Neto e Ferreira (2002) e Baldo (2006).

A determinação do ano padrão para o período de 1976 a 2012 apresentou os anos de 1980, 1983 e 2009 como de padrão chuvosos e os anos de 1978, 1985 e 1988 com o padrão seco. A metodologia proposta por Monteiro (1969), mostrou-se como uma ferramenta eficaz no auxílio da escolha do ano padrão.

Na análise dos anos atípicos após a determinação do ano padrão, pode-se observar a presença de variações tanto positivas como negativas nos valores de precipitação pluviométrica dos anos tidos como atípicos secos e chuvosos.

Com relação à análise de cluster, três grupos homogêneos de distribuição da pluviosidade foram gerados grupo-1 abrangendo a porção norte da bacia, com valores 1386mm, grupo-2 abrangendo a porção sudoeste com 1531mm e o grupo-3 abrangendo toda a porção sul e sudeste da bacia com 1595mm.

Foi constatado na análise diária que os maiores números de dias com chuva foram encontrados na porção montante da bacia próximo ao município Apucarana, devido ao efeito orográfico em que se encontra e região, resultados esses, também obtidos por Roseghini, Nery e Ferreira (2001) ao fazerem a caracterização da precipitação na região Noroeste do Estado do Paraná.

REFERÊNCIAS

ANDRIUCCI, Lays R.; SANT'ANNA NETO, João L.; FERREIRA, Maria E. M. C. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó-PR. **Boletim de Geografia**. v.20, nº2, p. 41-47, 2002.

ALBUQUERQUE, Monik F.; SOUZA, Everaldo B. de; OLIVEIRA, Maria do C. F. de; SOUZA, Fernando de S. e; BARROS, Aylci N. F. de. **Distribuição espacial da precipitação climatológica do Estado do Pará, nas últimas Décadas (1978 – 2008)**. XVI CBMET- Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010. Disponível em: <<http://www.cbmet2010.com/anais/1a.html>>. Acesso em. 14 mar. 2012.

ANDRADE, Aparecido R.; NERY, Jonas T. Análise da pluviométrica diária, mensal e Interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil. *Investigaciones Geográficas*, **Boletim del Instituto de Geografia**, UNAM N°. 52, 2003, 7-30 p. 2003.

ARMANI, Gustavo.; TARIFA, José R. **Variação temporo-espacial da pluviosidade na região da barragem de Barra Bonita (Folha Bauru - Sf-22-Z-B)**. In: **IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2000, Rio de Janeiro. Anais do IV Simpósio. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.

AZEVEDO, Luiz C. de. **Análise da precipitação pluvial na bacia do rio Iguaçu – Paraná**. 2006. 123 f. Dissertação de mestrado em Geografia - Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2006.

BARBIERI, Daniela W. FERREIRA, Camila C.; SAITO, Sílvia M.; SAUSEN, Tania M.;HANSEN, Marco A. F. Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, INPE, p. 3527-3534, 25-30 abril 2009 Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/3527_3534_BARBIERI_Relacao_entre_desastres_naturais_2009.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2010.

BALDO, Maria Cleide. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2006. 153f. Tese de Doutorado em Geografia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente - SP, 2006.

BERLATO, Moacir. Análise de alguns elementos componentes do agroclima do Estado do Rio Grande do Sul. 1970. 116 f. **Tese de Grau de Magister Scientiae**. Instituto Internacional de Ciências Agrícolas de La OEA, Costa Rica, 1970.

BORSATO, Victor A.. **A Dinâmica e a Produtividade Agrícola na bacia hidrográfica do rio Pirapó**. 2001. 228f. Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2001.

DERECZYNSKI, Claudine P.; OLIVEIRA, Juliana S. de; MACHADO, Christiane O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. Rev. **Brás meteorol.** vol.24 n.1, São Paulo-SP, mar. 2009.

Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script...77862009000100003>. Acesso em: 28 fev. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGOPECUÁRIA - EMBRAPA. **Agência de Informações Embrapa**. 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_43_911200585233.html>. Acesso em: 18 abr. 2012.

EMPRESA BRAILEIRA DE PESQUISA AGOPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 376 p. 2006.

GRIMM, Alice. M.; FERRAZ, Simone. E. T. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Estado do Paraná: Efeitos de El Niño e La Niña. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 12., 1997, Vitória. Bases Técnicas para a Implementação dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos. Vitória, 1CD, 1997.

INSTITUTO AGRONÔMICO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. CD. 2000.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Governo do Paraná: Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná – série histórica. Bacias dos rios Pirapó e Paranapanema III e IV**, 2010.

LIMBERGER, Leila. **O Clima do Oeste do Paraná: Análises da Presença do Lago de Itaipu**. 2007. 124 f. (Dissertação de Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2007. Disponível em: <<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/>>. Acesso em: 14 dez. 2009.

MAKSOUND, Henry. Hidrologia e possibilidades hidrenergéticas da bacia do rio de Contas, na Bahia. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**, Rio de Janeiro, p 195, 1964.

MENDONÇA, Francisco de A. Contribuição do zoneamento climático na elaboração do diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do Rio Tibagi – PR. **Boletim Climatológico**. Presidente Prudente, v.2, n° 3, p.118-121, 1997.

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ. **Atlas Geológico do Paraná**, 2001.

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ. **Atlas Geomorfológico do Paraná**, 2006.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ed.). **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I., p.114-166, 1968.

NERY, Jonas T.; BALDO, Maria C.; KLOSWSKI, É. Silvério. Aplicação do Coeficiente de Variação na Precipitação Pluviométrica do Estado do Paraná. **Revista UNIMAR**. Maringá, v. 19, N. 4, 1997.

NERY, Jonas T.; VARGAS, Walter M.; MARTINS, Maria L. **Climatologia da precipitação da região Sul do Brasil**. Apontamentos nº33. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 41p. 1995.

NIMER, Edmon. Climatologia da região sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Geografia. Introdução a Climatologia Dinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, n. 4. P. 3 – 65, 1971.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 421p. 1989.

QUADRO, Mário F. L.; DIAS, Maria A. F. S.; HERDIES, Dirceu L.; GONÇALVES, L. G. G. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia** (impresso), v. 27, pp. 287-294, 2012.

RIBEIRO, Antonio Giacomoni. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Boletim de Geografia – UEM**. Maringá. n.1, 1987.

RODERJAN, Carlos V.; GALVÃO, Franklin; KUNIYOSHI, Yoshiko S.; HATSCHBACH, Gert G.. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente 24**: 75-92, 2002.

ROSEGHINI, Wilson F. F.. **Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista**. 2007. 150f. Dissertação de Mestrado em Geografia - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente - SP, 2007.

ROSEGHINI, Wilson F. F.; NERY, Jonas T.; MARTINS, Maria L. O. F.. Caracterização da precipitação na região Noroeste do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**. v. 19, nº1, p. 99-114, 2001.

SETTE, Denise M.; TARIFA, José R.. Estrutura Pluvial e as Paisagens no estado do Mato Grosso. In: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2000, Rio de Janeiro. **Anais do IV Simpósio**. Rio de Janeiro : UFRJ, 2000.

SILVA, Charlei A. **Distribuição têmporo-espacial das chuvas na bacia do Corumbataí e implicações no consumo e na qualidade das águas do município de Rio Claro (SP)**. 2000. 191f. Dissertação de Mestrado em Geociências - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2000.

SILVA, Eraldo S. **Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões sudeste e sul do Brasil**. (Tese de Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu – SP, 2006.

SANT'ANNA NETO, João L. **Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático**. *Revista Terra Livre*. São Paulo ano 19 vol nº 20, p. 51-36. 2003.

SANTOS, Marcos dos S.; GALVÍNCIO, Josiclêda dos S.; MOURA, Magna S. B. de. Homogeneização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Goiana – PE, com método de análise de agrupamento. **RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física**. Vol. 01 nº01 mai/ago, 14-27. Recife PE, 2008.

SOARES, Fernanda S.; FRANCISCO, Cristiane N.; CARVALHO, Cacilda N. de. **Análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral sul fluminense, RJ**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, INPE, p. 3365-3370, 16-21, abr. de 2005.

SOUZA, Grecieli P.; MARTINS, Maria de L. O. F.; NERY, Jonas T. Variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz do Iguaçu – PR, 2002.

TERASSI, Paulo M. B. **Análise da estrutura espaço - temporal pluviométrica e o emprego dos sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) em Geografia - Universidade Estadual de Maringá – Maringá – PR, 2012.

TOMMASELLI, J.T.G.; SILVEIRA, H.; BALDO, M.C. Caracterização Pluviométrica da Mesorregião Geográfica Centro Ocidental Paranaense. **VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA.** Universidade Federal do Sergipe. Aracaju – SE, 2004.

ZANDONADI, Leandro. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos.** 2009.122f. Dissertação de mestrado em Geografia - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2009.