

*UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ*  
CENTRO DE CIENCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
CURSO DE MESTRADO

SILVIA MIOTO

**INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA NO ALTO CURSO DO RIO  
PIRAPÓ – PR: UMA COMPARAÇÃO ENTRE DUAS PROPOSTAS  
METODOLÓGICAS**

Maringá  
2017

SILVIA MIOTO

**INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA NO ALTO CURSO DO RIO  
PIRAPÓ – PR: UMA COMPARAÇÃO ENTRE DUAS PROPOSTAS  
METODOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Silveira

Maringá  
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)**

M669i Mioto, Silvia  
Intensidade pluviométrica no alto curso do rio  
Pirapó-PR: uma comparação entre duas propostas  
metodológicas / Silvia Mioto. -- Maringá, 2017.  
138 f. : il. color., figs., tabs., mapas

Orientador: Prof. Dr. Hélio Silveira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

1. Rio Pirapó, PR - Bacia hidrográfica -  
Intensidade pluviométrica. 2. Rio Pirapó, PR - Bacia  
hidrográfica - Recursos hídricos. I. Silveira,  
Hélio, orient. II. Universidade Estadual de Maringá.  
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 21.ed.551.483

ECSL

ESTUDO DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA NO ALTO CURSO DO RIO PIRAPÓ-  
PR: UMA COMPARAÇÃO ENTRE DUAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa: Análise Ambiental

Aprovada em 24 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Hélio Silveira  
Orientador - UEM  
Universidade Estadual de Maringá



---

Prof. Dr. Paulo Henrique Caramori  
Membro convidado  
IAPAR



---

Prof. Dr. Leandro Zandonadi  
Membro convidado  
Universidade Estadual de Maringá

*Dedico*  
*ao meu doce amigo*  
*Jesus.*

*...e ofereço*  
*aos meus pais*  
*Hélio e Jacinta.*

## AGRADECIMENTOS

É com sentimentos de muita alegria e gratidão que deixo aqui algumas palavras de agradecimento na conclusão desta importante etapa em minha vida.

Não tenho palavras para agradecer a Deus por realizar um dos grandes sonhos da minha vida, sonho este que até já havia esquecido em meio a tantos acontecimentos e descaminhos. As mais belas palavras não seriam suficientes para expressar o meu amor e carinho por reescrever a minha história, pela força e sabedoria com que me conduziste e, principalmente por se fazer presente através de tantas pessoas...

Pessoas estas, que já faziam parte de minha vida e outras que caminharam comigo, me oferecendo amizade e apoio durante a concretização desta pesquisa, de modo muito especial:

Aos meus pais, Hélio e Jacinta, reflexo do amor incondicional de Deus em minha vida. Pelo zelo, amor, dedicação, educação e por tantas palavras e gestos de apoio, paciência e força em busca da realização deste sonho.

Aos meus irmãos Sônia e Leandro, por me motivarem e se alegrarem por minha conquista. Trago-os comigo no coração...

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hélio Silveira, que gentilmente aceitou me orientar e que pacientemente me ensinava a trilhar um caminho como pesquisadora. Agradeço por suas preciosas contribuições, pela sua humildade, competência, responsabilidade, dedicação, incentivos que me levaram a crescer também como pessoa, pelas palavras de força e ânimo em muitos momentos difíceis pelo qual passei.

Ao Prof. Dr. Leandro Zandonadi, pelas importantes considerações desde o colóquio até a conclusão da minha pesquisa, do qual tenho muito respeito e admiração.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique Caramori, não só por examinar minha dissertação durante a defesa, mas, sobretudo, por sua simplicidade e humildade em suas considerações, me apontando um olhar como pesquisadora. Também por gentilmente me acolher no Instituto Agrônomo do Paraná quando realizava minha pesquisa, se disponibilizando em ajudar no que fosse preciso.

À Prof. Dr<sup>a</sup> Cíntia Minaki, pelos excelentes apontamentos durante o Exame Geral de Qualificação.

Ao Carlos Henrique da Graça, grande profissional e pesquisador. Pela imensa ajuda, dedicação e responsabilidade que levarei como exemplo.

Aos meus singelos amigos, que tanto me incentivaram durante os dois anos de estudo.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), pela disposição e imensa ajuda com os pluviogramas utilizados na pesquisa. De forma especial, ao setor de agroclimatologia e a todos que me acolheram e apoiaram durante as semanas que estive em Londrina.

Ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), não só pelo fornecimento dos dados para a realização deste estudo, mas por inúmeras informações necessárias para a sua conclusão.

À Secretaria de educação do Estado do Paraná, pela licença de afastamento da minha função de professora, dando-me a oportunidade de estudar e se aperfeiçoar, sempre prezando pelo compromisso com o ensino de qualidade.

À Secretaria da Pós-Graduação, de modo singular a Mirian de Carlos, que com muita atenção, profissionalismo, amizade e compreensão sempre atendeu as minhas solicitações.

E novamente a Deus pela grande conquista.

*“É como está escrito:  
coisas que os olhos não viram, nem o coração humano imaginou,  
tais são os bens que Deus tem preparado  
para aqueles que o amam”.*

*(1 Cor 2, 9).*

## RESUMO

A presente pesquisa objetivou estudar a intensidade pluviométrica e sua correlação com a gestão dos recursos hídricos, bem como os impactos a ela recorrentes no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Essa bacia está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, entre as latitudes de 22° 30' e 23° 30' Sul e longitudes de 51°15' e 52°15' Oeste. Para realização da pesquisa foram obtidos dados de precipitação pluviométrica do período de 1980 a 2014 e dados de precipitação pluviográfica de 2009 a 2013; as informações foram coletadas nas estações meteorológicas de Apucarana, que pertence ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), e de Maringá, que pertence à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados foram analisados nas escalas anual, sazonal, mensal e diária. Foi aplicada a estatística descritiva para os dados de chuva dos dois municípios, utilizando-se os respectivos parâmetros: média, desvio padrão e coeficiente de variação. Empregou-se a técnica de anos-padrão de Monteiro (1976) para a identificação de anos tipicamente chuvosos, tendente a chuvoso, normal, tendente a seco e secos. Para a classificação da intensidade pluviométrica no período de 2009 a 2013, foram utilizados como metodologia o Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999) e a proposta de Reichardt (1990). Os resultados da precipitação pluviométrica e da intensidade da precipitação foram representados por meio de gráficos elaborados na planilha eletrônica Excel 2010. Verificou-se que a classe de intensidade fraca predomina em relação às classes moderada e forte, principalmente nos meses de janeiro, fevereiro, junho e outubro, ao passo que a classe de intensidade moderada ocorreu com mais frequência durante os meses de janeiro, fevereiro, março e outubro. Para a classe de intensidade forte houve significativa diferença quanto ao número de ocorrências entre as duas estações meteorológicas, visto que Maringá apresentou mais eventos do que Apucarana, principalmente durante o mês de janeiro. Com relação à classificação de intensidade proposta por Reichardt (1990), pode-se observar que o número de ocorrências de chuvas fracas foi inferior às demais classes e que as intensidades moderada e forte foram superiores à classificação proposta pelo INMET (1999).

**Palavras-chave:** Intensidade pluviométrica, recursos hídricos, INMET (1999), Reichardt (1990), rio Pirapó.

## ABSTRACT

The present work aims at the study of the pluviometric intensity and its correlation with the management of the water resources and the recurrent impacts on the upper reaches of the Pirapó river basin. This basin is located in the Paraná Third Plateau, between latitudes of 22°30 'and 23° 30' South and longitudes of 51°15 'and 52°15' West. Pluviometric data from 1980 to 2014 and pluviograph data from 2009 to 2013 were obtained from the meteorological stations of Apucarana - belonging to the Paraná Agronomic Institute and to the Paraná Meteorological System (SIMEPAR) and of Maringá - belonging to the National Institute of Meteorology (INMET). These data were analyzed in the annual, seasonal, monthly and daily scales. Descriptive statistics were applied to the two municipalities using the respective parameters: mean, standard deviation and coefficient of variation. The standard year technique of Monteiro (1976) was applied for the identification of years typically rainy, tending to rainy, normal, tending to dry and dry. For the classification of pluviometric intensity in the period from 2009 to 2013, the Meteorological Observations Manual (INMET, 1999) and the Reichardt proposal (1990) were used as methodology. The results of pluviometric precipitation and precipitation intensity were represented by graphs drawn in the Excel 2010 spreadsheet. It was verified that the weak intensity class predominates in relation to the moderate and strong classes, mainly in the months of January, February, June and October, and the moderate intensity class occurred most frequently during the months of January, February, March, and October. For the strong intensity class there was a significant difference in the number of occurrences between the two meteorological stations, since Maringá presented more events than Apucarana, mainly during the month of January. In relation to the intensity classification proposed by Reichardt (1990), it can be observed that the number of occurrences of weak rains were lower than the other classes and that the moderate and strong intensity were higher than the classification proposed by INMET (1999).

**Keywords:** pluviometric intensity, water resources, INMET (1999), Reichardt (1990), Pirapó river.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR .....	49
Figura 2 - Fluxograma teórico-metodológico de apresentação da pesquisa.....	54
Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR e dos municípios de Apucarana e Maringá .....	55
Figura 4 - Distribuição da precipitação pluviométrica anual para Apucarana (A) e Maringá (B), durante a série histórica analisada. ....	66
Figura 5 - Precipitação pluviométrica em escala sazonal, para Apucarana e Maringá, durante a série histórica analisada. ....	69
Figura 6 - Precipitação pluviométrica média para Apucarana (A) e Maringá (B) durante a série histórica analisada .....	75
Figura 7 - Distribuição da precipitação anual para Apucarana e Maringá, no período de 2009 a 2013	82
Figura 8 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	84
Figura 9 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	84
Figura 10 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	86
Figura 11 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	86
Figura 12 - Precipitação média sazonal para Apucarana e Maringá, nos anos de 2009 a 2013 .....	88
Figura 13 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	91
Figura 14 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	91
Figura 15 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	93
Figura 16 - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	93
Figura 17 - Precipitação média mensal para Apucarana e Maringá no período de 2009 a 2013 .....	94
Figura 18 - Classe de intensidade fraca mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	97
Figura 19 - Classe de intensidade fraca mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	99
Figura 20 - Classe de intensidade fraca mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	100
Figura 21 - Classe de intensidade fraca mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	101
Figura 22 - Classe de intensidade moderada mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	103
Figura 23 - Classe de intensidade moderada mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	104
Figura 24 - Classe de intensidade moderada mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	105

Figura 25 - Classe de intensidade moderada mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	106
Figura 26 - Classe de intensidade forte mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	108
Figura 27 - Classe de intensidade forte mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999).....	108
Figura 28 - Classe de intensidade forte mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	109
Figura 29 - Classe de intensidade forte mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	110
Figura 30 - Dias de chuva para Apucarana, em dezembro de 2009.....	113
Figura 31 - Dias de chuva para Maringá, em dezembro de 2009.....	113
Figura 32 - Intensidade da precipitação (mm), para Apucarana, em dezembro de 2009, segundo a metodologia do INMET (1999).....	114
Figura 33 - Intensidade da precipitação (mm), para Maringá, em dezembro de 2009, segundo a metodologia do INMET (1999).....	115
Figura 34 - Intensidade da precipitação (mm) para Apucarana, em dezembro de 2009, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	117
Figura 35 - Intensidade da precipitação (mm) para Maringá, em dezembro de 2009, segundo a metodologia de Reichardt (1990).....	118

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Ano-Padrão em escala anual, para Apucarana e Maringá, durante a série histórica analisada.....	67
Tabela 2 - Ano-padrão sazonal para Apucarana durante a série histórica analisada.....	70
Tabela 3 - Ano-Padrão sazonal para Maringá durante a série histórica analisada.....	73
Tabela 4 - Ano-Padrão mensal para Apucarana durante a série histórica analisada.....	77
Tabela 5 - Ano-Padrão mensal para Maringá durante a série histórica analisada.....	80
Tabela 6 - Ano-Padrão anual para Apucarana e Maringá, no período de 2009 a 2013.....	83
Tabela 7 - Ano-Padrão sazonal para Apucarana nos anos de 2009 a 2013.....	89
Tabela 8 - Ano-Padrão sazonal para Maringá nos anos de 2009 a 2013.....	89
Tabela 9 - Ano-Padrão mensal para Apucarana no período de 2009 a 2013.....	95
Tabela 10 - Ano-Padrão mensal para Maringá no período de 2009 a 2013.....	96

### **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Localização das estações meteorológicas no alto curso da bacia do rio Pirapó-PR.....	55
Quadro 2 – Classe de anos-padrão, segundo Monteiro (1976).....	59
Quadro 3 – Classes de intensidade pluviométrica, segundo a metodologia do INMET (1999) e Reichardt (1990).....	62

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Características da chuva e da dinâmica climática do Brasil.....	15
2.2 Dinâmica climática da região Sul do Brasil.....	19
2.3 As bacias hidrográficas como unidade de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos.....	25
2.4 Estudos sobre a intensidade pluviométrica.....	31
2.5 A intensidade pluviométrica em áreas de bacias hidrográficas.....	35
2.6 As chuvas intensas no ambiente urbano e rural.....	40
2.7 A erosividade das chuvas.....	44
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	49
3.1 Localização.....	49
3.2 Aspectos físicos.....	50
3.3 Aspectos humanos.....	52
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	54
4.1 Obtenção dos dados de precipitação pluviométrica e tratamento estatístico.....	54
4.2 Obtenção dos dados de precipitação pluviográfica.....	57
4.3 Caracterização dos anos-padrão.....	58
4.4 Classificação da intensidade pluviométrica.....	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
5.1 Caracterização da precipitação pluviométrica nas escalas anual, sazonal e mensal, no período de 1980 a 2014, em Apucarana e Maringá-PR.....	65
5.1.1 Escala anual.....	65
5.1.2 Escala sazonal.....	68
5.1.3 Escala mensal.....	73
5.2 Caracterização da intensidade pluviométrica nas escalas anual, sazonal, mensal e diária, no período de 2009 a 2013 para Apucarana e Maringá.....	81
5.2.1 Escala anual.....	81
5.2.2 Escala sazonal.....	87
5.2.3 Escala mensal.....	93
5.2.3.1 Classe de intensidade fraca.....	97
5.2.3.1 Classe de intensidade moderada.....	102
5.2.3.3 Classe de intensidade forte.....	107
5.2.4 Escala diária.....	112
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
REFERÊNCIAS.....	124

## 1 INTRODUÇÃO

A vida e a cultura humana estão intimamente ligadas aos acontecimentos climáticos. São os processos atmosféricos que influenciam os eventos nas outras partes do ambiente, seja na manutenção da vida, no regime hidrológico e até mesmo na intemperização da rocha e formação do solo, além de sua relação com a dinâmica da sociedade.

Entre os elementos climáticos, a precipitação destaca-se por ser essencial para a manutenção da vida e também um importante fator para as atividades agrícolas. O Brasil possui uma estreita dependência dos elementos climáticos, principalmente da precipitação, pois grande parte de sua economia está voltada para a agricultura, no que concerne à irrigação e uso para abastecimento rural, além da produção de energia, a partir das usinas hidrelétricas, abastecimento para os diversos setores da economia e atividades ligadas ao meio urbano.

A literatura sobre estudos climáticos afirma que a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes e um dos elementos mais estudados no Brasil e no mundo. São vastos os estudos sobre a variabilidade, distribuição espacial, assim como sua relação com a agricultura e com os espaços urbanos nas diversas regiões brasileiras. Contudo, os estudos que caracterizam sua intensidade ainda são escassos, principalmente quando voltados para áreas de bacias hidrográficas.

Observa-se que são vastas as pesquisas relacionadas às chuvas intensas no ambiente urbano. Contudo, em áreas de bacias hidrográficas, as chuvas intensas possuem uma influência expressiva, visto que podem provocar a degradação do solo, além de gerar problemas relacionados a inundações, perdas de safras, enchentes, destruição da infraestrutura, risco de deslizamentos, contribuindo para perdas socioambientais muito significativas.

Sant'Anna Neto (2000), salienta que embora os eventos de precipitação intensa provoquem impactos significativos, estes resultam do próprio caráter dinâmico dos fenômenos naturais, particularmente daqueles originados na atmosfera. É possível perceber que, na comunidade científica em geral, a definição do que se constitui um evento de precipitação intensa está longe de ser uniforme.

Existem diferentes metodologias e interpretações para o estudo de eventos de precipitação intensa, e grande parte são resultados de técnicas estatísticas que envolvem também outras áreas do conhecimento como engenharia, agronomia, meteorologia, entre outras. Entretanto, nota-se que a utilização de diferentes valores de intensidades está voltada

não só para estudos ambientais, mas fornecem subsídio para a tomada de decisões ligadas ao planejamento e minimização de impactos gerados por esses eventos.

Dada a relevância de conhecimento sobre o tema, a presente pesquisa objetiva o estudo da intensidade pluviométrica e sua correlação com a gestão dos recursos hídricos, bem como os impactos a ela recorrentes no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Este estudo será realizado através da aplicação da metodologia do Manual de Observações Meteorológicas (INMET,1999) e da proposta de Reichardt (1990), com base na investigação dos eventos intensos a partir da escala de análise diária.

As análises sobre a intensidade pluviométrica são realizadas na escala diária, do qual permitem uma visão mais detalhada de um elemento, em particular as chuvas intensas; por esse motivo, esses estudos contribuem para o entendimento da estrutura e, principalmente, da variação temporal das chuvas, assim como sua relação com os demais elementos, caracterizando dessa forma, o clima local.

Para efetivação desta pesquisa, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- . Estudar a intensidade pluviométrica e pluviográfica dos municípios de Apucarana e Maringá no período de 2009 a 2013;
- . Analisar a intensidade pluviométrica nas escalas anual, sazonal, mensal e diária;
- . Comparar as intensidades de precipitação para Apucarana e Maringá, por intermédio da utilização das metodologias propostas pelo INMET (1999) e por Reichardt (1990).

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Características da chuva e da dinâmica climática do Brasil**

Dentre as variáveis climáticas, a precipitação destaca-se não só por caracterizar o regime hidrológico de uma região, mas por influenciar a vida do homem. Uma vez que a precipitação é um elemento integrado do clima, determinante para a vida, ele adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem, bem como o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta (MATOS et al., 2015). Para Vilella e Matos (1975), o conhecimento a respeito da precipitação é imprescindível, pois é importante para o planejamento de recursos hídricos e estudos hidrológicos.

Matos et al. (2015) consideram que a pluviometria representa o atributo fundamental na análise dos climas tropicais, refletindo a atuação das principais correntes da circulação atmosférica. Por ser um elemento essencial na classificação climática de regiões tropicais, a precipitação e sua variabilidade associada a outros elementos do clima, provoca uma modificação na dinâmica geral dos climas locais.

Sant'Anna Neto (2000) salienta que, nas áreas tropicais, a chuva assume um papel de destaque no que se refere à compreensão do clima nas escalas regionais, de maneira que pode ser considerada como o principal elemento de análise na organização e no planejamento ambiental e territorial, devido ao seu grau de influência, impacto e repercussão no tempo e no espaço. Em outras palavras, a alternância de períodos chuvosos e secos e os deslizamentos provocados pelas chuvas intensas e sua influência na agricultura são exemplos de como a precipitação ocorre no segmento temporal e espacial.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apontam que a distribuição das chuvas no Brasil, país com predomínio de climas tropicais, está associada à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala, em especial, da Frente Polar Atlântica. Segundo esses autores, com exceção da região Nordeste, o Brasil apresenta totais anuais médios entre 1.500 a 2.000 mm e, assim garante grande disponibilidade de água para a produção agropastoril e uma rede de drenagem densa.

Os estudos de Molion, Imbuzeiro e Cavalcanti (2006) mostram que eventos de precipitação originados de fenômenos de mesoescala e macroescala podem ocorrer em grande parte do Brasil. Isto se verifica no evento de precipitação intensa ocorrido entre os dias 7 e 16 de fevereiro de 1980 no Brasil Central e Leste da Amazônia, em que os totais pluviométricos

excederam 150 mm/dia. Segundo os autores, os fenômenos que provocaram chuvas superiores a 150 mm/dia, e acumulados de 10 dias superiores a 800 mm, foram a ação conjunta da passagem de uma crista e cavado bem amplificados no Hemisfério Norte, estando associados à passagem de um sistema frontal, sobre o oeste da África e do Atlântico Norte, e de um sistema frontal no Hemisfério Sul (SFHS).

De acordo com Silva Dias e Silva (2009), a variabilidade das chuvas em um local constitui-se como condição para a explicação do clima local. Nesse sentido, a caracterização do regime de precipitação diferenciado no Brasil deve-se ao fato de as chuvas serem o resultado da interação de uma série de eventos atmosféricos com escalas de tempo e espaço também diferenciados.

Assim como os autores citados anteriormente, Vanhoni e Mendonça (2008) argumentam que o Brasil, devido a sua grande extensão territorial, possui diferentes regimes climáticos por apresentar condições bastante diversificadas, as quais são influenciadas pela configuração geográfica, o que propicia a variabilidade da precipitação.

A partir dessa afirmação, pode-se notar que no Brasil o regime de chuvas ocorre a partir da atuação de vários sistemas atmosféricos. Marengo e Nobre (2009) destacam que, na região amazônica, alguns dos principais sistemas que atuam na variação da precipitação são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os Jatos de Baixos Níveis (JBN). No que se refere à região Nordeste, os autores consideram que a influência dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN) provocam a variabilidade da precipitação.

Segundo Alves (2009), na região Centro-Oeste, o regime das chuvas é condicionado pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), atuando no transporte da massa de ar Tropical para as maiores latitudes. Em relação à região Sudeste, os autores consideram que a topografia do relevo, a atuação da ZCAS e o conflito de massas de ar distintas são responsáveis em grande parte por instabilidades atmosféricas.

Para Cavalcanti e Kousky (2009), os sistemas frontais atuam durante todo o ano no Brasil, sendo a região Sul a que mais evidencia sua influência principalmente durante o período de maio a setembro. Entretanto, durante o verão esses sistemas podem unir-se com a ZCAS e originarem períodos prolongados de precipitação intensa, bem como sua distribuição. As considerações feitas pelos autores sobre a associação dos sistemas frontais com a ZCAS corroboram os estudos de Andrade (2005) e Grimm (2009).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) caracteriza-se por ser uma banda de nebulosidade e chuvas que se orienta de noroeste-sudeste desde a Amazônia até o

Atlântico subtropical e está associada ao escoamento convergente de umidade na baixa troposfera (CARVALHO E JONES, 2009).

Para Quadro et al. (2012), a ZCAS exerce papel fundamental no regime de chuvas, uma vez que acarretam pluviosidade elevada na América do Sul. No Brasil, este fenômeno atua na porção centro-sul da Amazônia, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, centro-sul da Bahia e no norte do Paraná. Esses autores ao reanalisarem as principais características da precipitação na ZCAS, no período de 1979 a 2007, verificaram que nos meses do verão há um aumento considerável de precipitação em média de 2 mm/dia na borda sudoeste do sistema, que compreende a região mais ao sul; e 6 mm/dia no extremo nordeste, do qual apresenta três núcleos intensos de precipitação sobre o norte do estado do Amazonas, Goiás e leste da região Sudeste. Os pesquisadores averiguaram que a topografia pode exercer um papel importante para a convergência de umidade na região Sudeste do Brasil.

Brandão e Fisch (2008) ao investigarem as chuvas fortes ocorridas em Guaratinguetá-SP, nos meses de janeiro de 2000 e 2006, constataram que estas estavam relacionadas à atuação da ZCAS. De acordo com os autores, as precipitações tiveram como características elevados índices em um curto período de tempo e atingiram 140 mm/dia, causando enchentes no rio Paraíba do Sul e ribeirão Guaratinguetá.

Ao analisar as chuvas no estado de São Paulo, nos últimos 100 anos, a partir de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Sant'Anna Neto (2000) apresenta as unidades pluviais do estado elaboradas em 1995, tendo como base o mapa de classificação climática divulgado por Monteiro (1973). Por meio de informações como os fatores dinâmicos da atmosfera, a geologia e localização, o autor classificou e descreveu a variação da precipitação do estado em sete unidades regionais: litoral, Leste, Mantiqueira, Depressão periférica, Cuestas basálticas, Oeste e Sudoeste. Ele concluiu que os períodos chuvosos no estado apresentaram tendência de aumento no período de análise, admitindo uma modificação do regime das chuvas.

Verifica-se, a partir dos estudos anteriores, que a precipitação originada a partir dos sistemas atmosféricos ocorre de modo irregular nas diferentes regiões do Brasil. Devido a essa característica, Sleiman (2008), considera a precipitação como elemento fundamental no desenvolvimento das atividades humanas, especialmente na economia, já que muitas regiões do Brasil são sustentadas pelas atividades agrícolas. Para esse autor, são notáveis os impactos que os eventos extremos de precipitação ocasionam nesse segmento tão importante da economia.

Por ser uma das variáveis climáticas que mais influenciam a produtividade agrícola, a precipitação destaca-se nas zonas tropicais, pois nessas regiões o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (SANTANA et al., 2007). Ortolani e Camargo (1987) enfatizam que a agricultura é a atividade econômica que mais apresenta dependência das condições climáticas, pois está sujeita à irregularidade do regime pluviométrico.

Silva et al. (2009), ao relacionarem a irregularidade pluviométrica com a produção de cana-de-açúcar, abacaxi e algodão no estado da Paraíba, verificaram que as áreas com maior média anual, no caso do litoral do estado, apresentam maiores índices de produção para a cana-de-açúcar e abacaxi, enquanto que no interior, a cultura do algodão é superior. Desse modo, os autores concluíram que não só a irregularidade da precipitação influencia na produção agrícola, mas a duração e a intensidade das precipitações podem gerar enfraquecimento da produção, ou seja, a agricultura é influenciada em grande parte pela dinâmica climática, principalmente a precipitação.

Outra pesquisa que relaciona a dinâmica climática, em especial, a precipitação e sua influência na agricultura é o trabalho desenvolvido por Almeida (2005). Esse pesquisador analisou os dados de precipitação pluviométrica, entre os anos de 1986 a 2001, e procurou associar períodos em que houve perdas e benefícios na cultura da soja, de acordo com a variação da pluviosidade nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Almeida constatou que o estado do Mato Grosso apresentou produtividade de 90% da safra em relação aos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, pois houve pouca variabilidade da precipitação. Nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, foram constatados períodos de estiagem que comprometeram a instalação das lavouras e resultaram na redução de 13% de área cultivada.

Borsato e Sant'Anna Neto (2002) compararam a produtividade de trigo, ao longo dos anos de 1996 a 1999, com a distribuição da precipitação durante as fases do desenvolvimento do trigo na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR, de maneira que puderam concluir que as irregularidades pluviométricas foram responsáveis pelas quebras nas safras. Ferreira, Yokoo e Borsato (2014), a partir de dados de precipitação diária nas safras de 2010 e 2011, para a cultura de milho em Campo Mourão, concluíram que o planejamento e o conhecimento da variação climática são fundamentais para uma melhor produtividade das culturas agrícolas.

Verifica-se, a partir do exposto, que embora algumas regiões do Brasil sofram maiores perdas na agricultura do que outras, todas estão condicionadas e são suscetíveis às variações da dinâmica climática, com destaque para a precipitação pluviométrica que influencia diretamente na tomada de decisões para a prática agrícola e na produtividade final das

culturas. Percebe-se ainda que a atuação dos diferentes sistemas atmosféricos no Brasil determina a distribuição da precipitação e conseqüentemente, condiciona a produção, bem como o período de plantio e o tipo de cultura nas diversas regiões do país.

A partir das pesquisas apresentadas, é notável a relevância de estudos sobre a precipitação, visto que sua irregularidade, distribuição e também intensidade podem caracterizar não só uma característica climática, mas sobretudo, influenciar diversas atividades ligadas a este elemento climático.

## **2.2 Dinâmica climática da região Sul do Brasil**

Os trabalhos expostos neste tópico têm a finalidade de compreender a dinâmica climática da região Sul do Brasil, favorecendo a compreensão sobre a variabilidade da precipitação nesta região e sua influência principalmente no Estado do Paraná.

No que se refere à característica climática da região Sul do Brasil, Nimer (1989) salienta que a precipitação apresenta-se de forma homogênea, ou seja, possui maior regularidade na sua distribuição anual, de forma que a variação média da precipitação é de 1.500 a 2.000 mm. Os trabalhos de Baldo, Martins e Nery (2001), Cera e Ferraz (2015), Pinheiro, Graciano e Severo (2013), Severo e Gan (2004) e Viana, Ferreira e Conforte (2011) mostram que há variabilidade da precipitação na região Sul, embora ela ocorra a partir de eventos atmosféricos característicos da região e com regularidade em toda a sua área; essa característica é resultante de fatores de ordem estática como localização geográfica e relevo, além dos fatores de ordem dinâmica como a atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e polares (NIMER, 1989; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; REBOITA et al, 2009; QUADRO et al., 2012).

Nery (2005) destaca que a dinâmica da região é muito complexa e requer um olhar atento sobre os diferentes sistemas que atuam nessa área. Para este autor, as dinâmicas explicativas das chuvas intensas ou mesmo da falta de chuva, da amplitude térmica alcançada, têm suas gêneses em outros espaços do Brasil. Portanto, descrever as circulações que influenciam esta área requer uma abordagem sobre sistemas convectivos que ocorrem no Brasil Central, por exemplo, na explicação dos extremos climáticos, ao longo de anos ou décadas e mesmo a variabilidade sazonal, intrasazonal e interanual da região Sul brasileira.

Segundo Reboita et al. (2009), a precipitação nesta região está associada à atuação de sistemas frontais, ciclones e frentes frias, complexos convectivos de mesoescala, sistemas ciclônicos em níveis médios e bloqueios atmosféricos, além da atuação de sistemas de

circulação locais (brisas) e a influência indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Em seu estudo sobre a dinâmica climática e a variabilidade da pluviosidade na fachada Atlântica Sul do Brasil, Jorge (2009) enfatiza que esta área representa uma zona de contato entre os fatores determinantes dos climas continentais e oceânicos. A partir de dados pluviométricos de 1977 a 2006, ele concluiu que a área de estudo possui características que se diferenciam pela variação latitudinal, e apresentam interação com diferentes mecanismos, como frentes, massas de ar e correntes oceânicas. Para o autor, a porção litorânea do estado do Paraná apresenta variação pluviométrica marcante em relação ao litoral de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, visto que no Paraná a média registrada foi de 2.362,0 mm, em Santa Catarina 1.728,8 mm e no Rio Grande do Sul 1.449,5 mm, o que pode ser explicado pelo fator orográfico.

Com o enfoque sobre a mesma área, Vanhoni e Mendonça (2008) destacam que, no litoral do Paraná e também do Brasil, a irregularidade da precipitação está condicionada à significativa extensão costeira, ao relevo e à dinâmica das massas de ar que atuam. Segundo estes autores, a atuação dos fatores estáticos e dinâmicos, como a Serra do Mar, o Anticiclone do Atlântico Sul, além das massas Polares e massas Tropical e Atlântica, contribuem para que o clima da região Sul, em especial o litoral paranaense, apresente-se de maneira complexa e particular.

Nesse sentido, verifica-se que o Sul do Brasil é influenciado por uma circulação atmosférica predominante da massa Polar Atlântica, massa Tropical Continental, massa Tropical Atlântica e massa Equatorial Continental (NIMER, 1989; TARIFA, 1994). Outros sistemas importantes são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), atuantes principalmente na primavera e verão, além da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), também com atuação a partir de setembro/outubro estendendo-se até março/abril. A ZCAS desloca-se até a região quando a ZCIT dirige-se mais ao sul do equador (NERY, 2005; QUADRO et al., 2012).

Ao investigar a ocorrência de eventos severos de precipitação no estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 2004 a 2008, Campos e Rasera (2014) observaram que esses eventos associam-se aos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Por meio da análise sazonal destes sistemas, os autores concluíram que 10,7% dos SCM geraram 45% dos eventos severos no estado, além de demonstrar que os eventos severos foram mais frequentes no trimestre JAS (julho, agosto, setembro), seguido por OND (outubro, novembro, dezembro). Os autores esclarecem que a maior frequência desses eventos no trimestre mais frio está

associada à influência dos Sistemas Frontais na região Sul, ao passo que no trimestre mais quente deve-se à maior influência de Jatos de Baixos Níveis (JBN), que podem aumentar a instabilidade atmosférica.

Os estudos de Silva Dias e Silva (2009) e Ferreira e Anabor (2015) salientam que os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) constituem-se de aglomerados de tempestades e estão associados a chuvas intensas e ventos fortes. Ressalta-se que as Linhas de Instabilidade e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) integram os SCM. As Linhas de Instabilidade estão ligadas ao movimento das frentes polares em contato com as massas de ar quente, ocorrem no verão, mas também durante quase toda a primavera e até o início do outono, desde que a configuração atmosférica regional esteja dotada de calor e umidade e propiciem os processos de convecção (NIMER, 1989; BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006).

Ao investigarem a estrutura da precipitação pluviométrica na região Sul do Brasil, entre os anos de 1960 e 1997, nas diferentes escalas, Baldo, Martins e Nery (2001), assim como Severo (2008), no período de 1979 a 2002, constataram que os maiores valores médios concentram-se na Serra do Mar, no estado do Paraná e em todo litoral de Santa Catarina. Em relação à precipitação média decenal, os autores verificaram que os maiores valores concentraram-se no Paraná e na porção central de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Para os autores, a dinâmica atmosférica caracteriza-se por ser diferenciada entre o período úmido e seco, o que demonstra que os sistemas frontais são mais intensos durante o período seco que os sistemas atuantes no período úmido; tal dinâmica associada à orografia (fator estático) explica uma maior precipitação na parte central da região.

Ao analisar as tendências temporais de precipitação da região Sul do Brasil, Pinheiro, Graciano e Severo (2013) concluíram que de acordo com os dados de 18 postos pluviométricos pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) houve maior tendência de aumento da precipitação, principalmente no leste do estado do Paraná e centro e leste de Santa Catarina. De acordo com os autores, a alteração na dinâmica da precipitação está associada ao desvio mais intenso como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Sleiman e Silva (2010) analisaram os padrões atmosféricos associados a eventos intensos na região Sul do Brasil, no período de 1978 a 2005, e verificaram que as anomalias positivas e negativas de precipitação foram acompanhadas pelo aquecimento anômalo do Pacífico Equatorial, com a presença de El Niño. Segundo os autores, as condições climáticas no Oceano Pacífico Equatorial são importantes para a definição de extremos climáticos no Sul do Brasil. Segundo Souza (2006), as anomalias correspondem a anos em que os totais

pluviométricos ultrapassaram ou estiveram abaixo dos valores médios anuais climatológicos, ou seja, os anos cujas anomalias foram consideradas positivas apresentaram-se mais úmidos, ao passo que os anos em que as anomalias configuram-se como negativas foram os mais secos.

Ao estudar a precipitação da região Sul, no período de 1972 a 1997, Nery (2005) verificou que os anos de 1982 e 1983 apresentaram significativa precipitação pluvial com valores de 300 mm acima da média climatológica para o período a sudoeste do Paraná e Santa Catarina. Para o autor, os elevados valores de precipitação, nesse período, estão associados ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), o qual pode provocar chuvas intensas no Sul do Brasil. O pesquisador concluiu que os eventos El Niño e La Niña não determinam a ocorrência ou ausência de chuvas na região sul, mas são importantes, quanto à intensidade das mesmas na área analisada, tendo em vista que alguns episódios são mais intensos que outros.

Ao estudarem os eventos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, Berezuk e Sant'Anna Neto (2006) concluíram que tais eventos podem ser característicos de fenômenos atmosféricos regionais, como a ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais e Linhas de Instabilidades, que ocorrem durante grande parte da primavera, verão e outono. Já a ZCAS ocorre com mais frequência de setembro a março na região.

O trabalho de Nery, Baldo e Klosowski (1997) contribuiu para o estudo sobre a precipitação no Paraná, uma vez que em suas pesquisas foram considerados os totais pluviométricos, por meio do coeficiente de variação pluviométrica pelo qual obtiveram a regionalização do estado em cinco grupos. Eles concluíram que os maiores valores de precipitação concentram-se no verão, nas regiões Nordeste e Leste, enquanto as demais regiões do Estado possuem uma variabilidade mais homogênea.

Os estudos de Troppmair (1990) apontam que no estado do Paraná, durante o inverno, predominam as massas polares com baixas temperaturas e baixa umidade; no entanto, durante o verão prevalece a influência das massas tropicais marítimas, as quais formam correntes de norte e nordeste, acompanhadas por linhas de instabilidade que originam elevadas precipitações.

Em análise acerca da influência do fenômeno ENOS no Paraná, Teixeira e Javier (2013) obtiveram resultados semelhantes ao de Nery (2005), dado que verificaram que a região sudoeste do Paraná apresenta maiores valores de precipitação no trimestre DJF (dezembro, janeiro, fevereiro). Para os autores, as áreas baixas do relevo no estado possuem estreitas relações com as retenções de massas de ar procedentes do Pacífico sul, e, portanto estão relacionadas diretamente com o ENOS.

Os estudos de Souza (2006) mostraram que a maior variabilidade da precipitação no Paraná, no período de 1972 a 2002, corresponde aos anos de 1982/83 e 1997/98, considerados anos de El Niño e anomalia positiva da pluviosidade, assim como os anos de 1985 e 1988 caracterizados por anomalia negativa da pluviosidade e atuação da La Niña. A autora concluiu que estes fenômenos não atuam no Paraná nas mesmas proporções, de forma que a região Centro-Sul é mais afetada. Essa condição indica a importância da dinâmica entre as características de relevo e da atuação das massas de ar na distribuição da precipitação do Estado do Paraná.

Pode-se observar, a partir dos trabalhos expostos, que a pesquisa em diferentes escalas espaciais e temporais sobre a dinâmica da precipitação confirma o apontamento de Silva Dias e Silva (2009), para quem tais escalas permitem o entendimento do clima local. Os trabalhos descritos a seguir demonstram a importância dos estudos a respeito da variabilidade da precipitação, bem como sua relação com a dinâmica atmosférica em escalas espaciais menores, como as bacias hidrográficas, área de estudo da presente pesquisa.

Ao estudar a precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, no período de 1976 a 2001, Baldo (2006) verificou que os valores excepcionais de pluviosidade tanto negativos como positivos apresentaram-se relacionados com o fenômeno El Niño-Oscilação-Sul. Porém, os eventos de El Niño interferiram de maneira menos intensa no aumento dos valores pluviométricos, do que os eventos de La Niña interferiram na redução dos totais pluviais.

Correa (2015) analisou a precipitação na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR, assim como a relação com o fenômeno ENOS, durante o período de 1997 a 1999, e observou que nos meses de El Niño choveu em média 11,7% a mais que nos meses de La Niña. No mês de maio de 1998, houve o maior registro de precipitação da série, com 393,6 mm e em agosto obteve-se o menor valor de apenas 40,0 mm, fato este justificado pelo autor devido à ocorrência de transição do fenômeno El Niño para o La Niña.

Borsato e Souza Filho (2008) consideraram para a análise da dinâmica atmosférica, na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná, o período de 1980 a 2003. Os autores concluíram que durante o verão os sistemas de baixa pressão nomeados como Massa Tropical Continental e Massa Equatorial Continental atuam com mais frequência na área de estudo, ao passo que durante o inverno, a Massa Polar Atlântica e a Massa Tropical Atlântica são os dois sistemas de alta pressão predominantes, de modo que são os sistemas frontais responsáveis pela maior porcentagem das chuvas.

A partir de dados de precipitação acumulada obtidos no mês de janeiro de 2010, Borsato (2010) investigou a ocorrência das chuvas em Maringá para o período, associando-as com a dinâmica dos sistemas atmosféricos. De acordo com o autor, os sistemas atmosféricos de baixa pressão, em especial a Massa Equatorial Continental (MEC) provocaram um total de 216,6 mm de chuva em Maringá. Contudo, houve episódios significativos de chuvas em ocasiões de atuação de sistema frontal, as quais totalizaram 73,5% contra 26,5% das chuvas convectivas.

Em um estudo no qual analisaram a dinâmica da precipitação na bacia do Itajaí-SC, no período de 1944 a 1990, Nery, Baldo e Martins (2000) concluíram que anualmente a maior concentração de chuvas ocorre durante os meses de dezembro a março, enquanto os meses de outubro a março apresentaram maiores quantidades de dias chuvosos. Segundo os autores, a Oscilação Sul interfere na intensidade da precipitação na Bacia do Itajaí, especialmente nos anos de El Niño (ENOS), de sorte que o ano de 1983 destacou-se por apresentar anomalias positivas pronunciadas em relação aos outros anos estudados.

Ribeiro (1987) realizou uma caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR, no período de 1975 a 1984. Após a análise da variação pluviométrica mensal, o autor dividiu a bacia em três compartimentos, isto é, Arapongas nas cabeceiras, Porto Flórida no médio curso e Fazenda Guanabara próximo à foz do rio. Esse pesquisador concluiu que as maiores concentrações pluviométricas verificam-se nos meses de setembro a março e para ele, a ocorrência de chuvas intensas é uma constante para toda a área, e que os totais pluviométricos diminuem em direção à foz; por outro lado, as chuvas máximas em 24 horas intensificam-se no sentido inverso, principalmente em períodos do ano cuja área encontra-se sob o domínio de sistemas atmosféricos tropicais.

Ao estimarem a precipitação pluviométrica para a mesma bacia hidrográfica, Souza, Martins e Nery (2002) concluíram que a precipitação anual varia entre 1.400 mm e 2.200 mm. Segundo os autores, há uma variação significativa da precipitação pluviométrica, pois os valores médios são de aproximadamente 1.700 mm à montante da área de estudo e 1.320 mm à jusante.

Os estudos de Terassi, Silveira e Graça (2014), sobre a distribuição espaço-temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó-PR, revelaram que a amplitude pluviométrica anual da bacia é de aproximadamente 300 mm e uma média anual de 1.482,3 mm. Segundo os autores, a distribuição da precipitação é controlada pelos fatores estáticos (orografia) e dinâmicos (sistemas atmosféricos) atuantes sobre a região. Os valores médios anuais demonstram-se semelhantes aos encontrados por Souza, Martins e

Nery (2002), visto que estão acima de 1.600 mm ao sul da bacia e inferiores a 1.300 mm na porção norte. Dziubate (2013) observou uma média anual pluviométrica de 1.500 mm, além de valores pluviométricos abaixo de 1.300 mm na foz e acima de 1.600 mm próximo da nascente.

Embora as pesquisas que envolvem a precipitação possam não ser suficientes, nota-se que há uma maior disponibilidade de séries de dados em comparação com outros elementos climáticos como a temperatura, por exemplo. A existência desses dados possibilita muitos estudos e percebe-se que as informações referentes às séries de dados são disponibilizadas por estações meteorológicas que estão vinculadas a vários órgãos nacionais, dentre os quais citam-se o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional das Águas (ANA), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), além de órgãos estaduais como o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e o Instituto das Águas do Paraná, entre outros.

Observa-se, no que se refere aos estudos climatológicos, que a precipitação na região Sul do Brasil é um elemento amplamente mensurado, devido a sua influência direta nos vários setores já mencionados, bem como sua relação com a dinâmica atmosférica. Os estudos voltados a sua dinâmica, além das perspectivas relacionadas a sua escassez, demonstram a necessidade da valorização desse elemento por parte da sociedade e do Estado, não só para o desenvolvimento econômico, mas sobretudo, social e ambiental.

### **2.3 As bacias hidrográficas como unidade de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos**

A água é um recurso natural imprescindível a qualquer processo de desenvolvimento socioeconômico, seja nos seus diferentes usos, ou na manutenção de ciclos naturais.

Segundo Tundisi (2014), as águas superficiais no Brasil estão distribuídas de forma irregular, de modo que estão sob a influência de uma grande variedade de processos climatológicos que regulam a distribuição e a disponibilidade da água. A distribuição dos recursos hídricos subterrâneos também não é uniforme, pois há regiões com grande disponibilidade, como é o caso do aquífero Guarani no Sul do Brasil, e regiões com baixa disponibilidade, como os aquíferos das rochas cristalinas no Nordeste.

Para Leal (2015), a disponibilidade da água está condicionada a diversos fatores naturais e sociais, o que faz com que a água se torne um recurso estratégico e um bem

econômico de alto valor, que pode tornar-se escasso pela variabilidade natural de sua distribuição no tempo e no espaço, pela degradação provocada pelas atividades antrópicas ou pela gestão ineficiente.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento é sustentada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433/97. O Art. 1º, inc. V da referida lei considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a fim de assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água necessária, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e sua prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 2016).

O Comitê das Bacias Hidrográficas foi criado com o objetivo de atuar no debate de questões relacionadas aos recursos hídricos, conflitos, bem como sugerir providências necessárias ao cumprimento de suas metas. O comitê é composto por representantes do poder público, usuários das águas e organizações da sociedade civil ligada a recursos hídricos, os quais contribuem para o êxito de seu funcionamento, e em certa medida promovem o êxito da própria política das águas (BRASIL, 2016).

Lanna (2013) identifica as bacias hidrográficas como unidades essenciais para a gestão dos recursos hídricos, por terem um caráter integrador dos elementos que a compõem. Isso justifica-se pelo fato dos recursos hídricos serem bens de relevante valor para a sociedade. Tundisi e Tundisi (2011) salientam que as bacias hidrográficas possuem certas características essenciais que as tornam uma unidade bem caracterizada e permitem a integração de diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental.

Bernardi et al. (2013) consideram que há uma relação íntima entre o planejamento dos recursos naturais e a bacia hidrográfica. Segundo os autores, as pesquisas, planejamento e políticas envolvendo o uso e a disponibilidade de recursos são uma forma de promover a gestão das águas. Nesse sentido o gerenciamento de bacias hidrográficas é importante, uma vez que é nessa área que se pode observar com facilidade a variação do volume hídrico e a intensidade das precipitações pluviais.

Villela e Mattos (1975) destacam a importância das características físicas das bacias hidrográficas nos estudos hidrológicos, devido à estreita correspondência entre eles. O clima, tipo de solo e de rocha, declividade, cobertura vegetal e outros fatores, constituem a mais

adequada possibilidade de se conhecer a proporção das águas que alimentam os cursos de água.

Silveira (2013) destaca a integração da precipitação com as bacias hidrográficas, visto que a variação do ciclo hidrológico pode influenciar a dinâmica desta. O autor faz referência à bacia hidrográfica como uma área de captação da água da precipitação, que faz convergir em escoamentos superficiais, bem como infiltração no solo; assim, o autor considera-a um sistema físico de entrada e saída de água precipitada, levando em consideração as perdas intermediárias pela evaporação e infiltração.

Nesse sentido, a compreensão do clima é de suma importância para o planejamento de uma bacia hidrográfica, uma vez que é por intermédio da caracterização climática que se pode identificar e estabelecer quais os meses mais propícios para a intervenção no meio natural: seja por meio da identificação dos meses mais secos para a movimentação de terra na construção civil, a fim de evitar a degradação do solo em virtude da influência bastante expressiva das chuvas intensas; seja por meio da identificação dos meses mais chuvosos para a realização de reflorestamentos, por exemplo (TROMBETA, SOARES e GONÇALVES, 2012).

Dessa forma, pode-se inferir a importância dos estudos que visam à compreensão de elementos climáticos como a precipitação em bacias hidrográficas, pois são essenciais para o planejamento e gestão de tais recursos, tendo em vista uma integração não só ambiental, mas social.

Com base em elementos da paisagem/espaco-geologia, pedologia, hipsometria, usos e cobertura vegetal e pluviosidade, Alves, Pereira e Valério Filho (2013) definiram áreas com potenciais de disponibilidade de recursos hídricos no alto curso do rio Paraíba do Sul-SP. Esses pesquisadores estabeleceram um critério de peso para cada um dos elementos, mapearam a bacia em áreas propícias à disponibilidade hídrica, tendo como resultado 72,33% com boas condições de infiltração e 17,22% com condições regulares. As áreas da bacia com boas condições, segundo os autores, são aquelas onde há rochas bastante permeáveis, baixas declividades e elevada pluviosidade.

Correia (2012) realizou um diagnóstico dos recursos hídricos superficiais das bacias do córrego Trajano e rio Guairaçá-PR. Com base em informações acerca do uso e da ocupação da terra, no período de 1985 a 2010, o autor verificou que a mudança interferiu na qualidade da água, devido ao processo mecânico de preparo do solo e produtos químicos utilizados. Com relação às variáveis físico-químicas da água, foi identificado que o córrego

Traiano apresentou valores elevados de ferro (Fe) e Manganês (Mn), além de índices elevados de carga suspensa (sedimentos) derivados do processo erosivo na parte alta do córrego.

Dibieso e Leal (2010) em seu estudo sobre os recursos hídricos no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio-SP, identificaram que os principais problemas na área são o desmatamento para a produção agropecuária, a erosão, o manejo inadequado e a não utilização de práticas conservacionistas, além da utilização indevida das áreas de preservação permanente e a diminuição da capacidade de armazenamento de água dos rios e córregos. Para os autores, as propostas e ações para recuperar e proteger os recursos hídricos devem ter como foco o combate à erosão e a conservação e reintrodução das espécies vegetais nativas na área.

Bonifácio (2013) objetivou a aplicação de uma metodologia para a avaliação da fragilidade ambiental em duas bacias hidrográficas do curso superior do rio Pirapó-PR, ou seja, a bacia do Ribeirão do Sória e a bacia do Ribeirão Alegre. A autora, a partir do levantamento das características físicas de suas áreas de estudo junto às informações de uso e ocupação do solo, elaborou cartas de fragilidade ambiental potencial e emergente. Seus resultados permitiram identificar diferentes potencialidades e vulnerabilidades para cada uma das bacias hidrográficas, em que a área correspondente a “alta” das bacias e parte do seu setor médio apresentaram uma fragilidade potencial “muito baixa a baixa” devido a baixa declividade. No entanto, as cartas de fragilidade emergente mostraram que nas bacias existe um aumento do grau de fragilidade, sobretudo, considerando-se a extensão da ocupação com culturas.

Sala e Gasparetto (2010) analisaram a fragilidade ambiental dos solos na bacia do ribeirão Maringá-PR, por meio da elaboração de cartas temáticas (declividade, tipos de solos e usos do solo). Eles concluíram que a produção agrícola na região propicia uma maior degradação dos solos em virtude da destruição de suas características físicas, como a diminuição da porosidade devido ao aumento da compactação, redução de infiltração e destruição da estrutura natural. Para os autores, as áreas de maior declividade na bacia localizam-se na área urbana, o que favorece maior fluxo de escoamento superficial e arraste de solo nos períodos de chuva.

Trombeta, Soares e Gonçalves (2012) identificaram os maiores pontos de vulnerabilidade do solo, perante os processos erosivos na bacia hidrográfica do córrego do Cedro-SP, com base em mapas temáticos de declividade, uso e ocupação, geomorfologia e tipos de solo e desse modo concluíram que predominam na referida bacia a fragilidade “baixa”, embora haja muitas áreas com fragilidade “média”. Assim como as considerações de

Sala e Gasparetto (2010), os autores anteriormente citados enfatizam que a declividade do terreno propicia o surgimento de processos erosivos.

Partindo do pressuposto de que para a gestão de recursos hídricos é necessária a avaliação dos cenários existentes, tendo em vista o planejamento de ocupação da bacia hidrográfica, Larentis, Collischonn e Tucci (2008) realizaram o diagnóstico ambiental da bacia do rio Taquari-Antas no estado do Rio Grande do Sul; o objetivo foi identificar os maiores impactos na bacia mencionada, bem como as áreas mais impactadas, com base nos dados climatológicos, características físicas da bacia, escoamento em rios e reservatórios, além da geração e transporte de cargas poluentes. Esse estudo permitiu concluir que o acúmulo de carga poluente na superfície da bacia, em períodos secos e de lavagem e carregamento dos poluentes para a área de drenagem, pode indicar maior representação de picos de concentração de poluentes, principalmente em eventos de chuva entre períodos secos.

Graça e Silveira (2011), por meio de levantamento e análise das características do meio físico e socioeconômico, determinaram as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, assim como as classes de fragilidade ambiental do córrego Mandacaru-PR. Para os autores, a análise da declividade, solo, uso da terra, cobertura vegetal e dados pluviométricos permitiu verificar que há o predomínio da classe de fragilidade ambiental “média”, porém existem áreas com fragilidade ambiental “forte e muito forte”, localizadas nas proximidades do curso d’água e nascente. Eles concluíram que a identificação das classes de fragilidade permite maior planejamento de áreas urbanas e agrícolas.

Com a utilização da metodologia de Ross (1994), Massa e Ross (2012) elaboraram um mapa das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente para a bacia do córrego do Bispo-SP. Levando em consideração a correlação dos fatores relevo, solo, cobertura vegetal/uso da terra e regime pluviométrico, os autores concluíram que somente as áreas com predomínio da vegetação nativa foram classificadas como estáveis, enquanto as demais áreas foram consideradas emergentes devido ao uso e a ocupação humana. Para os pesquisadores, a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes possibilita uma definição mais precisa das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial.

Ao elaborar a carta de fragilidade ambiental para a bacia do rio Keller-PR, Reis-Nakashima (2001) procurou identificar as relações solo/ relevo, os graus de proteção pertinentes ao uso do solo e vegetação, bem como a formação dos processos erosivos sob a interferência do clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), de acordo com a classificação de

Köppen. O autor identificou elevados níveis de fragilidade ambiental em porções da bacia hidrográfica com declividade superior a 30%, recobertas pelo Neossolo Litólico e Cambissolo, com ocupação do solo por cultivo temporário e pouca pastagem, o que evidenciou um baixo grau de proteção.

Santos e Rizzi (2009) destacam que o conhecimento do tipo e uso do solo, bem como da vegetação são importantes para o gerenciamento de impactos nas bacias hidrográficas. Em seu estudo sobre a dinâmica de uso do solo, na bacia do rio Luís Alvez-SC, os autores identificaram que a redução da ação antrópica, por meio das atividades agrícolas, e a melhoria de cobertura do solo favoreceram a diminuição do impacto erosivo provocado por precipitações de maior intensidade.

Silva (2014) buscou apresentar condições para uma gestão integrada da bacia hidrográfica, por isso analisou a qualidade da água no alto curso do rio do Campo-PR, com base em cartas de solo, declividade, rede de drenagem e clima. A autora concluiu que as maiores alterações nos parâmetros da qualidade da água estão associadas às precipitações ocorridas na sub-bacia do rio do Campo, ou seja, área drenada pelo alto curso do rio até a sua confluência com o rio Km 123, onde os fatores físicos da bacia associados à ocorrência de chuvas favoreceram o desenvolvimento de processos erosivos, os quais podem ocorrer em maior ou menor quantidade, de acordo com a cobertura do solo e as práticas de manejo adotadas. A autora ressalta a importância do manejo adequado do solo, com o emprego de práticas conservacionistas para minimizar o escoamento superficial causado pelas águas das chuvas, e conseqüentemente, a perda de solo da sub-bacia hidrográfica.

Por intermédio da utilização de técnicas de análise geoespacial em SIG, Garófalo e Ferreira (2015) elaboraram um mapa de fragilidade para a alta bacia dos rios Piracicaba e Sapucaí-Mirim em Minas Gerais, tendo como objetivo a verificação de processos erosivos e movimentos de massa. Com base nas variáveis cobertura vegetal, chuvas intensas acima de 50 mm em 24 horas, declividade e as estradas que atravessam a paisagem, os autores verificaram que as áreas situadas no centro-leste das bacias são mais “frágeis”, de forma que há relação entre todas as variáveis citadas. Seu estudo serviu de base para a tomada de decisões a respeito da fiscalização e monitoramento, já que compreende uma Área de Proteção Ambiental (APA).

Santos e Leal (2012) realizaram um diagnóstico ambiental da bacia do ribeirão Rebojo-SP, uma vez que o processo de ocupação e uso do solo, no processo histórico, não levou em consideração os recursos naturais. Os autores justificam que, por meio da realização de um inventário, com base nas características físicas da bacia, como a geologia,

geomorfologia, pedologia, declividade, hipsometria, vegetação e clima, pôde-se verificar que a bacia possui uma situação crítica quanto aos recursos. Dessa forma, os autores ressaltam a importância da realização de um prognóstico, além de propostas de ações e medidas de gestão pública para a recuperação da área.

Ressalta-se a necessidade de estudos que visem o melhor planejamento ambiental e gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas, visto que estas apresentam um elevado grau de degradação oriunda de processos de ocupação e uso de seus recursos, sem a análise de suas potencialidades naturais. Os estudos de Santos e Leal (2013) para o estado do Maranhão, Santos e Leal (2014) para o córrego Embirí-SP e Leal (2012) mostram como a realização de inventário, prognóstico e criação de propostas de intervenção são importantes para a tomada de decisões e proteção das bacias hidrográficas.

#### **2.4 Estudos sobre a intensidade pluviométrica**

A literatura sobre os estudos climáticos afirma que a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes e um dos elementos mais estudados no Brasil e no mundo. São vastos os estudos sobre a variabilidade, distribuição espacial, sua relação com a agricultura e com os espaços urbanos nas diversas regiões brasileiras.

No que se refere à ocorrência de eventos significativos de precipitação, muitos autores os definem com diferentes nomes tais como: chuvas de grande intensidade, eventos intensos, chuvas intensas e até mesmo chuvas extremas. Segundo Calbete et al. (1996), chuva intensa define-se como aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo.

De acordo com o Manual de Observações Meteorológicas (1999), a intensidade de precipitação é o volume de água que cai na unidade de tempo, podendo ser medida em um período de minutos ou de horas. A intensidade pode ser estimada visualmente, pelo grau de obstrução que a precipitação causa à visibilidade, como também pode ser medida pela quantidade de água acumulada no pluviômetro ou ainda pelo registro do pluviógrafo.

Villela e Matos (1975) definem a intensidade pluviométrica como a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação geralmente expressa em milímetros/hora (mm/h) ou milímetros/minutos (mm/min). Segundo Deffune, Klosowski e Silva (1995), a medida de precipitação pluviométrica é muito útil, pois sua suficiência e a adequada distribuição interferem no desenvolvimento de inúmeras atividades humanas.

Estudos desenvolvidos por Goulart (1992), referentes às chuvas diárias, indicaram a probabilidade de ocorrências de totais pluviais máximos horários para a região de Pelotas-RS. Para esse autor, a duração e a média de precipitação decrescem conforme o aumento da área analisada. Contudo, o autor ressalta que a redução da precipitação não diminuiu sistematicamente com o aumento da sua duração, embora esta característica tenha sido verificada somente para precipitações com durações entre 3 a 12 horas. Para um maior entendimento da variação da precipitação deve-se ter uma uniformidade de dados pluviométricos.

Mello, Arruda e Ortolani (1994) analisaram a probabilidade de ocorrência de totais pluviais máximos em Campinas-SP no período de 1938 a 1979. Para os autores, os meses com elevado potencial para a ocorrência de chuvas intensas são aqueles em que a precipitação é maior ou igual a 50 mm/hora. Dessa forma, eles concluíram que a cidade de Campinas apresenta acentuada tendência à ocorrência de elevados totais de chuvas, de maneira que o mês de janeiro apresentou maior potencialidade para este tipo de evento, ao passo que o mês de março foi considerado crítico em relação às consequências oriundas da dinâmica pluvial de janeiro e fevereiro.

Monteiro (2016) analisou os eventos de precipitação extrema no estado do Ceará, a partir dos valores acumulados de chuva em 24 horas iguais ou superiores a 50 mm, durante a série histórica de 1980 a 2013. A análise permitiu concluir que os maiores acúmulos de chuva no estado foram identificados nos meses de fevereiro, março, abril e maio, período de maior atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), em virtude do seu deslocamento no hemisfério Sul. O autor ressalta que os eventos de precipitação superiores a 50 mm/24 horas estão associados à ZCIT, enquanto os eventos inferiores relacionam-se à ocorrência de El Niños.

Ao estudar 312 eventos de chuva intensa sobre o sudeste dos Estados Unidos, Konrad (1997) definiu como evento extremo aquele que produziu no mínimo 50 mm de precipitação, em uma ou mais estações, em um período de seis horas. Com o objetivo de identificar as características do ambiente sinótico associadas a cada episódio de precipitação intensa, o autor obteve cinco padrões atmosféricos elencados de 1 a 5. O padrão 1 indicou que os totais de chuva intensa estavam relacionados com a presença de uma crista de ar quente na superfície, enquanto os padrões 2 e 3 indicaram a ocorrência de chuvas intensas com sistemas frontais; no padrão 4 a precipitação intensa foi associada à frente quente, ao passo que o padrão 5 esteve associado às temperaturas na superfície. O estudioso concluiu que o padrão

atmosférico 4 foi o mais frequente, isto é, foi responsável por 30% das chuvas nos meses de junho, julho e agosto.

Santos Neto (2014) analisou a variabilidade das precipitações das chuvas horárias em Porto Velho-RO entre 1998 e 2013. Essa pesquisa serviu como base para a solução de problemas relacionados aos eventos intensos e gestão municipal. O autor verificou a ocorrência de eventos de fraca intensidade (chuvas com volume superior a 0,2 mm/h) e de grande intensidade (superior a 10 mm/h) durante as estações do ano e o horário em que ocorreram picos de precipitação. Em relação aos eventos de chuva superiores a 0,2 mm/h, o autor notou que houve dois picos de máximas frequências, um durante a madrugada e outro no período da tarde, de modo que o verão foi a estação com maiores frequências desses eventos (44,3%). Para os eventos intensos, ou seja, superiores a 10 mm/h, o autor enfatiza que todas as estações possuem maior concentração de chuvas no período da tarde, com destaque para a primavera e o verão, que totalizaram 48,5% e 40,2%, respectivamente, dos eventos intensos.

Alves (2014) realizou uma análise das precipitações intensas para o município de Maringá no período de 1988, 1999 e 2009. Ao utilizar a classificação proposta pelo Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999), que considera chuva fraca até 0,8 mm/10 minutos, chuva moderada até 6,0 mm/10 minutos e chuva forte até 10,0 mm/10 minutos, a autora concluiu que as chuvas fracas e fortes ocorreram em menor quantidade em relação às chuvas moderadas, nos anos de 1988 e 1999. Já o ano de 2009 destacou-se pela maior ocorrência de precipitações moderadas e fortes em relação aos dois outros anos estudados.

Com base na classificação proposta pelo INMET (1999), Deffune, Klosowski e Silva (1995) estudaram a concentração e intensidade pluviométrica em Maringá no período de 1976 a 1994. Eles concluíram que de toda a série analisada, o ano de 1983 destaca-se por apresentar elevado total pluviométrico (2.267,4 mm), sendo um valor atípico para Maringá. Por outro lado, o ano de 1978 foi considerado o mais seco, com 1.028,0 mm. Os autores enfatizam que as maiores intensidades são para as chuvas moderadas com valor médio anual de 57 dias de ocorrência e as chuvas fortes com 16,3 dias durante o ano.

Souza et al. (2011) observaram a necessidade de estudar as chuvas intensas e estimar a função IDF (intensidade-duração-frequência) para o município de Ji-Paraná-RO devido à problemática do dimensionamento de pequenas obras hidráulicas no Estado. De acordo com os autores, a principal atividade econômica do município é a agricultura, influenciada pelas chuvas intensas. Com foco na série histórica de 1975 a 1997, os autores obtiveram a altura máxima de chuva de “um dia” para cada ano, constituindo, dessa forma, a série de chuvas

máximas anuais, organizada em ordem decrescente. Depois de obtidas as alturas das chuvas, estimaram-se as prováveis intensidades máximas médias para todas as durações de chuva de 5 minutos a 24 horas, por meio da desagregação de chuva diária. Foi observado que os anos de 1991 e 1982 apresentaram maior magnitude das chuvas intensas, ambos com uma altura precipitada de 170 mm/24 horas e 138 mm/24 horas, respectivamente.

Leite, Adacheski e Filho (2011) analisaram a frequência e a intensidade das chuvas em Ponta Grossa-PR no período entre 1954 e 2001. Por intermédio do método *outliers*, os dados foram classificados em relação à intensidade de precipitação acumulada diariamente como: chuvisco (0,1 a 2,5 mm/dia), chuva fraca (2,5 a 10,0 mm/dia), chuva moderada (10,0 a 25,0 mm/dia), chuva forte (25,0 a 50,0 mm/dia) e chuva extrema (acima de 50 mm/dia). Os autores observaram que o ano com maior total de precipitação foi 1998, com 2.494 mm, e que o ano com menor total foi 1985, com 910,3 mm, de maneira que o total anual médio de precipitação foi de 1.546,2 mm. Com relação à frequência da intensidade da precipitação, os autores destacaram que a chuva fraca ocorreu com mais frequência em março (33,66%), o chuvisco durante o mês de abril (30,08%), a chuva moderada em outubro (29,76%), chuva forte em abril (14,79%) e a chuva extrema durante o mês de maio (5%). Os pesquisadores concluíram que a intensidade predominante foi a chuva fraca, sendo mais frequente durante nove meses do ano (janeiro, fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro); as intensidades de chuva forte e extrema, por sua vez, ocorreram com frequências bem menores, sendo o mês de fevereiro com maior frequência de 1,18%.

Tendo como base de análise a precipitação diária de 18 postos pluviométricos no período de 1998 a 2006, Pedron e Klosowski (2008) analisaram a distribuição de frequência dos totais pluviométricos para o Estado do Paraná. Eles verificaram que as estações meteorológicas de Foz do Iguaçu, Cascavel e Pato Branco apresentaram chuvas com intensidade acima de 30 mm, enquanto as estações meteorológicas de Curitiba, Guarapuava, Ponta Grossa e União da Vitória apresentaram valores de precipitação entre 1 a 10 mm. Seus resultados corroboram o estudo de Baldo et al. (2001), no que diz respeito à intensificação da precipitação no interior do Paraná.

Specian e Vecchia (2014) compararam a distribuição da frequência mensal de precipitação para a região oeste do Estado de Goiás, no período de 1975 a 2010, por meio de dados de dois postos pluviométricos, localizados nos municípios de Iporá e Montevídiu. Para o estudo foram agrupados os totais diários de precipitação de cada posto em intervalos de frequência de 5 mm (0 – 5 mm/ muito fraca), (5 – 10 mm/ fraca), (10 – 15 mm/ moderadamente fraca), (15-20 mm/ moderada), (20 – 25 mm/moderadamente forte), (25 – 30

mm/ forte) e (>30 mm/ muito forte), conforme proposto por Assis et al. (1996). Os autores constataram que o posto pluviométrico de Montividiu apresenta maiores ocorrências de eventos de chuvas para os meses de agosto e setembro, quando comparado com o posto de Iporá. Por outro lado, as chuvas apresentam maior concentração em relação aos totais diários com mais de 25 mm, no posto pluviométrico de Iporá, sendo que no mês de janeiro há a concentração da precipitação de 30 mm e o mês de novembro apresenta precipitações para todas as intensidades.

Soriano e Galdino (2002) utilizaram os mesmos intervalos de classe da precipitação propostos por Assis et al. (1996) e classificaram a intensidade da precipitação, no período de 1977 a 2000 para a sub-região da Nhecolândia, no Pantanal-MS. Os autores evidenciaram que a frequência da precipitação não é bem distribuída na região e observaram que a classe de precipitação “muito fraca” apresentou maior constância, ocorrendo em todos os meses analisados, seguida pela classe de precipitação “fraca”. Em relação à classe de precipitação “muito forte”, os autores concluíram que esta se concentrou nos meses de outubro a março, período chuvoso na região, mas em menor proporção que a precipitação “muito fraca”.

Fica exposto a partir dos trabalhos apresentados anteriormente que não há consenso, no que se refere às metodologias para quantificar a intensidade pluviométrica. Observa-se que há várias interpretações, e metodologias para o tratamento dos eventos significativos de precipitação. Estes eventos, classificados a partir de registros das séries históricas analisadas, de técnicas estatísticas e, principalmente, da dinâmica da precipitação estão em consonância com as características climáticas de cada região.

## **2.5 A intensidade pluviométrica em áreas de bacias hidrográficas**

Para Martins e Paiva (2001), estudos de elementos como a precipitação são essenciais para a compreensão da dinâmica de uma bacia hidrográfica, seja para um evento particular seja para um dado período de tempo.

A variação da precipitação constitui-se como elemento fundamental para o entendimento de uma bacia hidrográfica, visto que a partir daquela ocorre a reposição de água no solo e, conseqüentemente, o abastecimento hídrico da bacia. Parizotto (2008) considera que vem sendo constatado um aumento no uso da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental. A autora justifica que por meio da bacia hidrográfica é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem. No que se

refere à precipitação pluviométrica, a autora considera que esta é a principal entrada do balanço hidrológico, e o elemento climático, dentre outros elementos e fatores, de suma importância para entender tal equilíbrio. Contudo, os estudos que caracterizam sua intensidade ainda são escassos, principalmente quando voltados para áreas de bacias hidrográficas.

Tucci (2013) ressalta a importância do conhecimento da precipitação, em especial as precipitações máximas em uma bacia hidrográfica, pois ela pode atuar na erosão do solo e alterar a vazão do regime fluvial. Dessa forma, o autor considera que o estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para se conhecer a vazão de enchente de uma bacia.

A obra de Maksoud (1964) constitui um importante estudo sobre a bacia hidrográfica do rio de Contas na Bahia. O referido autor descreve de forma detalhada as características físicas da bacia como os aspectos meteorológicos atuantes, os tipos climáticos e, ainda analisa as chuvas nas diferentes escalas no período de 1918 a 1957. No entanto, o autor deixa clara a necessidade de ampliação de postos pluviométricos e pluviográficos, uma vez que estes são necessários para estudar a distribuição das chuvas, bem como o padrão de intensidade.

Nesse sentido, cabe ressaltar que no estudo de Maksoud (1964) foram utilizados 21 postos pluviométricos na bacia do rio das Contas e 26 postos fora da mesma. Observa-se assim, que as expectativas do autor em relação à ampliação destes postos não foram atingidas, visto que segundo o Instituto Nacional de Meteorologia, há atualmente 7 postos na área da bacia e apenas 6 fora dela, demonstrando que houve a redução destes.

Com base em estudo a respeito das características do escoamento superficial para áreas de bacias hidrográficas e áreas urbanas nos Estados Unidos, Jens (1942) ressalta que as chuvas apresentam considerável variabilidade quanto à intensidade e não ocorrem de forma constante em condições naturais. Dessa forma, utilizando como critério a intensidade de chuvas entre 76,2 mm e 101,6 mm em durações de 20, 40 e 60 minutos, o autor classificou a precipitação em padrões avançado, intermediário e atrasado. O padrão avançado ocorre quando o pico de maior intensidade concentra-se no início do período da duração da chuva ou no primeiro terço; o padrão intermediário ocorre no segundo terço de duração e o atrasado concentra os maiores picos no terço final do período de duração das chuvas. Segundo o autor o padrão de precipitação avançado é o mais comum e o que mais provoca escoamento superficial.

Lima et al. (2012) analisaram o número de dias e a intensidade de chuvas na bacia Caçu-GO, no período de janeiro a junho de 2012, utilizando dados de precipitação horária,

por meio de pluviógrafos e da metodologia proposta pelo Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999). A análise permitiu constatar que há uma grande variabilidade espacial na área de estudo, sendo que as chuvas fracas ocorrem com maior frequência na bacia (356 horas), seguidas pelas chuvas moderadas (178 horas) e chuvas fortes (8 horas).

Por meio de 33 postos pluviométricos, Araújo et al. (2008) estudaram a distribuição espaço-temporal das chuvas intensas de 1 a 5 dias de duração na bacia hidrográfica do rio Paraíba-PB. Nesse estudo, averiguou-se que a variação temporal das chuvas intensas concentra-se nos meses de janeiro a abril, com variações de 77,1% a 88,6%, de maneira que as maiores ocorrências compreendem os meses de janeiro a março. Os autores afirmam que a atuação da ZCIT é representativa na referida bacia e é intensificada por efeitos locais.

Dantas et al. (2014) utilizaram dados de precipitação diária de 108 estações localizadas na bacia do rio Una-PE, com a finalidade de acompanhar e prever inundações. Utilizando o método *Standardized Precipitation Index*, os autores classificaram as precipitações diárias em chuva fraca (0 a 75,59 mm/24 horas), chuva leve (75,59 a 110,59 mm/24 horas), chuva moderada (110,59 a 134,27 mm/24 horas), chuva severa (134,27 a 163,38 mm/24 horas) e chuva extrema (superior a 163,38 mm/24 horas). Considerando que os eventos ocorridos no mês de agosto de 2000, fevereiro de 2004 e junho de 2010 foram de inundação extrema, eles identificaram as chuvas no alto, médio e baixo curso do rio Una. Dessa forma, foi possível evidenciar que no alto Una ocorreram chuvas leves e fracas para os três eventos de inundação citados; já no médio Una, predominaram chuvas extremas e severas para o evento de agosto de 2000 e chuvas moderadas em fevereiro de 2004 e junho de 2010; para o baixo Una, as chuvas moderadas caracterizaram os eventos de agosto de 2000 e fevereiro de 2004, enquanto as chuvas extremas e severas foram significativas para o evento de junho de 2010.

Segundo Silva e Clarke (2004), o clima da bacia hidrográfica do rio São Francisco é caracterizado por apresentar influência do regime pluviométrico. Ao analisar dados de precipitação diária de 218 postos pluviométricos, concluiu-se, a partir das características das precipitações máximas com duração de 1, 2, 3, 4 e 5 dias, que a intensidade da precipitação decresce no sentido da nascente para a foz. Silva e Clarke observaram que a região do alto e parte do médio São Francisco, bem como os limites leste e oeste apresentam fortes intensidades devido à influência do fator orográfico (Serra do Espinhaço e Serra Geral de Goiás), enquanto nas regiões sub-médio e baixo São Francisco ocorrem precipitações de menor intensidade.

Ao comparar os resultados de Dantas et al. (2014) e Silva e Clarke (2004), verificam-se conclusões opostas, uma vez que na bacia hidrográfica do rio Una-PE há a diminuição da intensidade da precipitação da nascente à foz do rio, o que não se observa para o rio São Francisco. A partir desses resultados, pode-se inferir que o fator orográfico exerce influência na ocorrência de chuvas em ambas as bacias e que a quantidade de postos com dados de precipitação é importante para uma análise mais pontual quanto à intensidade.

Alencar, Silva e Oliveira (2006) estudaram a influência da intensidade da precipitação no escoamento superficial, na bacia do Córrego Capetinga-DF, no período de 1996 a 2002. Considerando somente os valores maiores e iguais acima de 0,1 mm de escoamento superficial, os autores constataram que a partir de valores de intensidade superiores a 43,0 mm/hora, houve maiores ocorrências de escoamento superficial, o que evidenciou a ligação entre ambos. Os autores salientam ainda que se deve considerar a interação entre a precipitação antecedente e a intensidade da precipitação, pois podem influenciar significativamente nos valores de escoamento em uma bacia hidrográfica.

Antunes (2015) utilizou dados diários de precipitação, no período de 1981 a 2010, para estudar os fenômenos de precipitação intensa na bacia hidrográfica do rio Piracicaba-SP. O autor considerou a intensidade de 94 mm/24 horas como precipitação intensa em seu estudo e concluiu que não houve um aumento em relação ao número de eventos no período estudado; segundo ele, o verão destacou-se com 71 eventos intensos, ou seja, com intensidade superior a 94 mm/24 horas, seguido pela primavera com 34 eventos, 21 no outono e apenas 2 durante o inverno. Os eventos de precipitação intensa predominam nas áreas centrais, leste e noroeste da bacia, ao passo que a porção oeste apresentou quantidades menores.

A partir de valores de precipitação máxima diária, do período de 1962 a 1991, Monte, Costa e Fragoso Júnior (2013) analisaram a dinâmica de eventos extremos na bacia hidrográfica do Mundaú, localizada entre os Estados de Pernambuco e Alagoas. Eles averiguaram que no alto e baixo curso do rio predominam os menores valores de precipitação associados aos menores períodos de retorno, ou seja, de 54 a 110 mm para 2, 5 e 10 anos. Entretanto alguns pontos do alto curso destacam-se com altos valores de precipitações com tempos de retorno mais altos, variando de 161 a 337 mm para 25, 50 e 100 anos. Para os autores, os eventos mais raros de precipitação ocorrem no alto curso da bacia.

Valverde et al. (2003) utilizaram dados de precipitação de 31 estações pluviográficas para regionalizar a ocorrência de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Doce, a qual abrange áreas dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Os autores analisaram as chuvas formadas pelos maiores valores observados em cada ano, assim, elaboraram séries anuais para

as precipitações máximas com durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1.440 minutos para cada uma das 31 estações. Eles obtiveram como resultado cinco regiões homogêneas na bacia conforme exposto a seguir: a região homogênea 1 apresenta valores máximos de precipitação com duração de 360 e 720 minutos; a região homogênea 2 com valores de precipitação de duração de 20, 30, 40 e 50 minutos; na região homogênea 3, os valores encontrados foram de 10, 20 e 30 minutos; a região homogênea 4 apresentou valores de 1.440 minutos e, finalmente, a região homogênea 5 com maiores valores de precipitação com duração de 20, 30 e 40 minutos. Para a obtenção das regiões homogêneas os autores seguiram o critério do conjunto de postos com características hidrológicas semelhantes, denominando somente as durações das precipitações que prevaleceram.

Salgueiro, Pinto e Montenegro (2014) avaliaram as tendências pluviiais ao longo da bacia do rio Capibaribe-PE, tendo como base a seleção de séries pluviométricas diárias de 13 estações distribuídas no alto, médio e baixo curso do rio, no período de 1973 a 2012. A partir de dados pluviométricos, como a precipitação total anual, os dias secos consecutivos, os dias úmidos consecutivos e precipitação de um dia superior a 80 mm, os autores concluíram que há a predominância de tendências de aumento da estiagem e redução da precipitação total anual, chuvas intensas e dias chuvosos consecutivos, principalmente na porção do médio Capibaribe. No alto e médio Capibaribe, os autores constataram que a ocorrência de eventos pluviométricos extremos, com valores de chuva superior a 80 mm, está associada aos efeitos orográficos e aos sistemas atmosféricos vindos do leste.

A partir dos trabalhos apresentados, observa-se que existem dificuldades para analisar a intensidade da precipitação na área de uma bacia hidrográfica, visto que é necessária uma vasta série de dados e postos pluviométricos e pluviográficos, bem como a inexistência de falhas ao longo das séries. Considera-se ainda que todos os estudos abordam aspectos diferenciados quanto às classes de intensidade, como o valor da intensidade, o tempo de duração e o período de retorno da precipitação, a frequência de ocorrência das classes, além de diferentes formas de espacialização das chuvas e divisão das bacias hidrográficas em compartimentos como alto, médio e baixo curso.

Salienta-se que, o objetivo de classificar a intensidade da chuva está norteado por diferentes abordagens, no que se refere ao entendimento da precipitação na caracterização climática das bacias hidrográficas e, especialmente, à preocupação com a sua influência na sociedade, devido aos impactos negativos que estas podem gerar, tanto na gestão ambiental quanto no gerenciamento dos recursos hídricos.

## 2.6 As chuvas intensas no ambiente urbano e rural

Questões relacionadas à mudança climática na atualidade têm gerado uma série de questionamentos quanto às chuvas intensas, pois juntamente com os fatores que compõem o clima, a precipitação está ligada ao planejamento e à ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano (MELLO; ARRUDA e ORTOLANI,1994).

Estudos relacionados à frequência de chuvas intensas vêm sendo realizados por vários pesquisadores no Brasil e no mundo, em razão da grande importância da previsibilidade de eventos dessa natureza. Occhipint e Santos (1965) apresentam a importância do conhecimento da intensidade das chuvas ao estudar as máximas precipitações ocorridas na cidade de São Paulo. Esses pesquisadores observaram que as precipitações entre os anos 1928 a 1964 caracterizaram-se por durações iguais ou inferiores a 60 minutos e durações maiores que 60 minutos.

Baratto, Wollmann e Hoppe (2015) consideram que a precipitação pluvial constitui um importante fator para o controle do ciclo hidrológico e compõe uma das variáveis ambientais de maior influência na qualidade ambiental urbana e rural.

Nas áreas urbanas, pesquisas sobre a intensidade pluviométrica possuem grande aplicabilidade no dimensionamento de captores de água pluviais, previsão de alagamentos, entre outros, o que contribui para minimizar danos socioeconômicos, relacionados a inundações, efeitos erosivos entre outros (SENTELHAS et al., 1998).

As chuvas que ocorreram no Paraná em janeiro de 2016 geraram uma série de problemas em várias cidades do norte do Estado. Segundo informações do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), as chuvas fortes que ocorreram nos primeiros 11 dias de janeiro ultrapassaram a média histórica do mês de 227,0 mm e resultaram em um acúmulo de 250,8 mm. Somente em Maringá, no dia 11 de janeiro, choveu 98,4 mm, o que provocou alagamentos em vários pontos da cidade e também a interrupção do abastecimento de água. Devido ao aumento do volume do rio Pirapó, manancial da cidade, grande parte da estação de tratamento de água ficou submersa, e na rodovia estadual PR-317 a ponte sobre o rio desabou, interrompendo o fluxo de veículos e pessoas (GLOBO.COM, 2016).

Segundo Zanella e Olímpio (2014) é nos ambientes urbanos que os impactos relacionados às chuvas concentradas se manifestam de modo mais agudo. Em sua pesquisa sobre os episódios pluviais críticos e impactos na cidade de Fortaleza, esses autores enfatizam a importância do conhecimento sobre o sistema de drenagem da região, além da compreensão

da dinâmica climática regional e, principalmente, as chuvas, uma vez que os eventos pluviiais intensos são mais característicos das regiões tropicais.

Nascimento Júnior (2013), em seu trabalho sobre as chuvas no Paraná, relaciona os valores pluviométricos com a ocorrência de impactos extremos no espaço urbano. Utilizando dados da Defesa Civil, no período de 1980 a 2011, ele afirma que as enchentes lideram o rol das principais notificações do estado (646), seguido pelas enxurradas (420), tendo o maior índice de casas destruídas (1180).

Para o Sistema de Defesa Civil-SISDC (1998), os alagamentos são eventos cuja ocorrência relaciona-se com a água acumulada nas ruas, no perímetro urbano, e podem estar associados às fortes precipitações pluviométricas, cujos sistemas de drenagem são insuficientes.

Outras pesquisas relevantes, que relacionam as chuvas intensas com problemas urbanos, são os trabalhos de Pinheiro (2012) sobre os impactos pluviométricos ocasionados pelos eventos intensos e suas repercussões no espaço urbano de Bauru-SP no período de 1978 a 2008. Essa autora concluiu que apesar desses eventos terem diminuído na década de 2000, passaram a impactar e fragilizar o ambiente urbano, principalmente na década de 1980 a 1990, por ocorrerem de forma mais intensa com destaque para o mês de janeiro que apresentou os maiores impactos com precipitações superiores a 400 mm.

Sanches et al. (2014) investigaram a ocorrência de totais acumulados intensos de precipitação de 5 dias na região do alto Uruguai gaúcho e sua associação com os sistemas atmosféricos responsáveis pela sua formação. Ao analisar a série histórica de 1961 a 2014, os autores notaram que os eventos mais intensos ocorreram nos anos de 1992 e 2014, totalizando 328,0 mm/5dias e 366,7 mm/5 dias, respectivamente. O evento de 2014 trouxe uma série de transtornos para a área de estudo, bem como toda a região Sul do Brasil, como interdição de rodovias federais e estaduais devido à movimentação de massa e subsidência de terrenos, comprometimento da estrutura de pontes e viadutos, que ficaram submersos, além da inundação de áreas ribeirinhas, o que causou prejuízo à população local.

Zanella (2006) estudou a precipitação anual e os eventos pluviométricos iguais e superiores a 60 mm/24 horas para a série histórica de 1989 a 2000, na cidade de Curitiba-PR, associando-os com a ocorrência de inundações e seus impactos. A autora averiguou que ao mesmo tempo em que houve o crescimento da mancha urbana de Curitiba, houve um aumento no número de eventos pluviométricos intensos e, conseqüentemente, maior registro de casos de inundações; de acordo com a pesquisadora, o número de ocorrências de eventos superiores

a 60 mm/24 horas na década de 1990 foi de 27 episódios, dentre os quais 17 com precipitação entre 60-80 mm, 7 entre 80-100 mm, 1 entre 100-120 mm e 2 maiores que 120 mm.

Souza, Azevedo e Araújo (2012) estudaram a precipitação diária de 47 anos (1961 a 2008) e associaram com os desastres ocorridos na cidade de Recife-PE. Utilizando a técnica dos *quantis*, os autores classificaram as chuvas diárias como: muito fraca (precipitação entre 2,2 a 4,2 mm); chuva fraca (precipitação entre 4,2 a 8,4 mm); chuva moderada (precipitação entre 8,4 a 18,6 mm); chuva forte (precipitação entre 18,6 a 55,3 mm) e chuva muito forte (precipitação maior que 55,3 mm). Eles concluíram que em Recife os dias secos apresentaram 62% de frequência na série histórica, enquanto a chuva muito fraca correspondeu a 8% das ocorrências, a chuva fraca 10%, a chuva moderada 10%, a chuva forte 8%, a chuva muito forte 2%. Segundo os autores, as classes de intensidade moderada, forte e muito forte corresponderam a um total de 20% das chuvas analisadas; estas classes segundo os autores ocorreram em todos os meses do ano. Com relação aos impactos, os autores verificaram que as chuvas fortes e muito fortes causam alagamentos e escorregamentos na cidade, ao passo que as chuvas moderadas causam pontos de alagamentos e as chuvas fracas não causam danos.

Andrade (2009) apresentou uma análise temporal das variações climáticas referentes à temperatura e precipitação que ocorreram entre os municípios de Apucarana e Maringá no período de 1979 a 2008. O autor concluiu que, em relação à precipitação, Maringá apresenta os maiores valores durante a primavera enquanto Apucarana possui valores mais representativos durante o inverno.

Martins (2009) realizou o balanço hídrico em diferentes escalas para o município de Apucarana no período de 1962 a 2008. O autor analisou os dados de precipitação pluviométrica e constatou que 1966 apresentou o menor volume de precipitação com 1069,7 mm, seguido pelos anos de 1978 com 1139,2 mm e 1985 com 1187,2 mm. O mês de janeiro caracterizou-se por ser o mais chuvoso de toda a série histórica, com uma média de 209,3 mm, o que denota maior excedente para a área de estudo.

Nas áreas rurais, as inundações oriundas de eventos intensos ocorrem com menor frequência e intensidade que nas áreas urbanas. Os prejuízos causados são principalmente de ordem econômica, pois são áreas destinadas à agropecuária (HOFFMANN; MENDONÇA e GOUDARD, 2014). Para Tucci (2012), as inundações podem ocorrer devido à alteração no ciclo hidrológico decorrente do inadequado uso do solo, como por exemplo, a compactação do solo por maquinário e pisoteio do gado, além da perda da cobertura vegetal para uso agrícola.

Minuzzi e Caramori (2011) argumentam que pelo fato da cultura humana estar ligada aos fenômenos atmosféricos, as pesquisas sobre as chuvas são importantes, pois estas são responsáveis pela manutenção da vida e sucesso das safras agrícolas. Contudo, as chuvas em grande quantidade podem gerar problemas relacionados a inundações, perdas de safras, enchentes, destruição da infraestrutura do meio urbano e rural, riscos de deslizamentos, entre outros fatores.

Cecílio et al. (2009) salientam que as chuvas intensas podem gerar grande quantidade de escoamento superficial, causar prejuízos nas terras agrícolas como a inundação das áreas cultivadas, erosão do solo, perda de nutrientes, o assoreamento e a poluição de corpos d'água. Para os autores, o conhecimento acerca das chuvas é fundamental para o planejamento de práticas de conservação do solo e da água, bem como o manejo de bacias hidrográficas.

Minuzzi e Lopes (2014) consideram que a chuva é uma das variáveis climáticas de maior influência no meio ambiente, de forma que a sua análise detalhada é fundamental para o manejo correto da água e produção agrícola. Devido a sua importância é que se realizam estudos, com o intuito de compreender melhor os fatores que regem o regime pluvial.

A relação entre chuva e solo no espaço rural aplica-se na agricultura, em áreas onde a drenagem superficial é prática indispensável, visando à conservação do solo (SENTELHAS et al., 1998). Dessa forma, o conhecimento da intensidade pluviométrica denota extrema relevância, pois serve de base tanto para decisões quanto para medidas necessárias em relação aos danos por elas ocasionados. “O agricultor, preparado com as informações sobre as condições básicas atualizadas, tem mais condições e maiores chances no combate às adversidades climáticas, tais como a escolha das épocas para plantio e colheita, bem como o momento correto de manejar o solo” (PELLEGRINO et al., 1998, p. 329).

Braido e Tommaselli (2011) argumentam que problemas relacionados a eventos extremos, como chuvas excessivas, geram impactos negativos sobre a economia e sobre a vida dos habitantes de regiões que dependem da agricultura. Em seus estudos sobre a identificação dos anos extremos (secos e chuvosos) para a região do Pontal do Paranapanema, os autores concluíram que as maiores produções de soja, milho e cana-de-açúcar apresentaram tendência de ocorrerem em anos chuvosos e segundo eles, eventos intensos não favorecem as produções agrícolas.

Os estudos de vários autores demonstram como o conhecimento a respeito da precipitação contribui para a prática agrícola. Santiago et al. (2013) salientam que a precipitação pluviométrica é o elemento climático mais significativo para regiões semiáridas. Zandonadi (2006) esclarece que a precipitação é reguladora da produção agrícola do Paraná, o

que reforça a importância do conhecimento acerca da precipitação e sua interação com o solo. Schroder (1956), também ressalta que o conhecimento da precipitação é fundamental, pois está aliado ao planejamento da agricultura.

Nesse sentido, o estudo da intensidade pluviométrica destaca-se como ferramenta essencial para a agricultura, visto que diversas regiões do Brasil dependem da prática agrícola; além do que, tal conhecimento fornece subsídios para um melhor gerenciamento, bem como para a diminuição de perdas de solo devido à erosão e, conseqüentemente, dos impactos ambientais e socioeconômicos negativos.

## **2.7 A erosividade das chuvas**

A erosão hídrica é uma das principais causas de perdas de solo, em grande parte das regiões do planeta, de modo que nas regiões tropicais e subtropicais essas perdas são maiores devido à erosividade das chuvas (WALTRICK et al., 2011). Para Mazurana et al. (2009), erosividade é a capacidade potencial das chuvas de causar erosão no solo e constitui-se um grande problema nas áreas de utilização agrícola dos solos.

Para Wischmeier (1959), a chuva é uma das variáveis que controla a erosão do solo. Por intermédio da Equação Universal de Perdas do Solo (EUPS), o autor assinala que a erodibilidade do solo (fator K), a declividade do terreno (fator S), o comprimento da encosta (fator L), o uso e manejo do solo (fator C) e as práticas conservacionistas (fator P) também influenciam na erosão dos solos.

Bertoni e Lombardi Neto (2012) indicam que a chuva é um dos elementos climáticos de maior importância para a erosão dos solos. Assim, a intensidade pode condicionar tanto o volume quanto a velocidade da enxurrada, além da maior perda do solo por erosão. De acordo com os autores, a chuva é caracterizada como o fator R, ou seja, refere-se a um índice que expressa a capacidade de causar erosão em uma localidade; a erosividade é representada pela medida Megajoule milímetro de chuva/hectare (MJ.mm/ha). Além da chuva, os autores destacam que a velocidade de infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal, bem como a natureza do solo podem contribuir para o processo de erosão.

Crepani, Medeiros e Palmeira (2004) consideram que o fato da chuva ser o agente ativo da erosão e o solo o agente passivo, assim como as informações climatológicas relativas à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, as quais definem a intensidade pluviométrica, permitem a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem. Segundo os autores, situações de intensidade pluviométrica elevada

podem ser traduzidas como a quantidade de água disponível para o escoamento superficial é muito grande e, portanto, é maior a capacidade de erosão.

Conforme Buckman e Brady (1976), a relação entre chuva e erosão pode ocorrer de três formas: a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou a intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Dentre as três, o estudo da intensidade pluviométrica é extremamente importante, pois representa a relação entre as outras duas formas (quanto chove/quando chove), o que pode determinar, em última análise, a quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética.

Santos, Griebeler e Oliveira (2010) relatam que a IDF (intensidade-duração-frequência) das precipitações associadas às condições de relevo movimentado, as características físico-hídricas do solo adversas, o uso e manejo do solo inadequados são responsáveis pela intensificação do processo de erosão do solo. Contudo, os autores ressaltam a importância do estudo das precipitações pluviométricas intensas e frequentes, pois elevam o risco de ocorrência da erosão.

Na pesquisa de Sampaio et al. (2011), em Guaíba-RS, verifica-se a necessidade do conhecimento para a caracterização da chuva horária e também da sua intensidade pluviométrica, não só para as atividades agrárias, mas para melhor gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento e recuperação de áreas erodidas pela chuva e escoamento superficial.

Spohr et al. (2009), ao analisarem o escoamento superficial para solos com diferentes características no Uruguai, verificaram que a intensidade da chuva favoreceu o aumento de cerca de 38% do escoamento. Por meio da análise das chuvas com duração de 30, 60 e 120 minutos, os autores concluíram que quanto maior a intensidade da chuva menor é o tempo para o início do escoamento e maior o tempo para a infiltração da água no solo.

Por outro lado, autores como Mannigel et al. (2002) alertam para a importância do conhecimento da erodibilidade. Caracterizado como uma propriedade do solo que representa a sua suscetibilidade à erosão, o fator erodibilidade é representado pela relação entre a perda de solo e a erosividade da chuva, quando tais dados são obtidos individualmente para cada chuva.

No Rio Grande do Sul, os padrões hidrológicos e o potencial erosivo das chuvas foram caracterizados por Mehl et al. (2001), em Santa Maria, por Peñalva-Bazzano, Eltz e Cassol (2007), em Quaraí, por Cassol et al. (2007), em Ijuí, e por Cassol et al. (2008) em São Borja.

Em seu estudo sobre o potencial erosivo e a característica das chuvas em São Gabriel-RS, Eltz et al. (2013) consideram que a chuva causa erosão e danos em infraestrutura urbana e

rural com grande frequência e que o conhecimento sobre o período de retorno, bem como a erosividade implica em um melhor dimensionamento de obras hidráulicas e conservacionistas. Em um mesmo estudo para a região de Encruzilhada do Sul-RS, Eltz et al. (2011) evidenciaram que a ocorrência de chuvas extremas, ou seja, com maior potencial erosivo, correspondeu a 48% de toda a série histórica analisada (1958 a 1988). Esses valores corroboram com a afirmação de Bertoni e Lombardi Neto (2012), que a ocorrência de chuvas mais intensas pode contribuir para uma erosão mais severa.

No entanto, tais estudos esclarecem que o valor estimado do potencial erosivo equivale para regiões climáticas semelhantes (ELTZ et al., 2011). Rufino (1986) avaliou o potencial erosivo das chuvas no estado do Paraná e evidenciou que os maiores valores de erosão encontram-se nos limites físicos do Paraná e de São Paulo, sendo esses valores elevados, típicos de regiões tropicais. No estudo realizado por Rufino et. al. (1993), concluiu-se que as características das chuvas com potencial erosivo diferem no Paraná devido ao relevo. Nesse caso, houve um decréscimo dos valores do terceiro planalto para o primeiro planalto paranaense.

A erosividade das chuvas no estado de Minas Gerais foi estudada por Mello et al. (2007). Devido às condições físicas do Estado, como a grandeza territorial e a diversidade de relevo, as precipitações ocorrem de diferentes formas, sejam frontais, orográficas ou frentes quentes oriundas da Amazônia. A partir desse pressuposto, os autores procuraram, além de estimar e mapear a erosividade média ( $EI_{30}$ ) mensal e anual de 248 localidades, analisar a distribuição espacial da precipitação durante o período chuvoso, e identificaram zonas similares quanto a  $EI_{30}$ . Os pesquisadores observaram que há um aumento da erosividade no mês de novembro, de modo mais acentuado, já que o período de maiores índices de chuva é de outubro a janeiro. Em comparação com outros meses, os autores verificaram que no mês de novembro o índice de erosividade dobra e/ou triplica em alguns casos, com maior quantidade de chuva.

Viola et al. (2014) determinaram os valores de erosividade, por meio de registros pluviométricos mensais e anuais no estado de Tocantins e chegaram à conclusão de que os valores de erosividade anual oscilaram entre 6.599 e 14.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, com auge em dezembro, quando atingiram valores de até 2.800 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> por mês. De maio a setembro, a erosividade apresentou valores inferiores a 500 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.mês<sup>-1</sup> por mês. Os estudos de Medeiros et al. (2012), no município de Bananeiras-PB, de Moreti et al. (2003) e Mello et al. (2001), em São Manuel-SP, reforçam a influência da precipitação no aumento da erosividade. O aumento da erosividade para estes autores está relacionado com o aumento da

precipitação, ou seja, os maiores valores concentram-se nos períodos chuvosos das regiões analisadas.

A partir de dados pluviográficos, Almeida et al. (2012) analisaram a erosividade das chuvas nos municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro no Estado do Mato Grosso e, segundo os autores, estes municípios apresentam intensa degradação dos solos pela erosão hídrica. Utilizando os critérios propostos por Wischmeier e Smith (1978), esses estudiosos observaram que para os municípios de Canarana e Poxoréo o valor de erosividade corresponde a  $500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ , considerado um valor crítico; semelhante a isso, o resultado encontrado por Rufino (1986) demonstrou que os meses de outubro e abril representam o período com 96% e 88% da erosividade da chuva anual, respectivamente. Para os municípios Vera e São José do Rio Claro, os resultados foram diferentes, visto que o período de maior erosividade para o primeiro município compreende os meses de setembro a abril, que correspondem a 97% da erosividade anual; em São José do Rio Claro, por sua vez, os meses de outubro a março correspondem ao período de maior erosividade, sendo responsáveis por 94% do total anual.

Waltrick et al. (2015), ao estimarem a erosividade de chuvas no estado do Paraná, por intermédio da precipitação, no período de 1986 a 2008, concluíram que os resultados, bem como a variação temporal da erosividade estão associados ao regime pluviométrico, principalmente nas regiões Sudoeste e Oeste. Segundo os autores, em média, os meses de maior erosividade são janeiro (média estadual de  $1.394 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ ) e outubro ( $1.173 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ ). A região do litoral apresenta valores de erosividade acima de  $2.000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ .

Em seu estudo sobre a variabilidade pluviométrica e a erosividade na Unidade Hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Terassi (2015) constatou que a pluviosidade média da Unidade é de 1.442,6 mm, com médias superiores a 1.600 mm no setor sul e inferiores a 1.300 mm para o setor norte. O autor esclarece que a distribuição mensal da pluviosidade esteve altamente relacionada aos resultados do potencial erosivo, especificando que 77,5% deste potencial estão concentrados nos períodos de janeiro a março e de setembro a dezembro. A erosividade média dessa unidade hidrográfica apresenta valores superiores a  $7.800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$  para os setores sul e sudeste e inferiores a  $6.400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$  para o setor noroeste.

Diante dos trabalhos expostos, fica evidente a importância de estudos climáticos, especialmente, no que concerne à precipitação pluviométrica, pois esta oferece subsídios para a compreensão da redução ou aumento de processos erosivos, principalmente em áreas

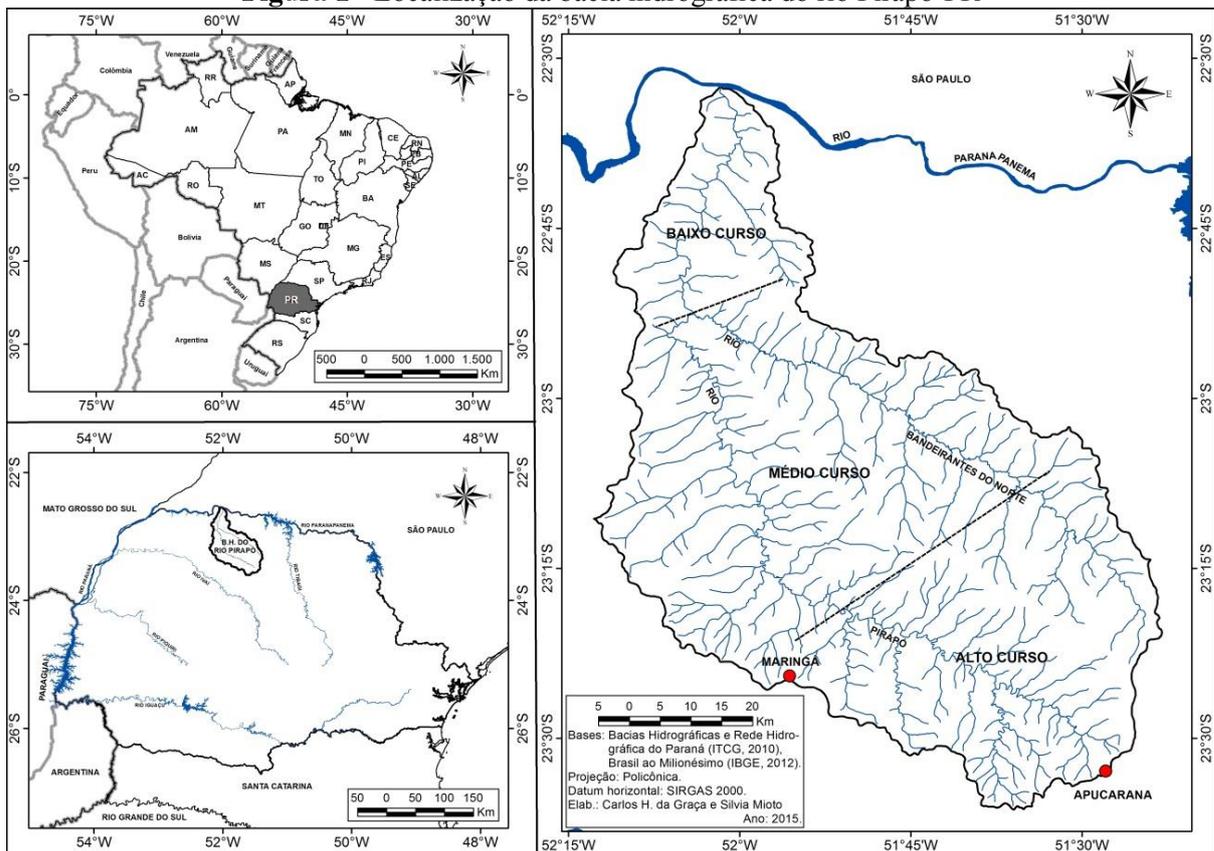
agricultáveis. Como a erosão no seu aspecto físico é a remoção do solo e seu transporte, seja pelo vento e, principalmente pelo impacto gerado pelas gotas de água, conclui-se que os processos erosivos sempre ocorrerão. Contudo, quando intensificados, podem prejudicar as atividades econômicas, a natureza e a ocupação humana como um todo.

### 3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização

A bacia hidrográfica do rio Pirapó (**Figura 1**) localiza-se no norte do estado do Paraná, abrange uma área total de 5.098,10 Km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes de 22°30' e 23°30' Sul e longitudes de 51°15' e 52°15' Oeste. O rio Pirapó, é importante afluente da margem esquerda do rio Paranapanema, integrante do rio Paraná. Nasce no município de Apucarana, a cerca de 1.000 metros de altitude, e escoa para direção norte, percorrendo uma extensão de 168 km até a sua foz no rio Paranapanema, a cerca de 300 metros de altitude no município de Jardim Olinda (SEMA, 2010).

**Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR**



O rio Pirapó tem como maior afluente o rio Bandeirantes do Norte, que possui 149 km de extensão, nasce no município de Arapongas e desemboca no rio Pirapó nas divisas dos municípios de Paranacity, Lobato e Colorado. O ribeirão Lajeado, o ribeirão da Ilha, o ribeirão Pau D'algo, o ribeirão Valência e o rio Ipiratinga são outros afluentes da margem direita do Pirapó; no que se refere aos afluentes da margem esquerda destacam-se o ribeirão

dos Dourados, o ribeirão Sarandi, o ribeirão Jacupiranga, o ribeirão Caxangá, o ribeirão Maringá, o ribeirão Morangueiro e o ribeirão do Vagalume (MARTINEZ, 2005).

### **3.2 Aspectos físicos**

Localizada no Terceiro Planalto Paranaense, a área correspondente à bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta duas características geológicas importantes: o basalto da formação Serra Geral constituída por extensos derrames de rochas ígneas, predominando basaltos de idade jurássica-cretácica do Grupo São Bento, presentes no alto e médio curso da bacia e o Grupo Bauru, formado no período cretáceo da era mesozoica, constituído por rochas sedimentares das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, situados no médio e baixo curso da bacia (MINEROPAR, 2001; THOMAZ, 1984).

De acordo com Jabur e Santos (1984), a formação Caiuá recobre a porção média da bacia e é representada por arenitos vermelho-arroxeados finos a médios altamente friáveis, formados durante o cretáceo da era mesozoica.

A formação Santo Anastácio encontra-se estratigraficamente situada entre as formações Caiuá e Adamantina, possui exposições mais expressivas, a partir das cotas de 510 à 580 metros também predominante no setor leste da bacia e compõe-se de arenitos muito finos a médios, disposta em ambiente de planície aluvial. As rochas sedimentares da formação Adamantina são formadas por arenitos muito finos a finos, e apresentam estratificação cruzada (MINEROPAR, 2001).

De acordo com Mineropar (2006), a bacia do rio Pirapó apresenta duas sub-unidades morfoestruturais, denominadas Planalto de Apucarana e Planalto de Maringá. O Planalto de Apucarana apresenta dissecação alta e ocupa uma área de 3.851 km<sup>2</sup>, sendo a declividade predominante entre 6 a 12%. Essa subunidade apresenta uma variação de altitudes entre 300 e 920 metros em direção noroeste/sudeste e as formas predominantes do relevo são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”.

A porção que compreende o Planalto de Maringá apresenta dissecação baixa, com uma área correspondente a 4.125 km<sup>2</sup> e a classe de declividade predominante é menor que 6% na porção média e inferior da bacia. O relevo apresenta altitude mínima de 340 metros e máxima de 740 metros, com formas predominantes de topos alongados e aplainados e vertentes convexas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006).

Em consequência da litologia e relevo, a bacia do rio Pirapó apresenta diversos tipos de solos. Nos setores onde os solos são oriundos da alteração de rochas básicas (basalto) da

Formação Serra Geral, são encontrados os Latossolos Vermelhos, os Nitossolos Vermelhos e os Neossolos Litólicos, esses dois últimos de textura argilosa ou muito argilosa. Nos setores onde se encontram as formações areníticas (Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina), os solos derivados dessas rochas são os Latossolos Vermelho de textura média e os Argissolos Vermelho de textura arenosa/média predominantemente (EMBRAPA, 2007).

Terassi, Silveira e Graça (2014) identificaram três áreas da bacia hidrográfica do rio Pirapó, a partir da hipsometria. Estas foram denominadas como Alto Pirapó, que corresponde à porção mais elevada da bacia, com altitudes de 550 a 900 metros. O Médio Pirapó, que compreende a segunda área com altitudes entre 350 a 550 metros e o Baixo Pirapó com cotas altimétricas inferiores a 350 metros.

De acordo com a classificação de Köppen, a área apresenta o clima Cfa subtropical úmido mesotérmico, de forma que os meses mais quentes apresentam temperatura superior a 22°C e os meses mais frios, temperatura inferior a 18°C (CAVIGLIONE et al., 2000).

Contudo, ao aplicarem o sistema de classificação climática de Köppen (1918), com base na utilização de dados de temperatura e precipitação, Terassi e Silveira (2013) concluíram que a bacia hidrográfica do Pirapó apresenta em sua maior parte a tipologia Ama, caracterizando-se por apresentar um clima tropical com inverno seco, com temperatura no mês mais frio acima de 18°C, e o mês mais quente acima de 22°C e concentração da precipitação durante os meses de verão; já a tipologia Cfa estende-se nas áreas com altimetria acima de 650 metros na referida bacia.

Os estudos realizados por Baldo, Dziubate e Galiani (2012) revelaram que a distribuição da precipitação na bacia hidrográfica do Pirapó possui relação com o relevo, sendo os maiores valores encontrados no Alto Pirapó e os menores valores no Baixo Pirapó. Para os autores, esta variação da precipitação deve-se à dinâmica atmosférica e ao fator orográfico. Essas características revelam a irregularidade da pluviosidade, principalmente em sua distribuição, dado que os valores mais acentuados encontram-se na porção sudeste e os menores valores ao norte da bacia.

Para Roderjan et al. (2002), a bacia hidrográfica do rio Pirapó encontra-se sobre o domínio da Floresta Estacional Semidecidual, cuja principal característica fisionômica é a semidecidualidade, que permite a perda em parte das folhas de sua vegetação em determinada época do ano. Essa vegetação possui relação com os aspectos climáticos, verificada pela ocorrência eventual de geadas, além de um período de baixa precipitação pluviométrica, quando 20 a 50% das árvores da floresta perdem suas folhas, modificando fortemente a

fisionomia da vegetação. Essa característica é salientada por Troppmair (1990), no que se refere à transição climática da área como fator de reflexo nas condições biogeográficas.

### **3.3 Aspectos humanos**

A bacia do rio Pirapó está inserida na mesorregião Norte Central Paranaense, que possui forte participação na estrutura da economia do Estado do Paraná. Essa mesorregião possui municípios de grande importância, como é o caso de Maringá, Apucarana e Arapongas, cujas principais atividades produtivas estão relacionadas com o setor rural, mais precisamente, com as agroindústrias (NUNES e STEFENON, 2015). Para o entendimento das características econômicas e populacionais atuais, é feita uma breve discussão a respeito do processo de ocupação dessa região que possui grande desenvolvimento no Estado do Paraná.

Para Correia e Steinke (2008), o processo de colonização do Norte do Paraná esteve inserido, em nível nacional, num contexto de expansão da economia capitalista e de redefinição do papel da agricultura no novo modelo de acumulação de capital, implantado a partir de 1930.

Moro (2003) esclarece que a ocupação das terras do Norte Central e do Noroeste do Paraná foi delineada a partir de diretrizes básicas definidas pelo Estado. A Companhia Melhoramentos Norte do Paraná foi a principal iniciadora do processo de ocupação das terras do Norte paranaense, por meio do loteamento para venda em pequenas parcelas, o que atraiu trabalhadores e propiciou a formação de pequenas e médias propriedades voltadas à produção para o consumo próprio e comercialização (SERRA, 2001).

Para Padis (1981), diversos elementos influenciaram a ocupação da região Norte do Paraná, como a qualidade das terras, o desenvolvimento da cafeicultura e o processo de industrialização paulista, além das condições climáticas. Serra (1992) afirma que a cultura cafeeira foi importante para a ocupação humana e econômica, fundamental para o desenvolvimento do Norte do Paraná.

Contudo, Moro (1988) enfatiza que, a partir da década de 1960, os produtores de café começaram a enfrentar problemas na sua comercialização e grande parte das lavouras foram dizimadas pela geada de 1975. A cultura cafeeira, em poucos anos depois das geadas de 1975, deu lugar às lavouras mecanizadas de soja, trigo e milho, que ocupou prioritariamente o Norte do Estado, enquanto que o Noroeste passou a ser ocupado por pastagens destinadas principalmente para a criação de gado de corte (MORO, 1995).

A implantação de culturas de caráter temporário, com elevada mecanização, em substituição às culturas permanentes, levou ao emprego de novas técnicas que se refletiram em modificações da organização social e econômica do quadro regional, que por sua vez se expressaram na organização do seu espaço (MORO, 1998; 2003).

Nesse sentido, a modernização agrícola favoreceu a redução da população rural e a intensificação do crescimento urbano (MORO, 1988). As populações desempregadas em virtude do processo de modernização da agricultura no Norte paranaense buscaram ocupações em pequenas cidades da rede urbana regional, em centros urbanos da região, como Maringá, Umuarama e Londrina (EDUARDO, 2012).

A bacia do rio Pirapó abrange 33 municípios. Segundo Terassi (2015), os municípios de pequeno porte inseridos nessa bacia possuem uma economia composta basicamente pelo setor primário (agropecuária), enquanto a economia dos municípios de médio porte está baseada no setor terciário (prestação de serviços). Segundo o autor, as cidades de Maringá, Colorado, Araçongas e Apucarana apresentam uma representativa parcela da economia controlada pelo setor secundário.

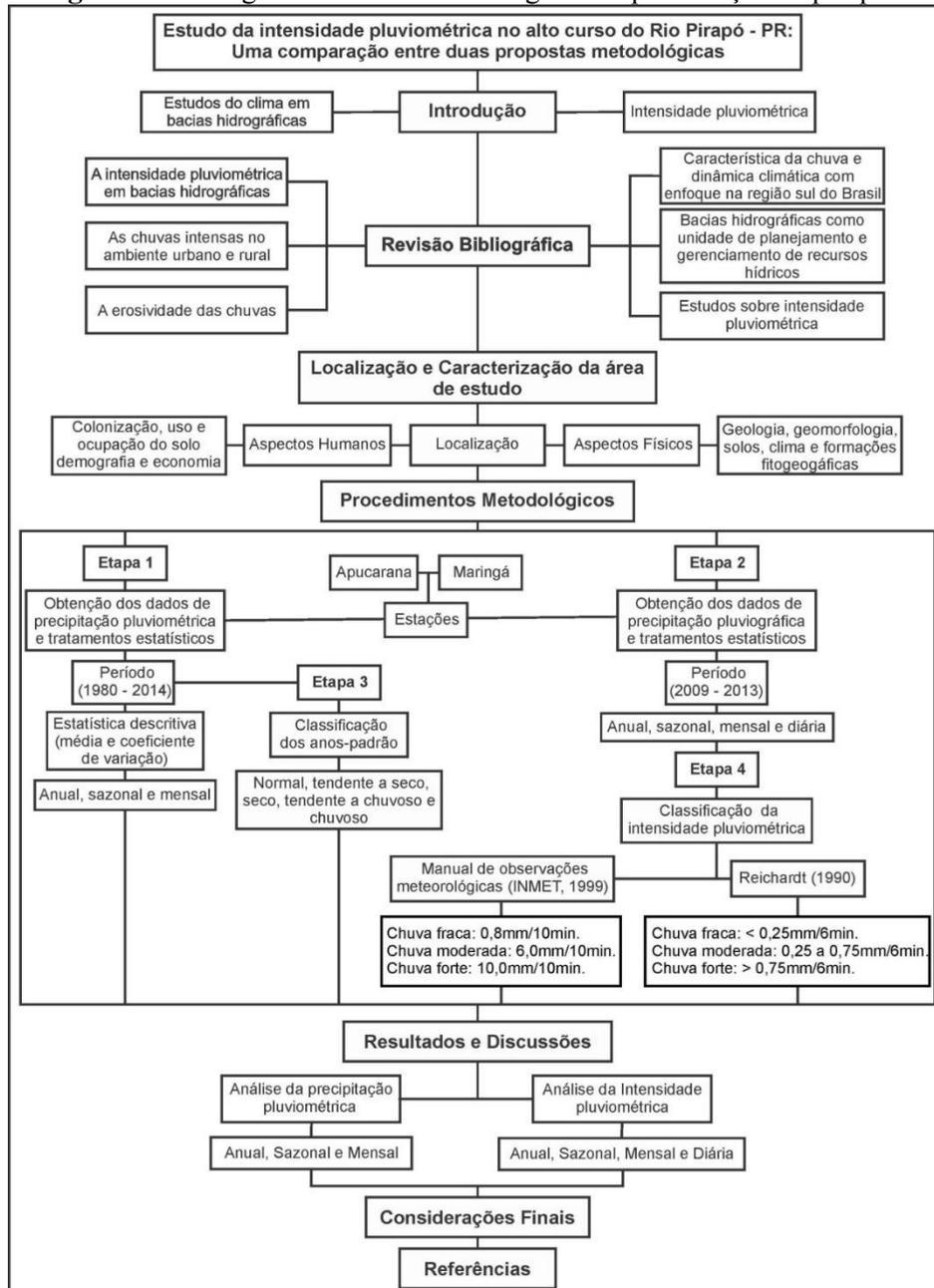
A mesorregião Norte Central Paranaense é a segunda mais importante do Estado do Paraná, no que tange à geração de riquezas, estando em sua frente apenas a mesorregião Metropolitana de Curitiba. Segundo a base de dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social do Paraná – IPARDES (2013), o PIB a preços correntes da mesorregião Norte Central foi de R\$ 35.462.456 mil.

De acordo com os dados do IBGE (2015), a população da região compreende 2.192.285 habitantes, sendo que 91,63% encontram-se na área urbana. Os municípios mais populosos nessa região são Maringá com 397.437 habitantes, Apucarana com 130.430, Araçongas 115.412, Sarandi 90.376, Astorga 25.976 e Colorado 23.678. As principais atividades produtivas destes municípios estão relacionadas ao setor rural, mais precisamente, com as agroindústrias.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Figura 2 representa o fluxograma teórico-metodológico que demonstra não só a estrutura da presente pesquisa e a sequência adotada, mas também a ligação entre a fundamentação teórica, o método, as escalas de análise e os resultados.

**Figura 2** - Fluxograma teórico-metodológico de apresentação da pesquisa



### 4.1 Obtenção dos dados de precipitação pluviométrica e tratamento estatístico

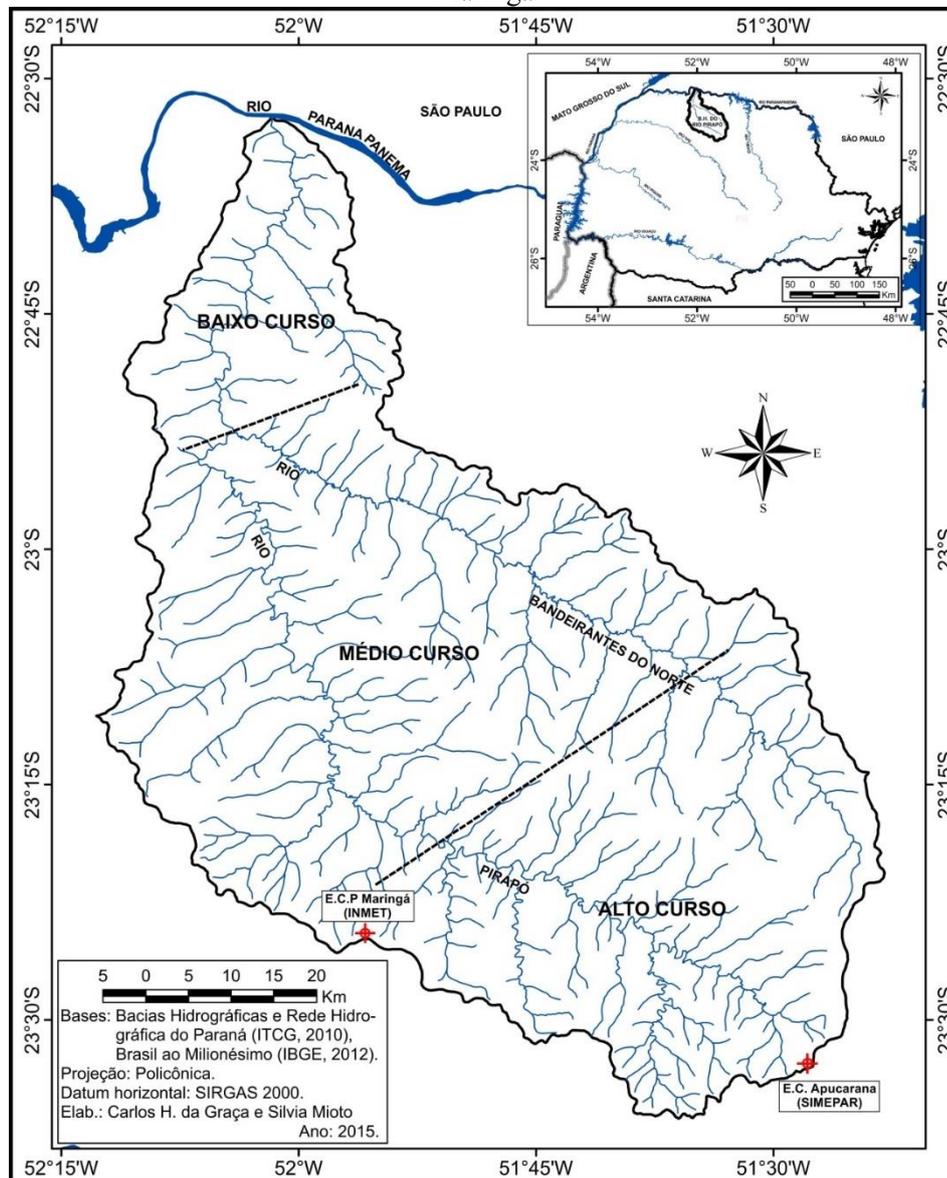
Para a caracterização das chuvas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapó, foram utilizados dados médios mensais de precipitação pluviométrica da estação

meteorológica de Apucarana e da estação meteorológica de Maringá, trabalhados no segmento temporal de 1980 a 2014. No **Quadro 1** e na **Figura 3**, constam as informações sobre a delimitação do alto curso da bacia, a localização geográfica, bem como a rede à qual pertence cada estação meteorológica utilizada como referência na presente pesquisa.

**Quadro 1** - Localização das estações meteorológicas no alto curso da bacia do rio Pirapó-PR.

Estação	Código ANEEL	Longitude (W)	Latitude (S)	Altitude (m)	Série (anos)
Apucarana/IAPAR	02351008	51°32'00''	23°30'00''	746	1980 - 2001
Apucarana/SIMEPAR	23515154	51°53'02''	23°51'75''	746	2002 - 2014
Maringá/INMET	083767	51°57'00''	23°25'00''	542	1980 - 2014

**Figura 3** - Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR e dos municípios de Apucarana e Maringá



Após a obtenção dos dados de precipitação das séries históricas das duas estações meteorológicas, foi realizado o tratamento estatístico utilizando como ferramenta a planilha eletrônica Excel 2010, por meio da qual se realizou o cálculo da média, desvio padrão e coeficiente de variação. Desse modo, foi possível verificar os valores médios para cada uma das estações, nas escalas de análise anual, sazonal e mensal.

O desvio padrão e o coeficiente de variação são índices que mostram a variabilidade dos dados analisados. O desvio padrão é uma medida de dispersão dos valores individuais em relação à média, e quanto maior esse índice tanto maior será a variabilidade. O coeficiente de variação é a medida equivalente ao resultado da divisão do desvio padrão pela média aritmética, cujo resultado mostra o quão maior ou menor o desvio padrão é em relação à média e, portanto, permite comparar os desvios-padrão de regiões com chuvas de diferentes magnitudes (ANDRIOTTI, 2003).

O cálculo do desvio de precipitação foi realizado por meio da seguinte equação (1):

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

Na qual: Dp = Desvio da precipitação em mm;

p = Precipitação do período anual, sazonal, mensal e diário em mm;

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

Após o cálculo do desvio da precipitação, determinou-se o coeficiente de variação do índice de chuva, por intermédio da equação (2):

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

Na qual: 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.

Para a escala anual, verificaram-se os anos com maiores e menores valores de média e coeficiente de variação, bem como a elaboração de gráficos para ambos os municípios. Para determinação do período sazonal, utilizou-se o ano civil e estabeleceu-se que os meses do verão compreendem a soma dos valores referentes a janeiro, fevereiro e março; o outono, por

sua vez, corresponde aos meses de abril, maio e junho; o inverno abrange os meses de julho, agosto e setembro e a primavera engloba os meses de outubro, novembro e dezembro.

Na escala mensal da série de 1980 a 2014, foram considerados os meses de janeiro a março e de outubro a dezembro para representar os meses mais chuvosos, ao passo que os meses de abril a agosto foram utilizados para demonstrar os menores valores de pluviosidade entre Apucarana e Maringá. Por outro lado, para caracterizar a precipitação pluviométrica da série de 2009 a 2013, foram elencados os meses de janeiro, fevereiro, junho, outubro e dezembro como os mais chuvosos, enquanto julho e agosto foram escolhidos para os meses mais secos.

#### **4.2 Obtenção dos dados de precipitação pluviográfica**

Para a análise da intensidade pluviométrica, foram utilizados dados diários de precipitação, do período de 2009 a 2013, das estações meteorológicas de Apucarana e Maringá. O critério utilizado para a escolha desse período para análise justifica-se pelos dados disponíveis, uma vez que os dados do pluviógrafo da estação de Apucarana, até o ano de 2001, apresentaram problemas em relação à qualidade, como a falta de troca do pluviograma pelo observador, borrões e falhas, principalmente em períodos de chuva, o que dificultaria a pesquisa.

A estação convencional de Apucarana pertencia à rede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e foi desativada em janeiro de 2002, fato que justifica a ausência de gráficos do pluviógrafo anterior a esta data. Assim, a partir do ano de 2002, a estação de Apucarana passou a pertencer à rede do SIMEPAR. Os dados de precipitação da estação meteorológica automática de Apucarana foram contabilizados, por meio do pluviômetro do tipo caçamba “Tipping Bucket”, modelo 5600-0425-2 da Sutron. Este aparelho é automático e registra a precipitação acumulada em um tempo definido de 15 minutos, por isso os dados foram obtidos em formato digital.

Dessa forma, foi possível obter os dados pluviográficos somente para a estação meteorológica de Maringá, localizada no campus sede da Universidade Estadual de Maringá, a qual possui registros em gráficos (pluviograma) do pluviógrafo de Lambrecht, modelo de sifão – 831 nos anos escolhidos para a análise.

No que se concerne à calibração dos aparelhos, os pluviômetros da estação meteorológica de Apucarana são recalibrados a cada um ano de uso em campo, porém quando o pluviômetro apresenta algum problema é retirado da estação e levado para o laboratório

para a verificação. Os pluviógrafos, por sua vez, são calibrados diariamente pelo observador, por meio de trabalho manual, no qual se troca o pluviograma às 9 horas e ajusta-se também o mecanismo do relógio que faz parte do aparelho.

De acordo com Varejão-Silva (1973), o pluviógrafo manual permite registrar a precipitação pluviométrica de forma detalhada, pois através do gráfico define-se a altura em milímetros (mm), a duração e a intensidade da precipitação em hora. No mecanismo de funcionamento do pluviógrafo, a água oriunda da área de capacitação é conduzida para o interior de um recipiente cilíndrico, dotado de uma bóia bastante leve, e à medida que a água vai sendo acumulada, a boia vai se elevando no interior do cilindro. O movimento da boia é transmitido à pena registradora, que o imprime sobre o diagrama: o pluviograma. Quando a água do recipiente atinge seu nível máximo, um sifão entra em funcionamento, esvaziando-o, o que provoca o retorno da pena para o nível zero da escala do pluviograma.

O pluviógrafo, além de indicar o total de precipitação caído num determinado intervalo de tempo, possui também a vantagem de informar os instantes iniciais e finais de cada precipitação e, portanto, sua duração respectiva; isso permite calcular a intensidade das precipitações com razoável grau de segurança e impedem erros devido à evaporação, pois o registro é efetuado durante a precipitação (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 356).

Depois de ter acesso aos dados de precipitação das estações meteorológicas, foram analisadas as planilhas e os pluviogramas, sendo digitado o dia em que ocorreu a precipitação, o horário, a duração e sua respectiva intensidade, para posteriormente, classificá-la nas escalas anuais, sazonais, mensais e diária.

### **4.3 Caracterização dos anos-padrão**

De acordo com Silvestre, Sant'Anna Neto e Flores (2013), a técnica de definir os anos do período de estudo em anos-padrão é comumente empregada com objetivo de separar anos que apresentem características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que esses possam ser considerados como um grupo com características semelhantes e, posteriormente, eleger um ano-padrão para representar cada grupo.

Para Monteiro (1973), os anos-padrão são amostras verdadeiras dos diferentes tipos de tempo ocorridos sobre um dado local ou região e revelam os encadeamentos rítmicos que os diversos sistemas atmosféricos produzem.

Tendo em vista que no Brasil, as características climáticas predominantes são do tipo tropical, é compreensível que a chuva seja o elemento climático com melhor capacidade de

traduzir as variações presentes num dado ano, ou as que se alternam de um ano para outro, seja ele um ano civil, agrícola, ou relativo a qualquer outra convenção periódica (BARROS e ZAVATTINI, 2009).

Assim, partindo do pressuposto que a precipitação é um elemento climático muito variável no tempo e no espaço e que a caracterização do seu padrão pluviométrico é fundamental para o planejamento de muitas atividades socioeconômicas, optou-se pela aplicação da metodologia de anos-padrão estabelecida por Monteiro (1976), para a série histórica de 1980 a 2014 das estações meteorológicas de Apucarana e Maringá, nas escalas mensal, sazonal e anual.

Monteiro (1976) classifica a precipitação em cinco categorias hierárquicas de anos-padrão, baseados em desvios em relação à média local, como pode-se observar no **Quadro 2**.

**Quadro 2** – Classe de anos-padrão, segundo Monteiro (1976).

	Seco - desvios negativos inferiores a 30,1%;
	Tendente a Seco - desvios negativos de 15,1% a 30%;
	Normal - apresenta anomalias entre 15% positivas e 15% negativas;
	Tendente a Chuvoso - desvios positivos de 15,1% a 30%;
	Chuvoso - desvios positivos superiores a 30,1%.

#### 4.4 Classificação da intensidade pluviométrica

Embora existam diversas pesquisas sobre os elementos climáticos, a investigação sobre a precipitação deve ser constante, pois para muitos pesquisadores, é o elemento essencial para o entendimento do clima no Brasil e no mundo, capaz de caracterizá-lo em diversas escalas espaciais.

Nesse sentido, cabe ressaltar a necessidade de se estudar a precipitação, a partir da escala diária, pois esta escala de análise fornece maiores subsídios em relação à estrutura da precipitação e sua relação com a dinâmica climática. Segundo Martín-Vide (2004), em climatologia, os dados diários são fundamentais para a qualidade da investigação, uma vez que fornecem referências que admitem conhecer a estrutura temporal dos fenômenos.

Segundo Sant'Anna Neto (2013, p. 60), “a partir dos estudos de Monteiro, é que se observa a preocupação da análise do tempo através do seu encadeamento, ou seja, através da escala diária, sendo a única estratégia possível para conciliar a compreensão dos mecanismos atmosféricos com as possibilidades de entendimento do papel do clima como fenômeno geográfico e, conseqüentemente, a interferência nas atividades humanas e na organização do espaço”.

Dessa forma, a presente pesquisa aborda duas metodologias para a classificação da intensidade pluviométrica nessa escala de análise. A primeira refere-se à técnica descrita no Manual de Observações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (1999), que classifica a precipitação em:

- **Chuvisco inapreciável:** precipitação constituída por gotículas tão pequenas que parecem flutuar no ar, e quando atingem o solo não o umedecem completamente.
- **Chuvisco fraco:** precipitação de no máximo 0,3 mm por hora e visibilidade superior a 1.000 metros.
- **Chuvisco moderado:** precipitação de 0,3 a 0,5 mm por hora e visibilidade entre 500 a 1.000 metros.
- **Chuvisco forte:** precipitação de 0,5 mm por hora e visibilidade inferior a 500 metros. Quando a precipitação exceder de 1,0 mm por hora considera-se chuva.
- **Chuva inapreciável:** precipitação, cuja quantidade não dá para ser acusada nos pluviógrafos, porque não é acumulada, ou porque uma evaporação ativa nesse aparelho a faz desaparecer. Deve ser informado apenas o início do período da ocorrência do fenômeno.
- **Chuva fraca:** precipitação de 1,1 mm por hora até 5,0 mm ou no máximo 0,8 mm em 10 minutos. As gotas da chuva são bem destacadas; os pingos nos telhados fracos, poças d'água formam-se lentamente; as superfícies secas levam cerca de dois minutos para umedecerem; fios d'água correm nas sarjetas das ruas.
- **Chuva moderada:** precipitação de 5,1 mm até 60,0 mm por hora ou no máximo de 6,0 mm em 10 minutos. As gotas de chuva identificam-se bem e ao encontrarem superfícies duras provocam borrifos; o escoamento das águas nas calhas dos telhados vai de um terço a mais da metade de sua capacidade; a queda das chuvas nos telhados provoca ruídos assemelhados a desde um simples chiado até um bater de tambores.
- **Chuva forte:** precipitação acima de 60,0 mm por hora, ou de até 10,0 mm em 10 minutos. A chuva cai torrencialmente e todas as demais características são mais acentuadas que as indicadas para chuva moderada.

A segunda metodologia utilizada para classificar a intensidade das chuvas foi a proposta por Reichardt (1990) que considera:

- **Chuva fraca:** considera a intensidade inapreciável aquela precipitação de até 2,5 mm por hora (máximo 0,25mm em 6 minutos). Constitui-se de gotas isoladas, facilmente identificáveis; não se observa respingos sobre pavimentos, telhados ou demais superfícies secas. Pingos ou pequenos filetes caem dos telhados ou calhas. Quando a precipitação é uniforme, de gotículas de diâmetro inferior a 0,5 mm e muito numerosas, ela é denominada “garoa”.
- **Chuva moderada:** é aquela precipitação que varia entre 2,5 a 7,5 mm por hora (0,25 a 0,75 mm em 6 minutos). Caracteriza-se por gotas isoladas e são dificilmente observáveis; é possível visualizar pequenos respingos sobre as superfícies planas e formação relativamente rápida de poças d’água.
- **Chuva forte:** nessa classe, a precipitação é superior a 7,5 mm por hora (mais de 0,75 mm por 6 minutos). A chuva parece cair em lençóis, não sendo possível identificar gotas isoladas; observam-se respingos grandes que se elevam bastante das superfícies planas. Há formação rápida de poças d’água e a visibilidade é prejudicada.

Tendo em vista que a quantidade e intensidade da chuva variam dentro de um dia, de dia para dia, mês para mês e ano para ano, o emprego das metodologias expostas justifica-se pelo fato de que o entendimento da intensidade pluviométrica fornece subsídios ao conhecimento da sua estrutura e dinâmica, podendo contribuir para a solução de problemas gerados pelos impactos da chuva.

Assim, a partir da análise comparativa dos valores diários de intensidade adotados, pode-se definir se, na área de estudo, o emprego de diferentes valores de intensidade proposto em ambas as metodologias fornece resultados distintos, ou se há coerência entre elas. Outro questionamento a ser esclarecido refere-se às possíveis contribuições das metodologias apontadas para o entendimento dos danos causados pelas precipitações intensas; questiona-se, ainda, qual seria a metodologia mais adequada para o planejamento e gestão ambiental, além das atividades econômicas, obras de engenharia e atividades de manejo e uso do solo realizado na bacia hidrográfica. Salienta-se ainda que, embora a metodologia do Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999) classifique também o chuvisco, serão utilizadas, nesta pesquisa somente as classes de intensidade fraca, moderada e forte, a fim de uniformizá-la com a de Reichardt (1990). No **Quadro 3**, é possível reconhecer de maneira clara as classes de intensidade e seus respectivos valores utilizadas na presente pesquisa.

**Quadro 3** – Classes de intensidade pluviométrica, segundo a metodologia do INMET (1999) e Reichardt (1990).

Classe de intensidade		Manual de Observações Meteorológicas INMET (1999)	Reichardt (1990)
	Chuva Fraca	0,8 mm/10 minutos	< 0,25 mm/6 minutos
	Chuva Moderada	6,0 mm/10 minutos	0,25 a 0,75 mm/6 minutos
	Chuva Forte	10,0 mm/10 minutos	> 0,75 mm/6 minutos

Para classificar as chuvas intensas da estação de Maringá, o cálculo limitou-se ao período de tempo em que ocorreram as precipitações no gráfico. O tempo de 10 minutos foi fixado para classificar as intensidades das precipitações fracas, moderadas e fortes, conforme proposto pelo Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999).

Depois da análise dos eventos de precipitação no pluviograma, foi empregada a estatística descritiva para todos os dados obtidos. Dessa forma, aplicou-se uma equação aritmética simples em planilha eletrônica, considerando para classificação o intervalo de 10 minutos entre o pico de precipitação e o tempo que levou para ser atingido, equação (3).

$$IP = P * 10 / T_p \quad (3)$$

Em que: IP = é a Intensidade da precipitação;

P = é o Pico de precipitação (mm);

T<sub>p</sub> = é o Tempo de duração até atingir o pico de precipitação, e

10 = é o intervalo em minutos.

Como os dados de precipitação para a estação de Apucarana apresentavam-se em um total acumulado no tempo de 15 minutos, a classificação da intensidade das chuvas baseou-se em empregar a mesma equação aritmética utilizada para Maringá, mas com a mudança no tempo de duração da precipitação. Ou seja, levou-se em consideração o fato de que os picos de chuva ocorreram somente no tempo de duração de 15 minutos, e não em um tempo variável, conforme o registro da precipitação no pluviograma da estação de Maringá. Dessa forma, utilizou-se a seguinte equação (4):

$$IP = P * 10 / 15 \quad (4)$$

Em que: IP = é a intensidade da precipitação;

P = é o total acumulado de precipitação (mm);

15 = é o tempo de duração registrado, e  
10 = é o intervalo em minutos.

O cálculo para a obtenção da intensidade proposta por Reichardt (1990) seguiu o mesmo critério da classificação anterior, a partir do emprego de uma equação aritmética simples em planilha eletrônica. De acordo com a metodologia, foi considerado o intervalo de 6 minutos entre o pico de precipitação e o tempo que levou para ser atingido, equação (5).

$$IP = P * 6 / T_p \quad (5)$$

Em que: IP = é a intensidade da precipitação;

P = é o pico de precipitação (mm);

T<sub>p</sub> = é o tempo de duração até atingir o pico de precipitação;

6 = é o intervalo em minutos.

Após a classificação da intensidade pluviométrica, foi realizada a análise dos resultados obtidos em ambas as metodologias, sendo representados graficamente nas escalas anual, sazonal, mensal e diária.

Nas escalas anual e sazonal, procurou-se analisar o número de ocorrência das classes de intensidade para os anos de 2009 a 2013, assim como a relação com o padrão pluviométrico obtido através da técnica dos anos-padrão.

A análise da intensidade na escala mensal foi realizada a partir das classes de intensidade fraca, moderada e forte. Para a classe de intensidade fraca, abordaram-se os meses de janeiro, fevereiro, abril, junho e outubro como mais representativos e agosto e setembro como os mais secos.

Na classe de intensidade moderada, foram expostos os mesmos meses da intensidade fraca como mais chuvosos, enquanto março e agosto apresentaram-se como os meses mais secos para Apucarana, paralelamente aos meses de abril e agosto para Maringá. O critério para a definição desses meses foi o valor da média mensal dos municípios de Apucarana e Maringá no período de 2009 a 2013.

A partir da observação do número de ocorrências, houve diferenças entre os meses mais representativos para a intensidade forte entre Apucarana e Maringá. Assim, foram analisados os meses de janeiro, fevereiro e dezembro para o município de Apucarana e

fevereiro, março e outubro para Maringá. Os meses de julho e agosto foram considerados como mais secos em ambos os municípios.

Para a análise na escala diária foi escolhido o mês de dezembro de 2009, por apresentar um padrão “chuvoso” na escala mensal tanto para Apucarana quanto para Maringá, fato que permitiu reconhecer de forma mais pontual as classes de intensidade, sua distribuição e variação ao longo dos dias e do mês, bem como a distinção entre os dois municípios com o mesmo padrão pluviométrico.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracterização da precipitação pluviométrica nas escalas anual, sazonal e mensal, no período de 1980 a 2014, em Apucarana e Maringá-PR

#### 5.1.1 Escala anual

As **Figuras 4A** e **4B** apresentam a distribuição anual da precipitação nas áreas estudadas. Pode-se verificar que, em Apucarana (**Figura 4A**) com média histórica de 1.608,1 mm, a precipitação foi mais elevada nos anos de 1980, 1983, 1997, 1998, 2009 e 2013, quando aos totais anuais foram superiores a 2.000 mm. Os anos 1985, 1988, 2005, 2006 e 2008 apresentaram os menores valores de precipitação total anual durante a série histórica com 1.187,2 mm, 1.295,0 mm, 1.271,0 mm, 1.561 mm e 1.279,4 mm, respectivamente.

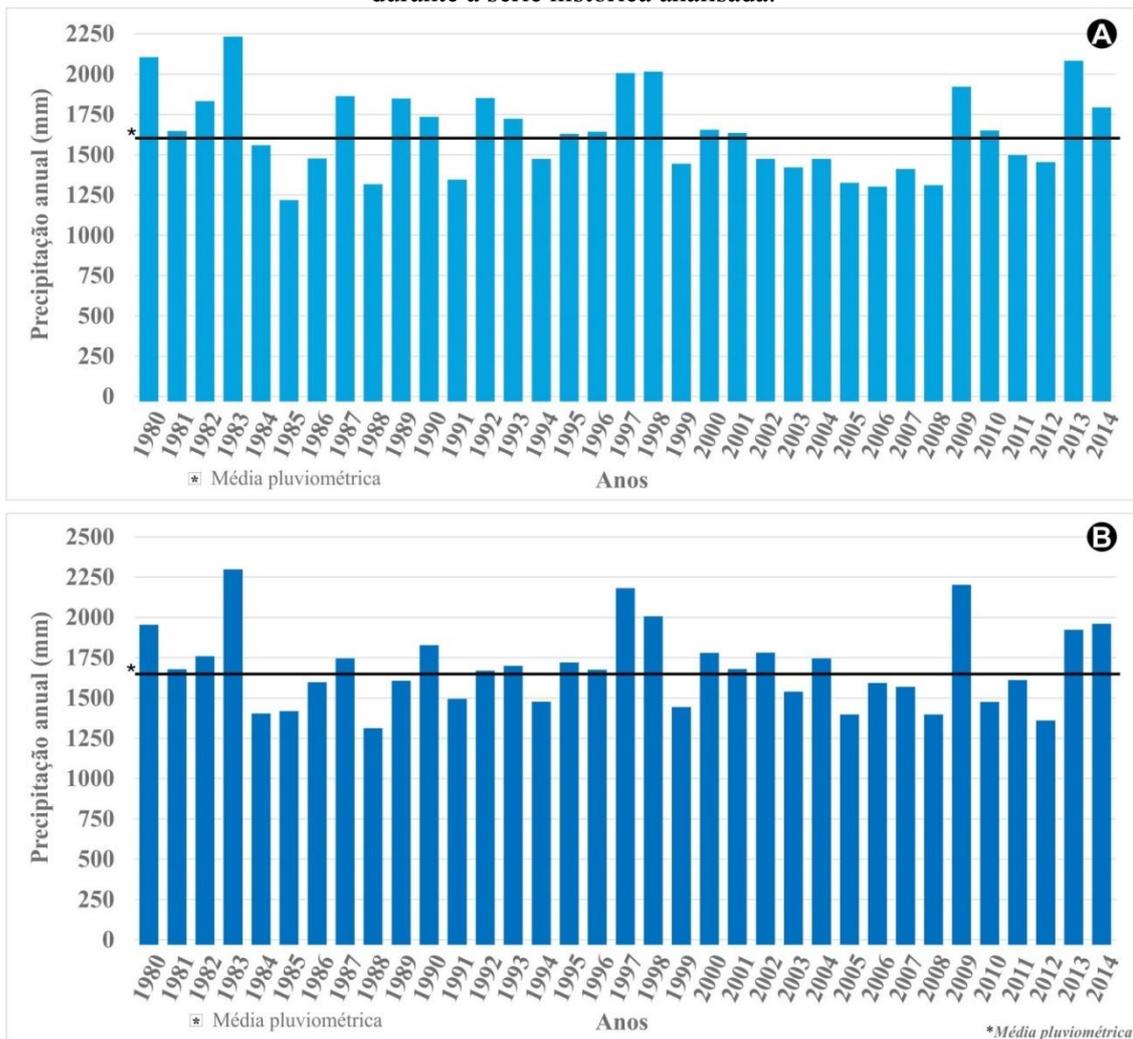
Ao analisar a precipitação de Maringá (**Figura 4B**) com média anual de 1.654 mm ao longo da série histórica, nota-se que somente os anos 1983, 1997 e 2009 apresentaram totais anuais superiores a 2.000 mm. Contudo, é possível perceber que não há anos com precipitação inferior a 1.250 mm, com destaque para os anos de 1988 e 2012 que apresentaram os menores valores, 1.280,6 mm e 1.329,0 mm respectivamente.

Os resultados de Baldo, Dziulbate e Galiani (2012) revelam a variabilidade da precipitação em escala anual para a área da bacia do rio Pirapó, tanto para a média pluviométrica acima de 1.600 mm, quanto para os anos de precipitação superior a 2.000 mm. Para os autores, os anos em que se registraram os maiores valores médios de pluviosidade na bacia foram 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009. Já os anos em que se registraram as menores médias anuais foram 1978, 1984, 1985 e 1988. Contudo, Terassi, Silveira e Graça (2014) argumentam que a diferença na distribuição da precipitação deve-se ao fato desta estar localizada numa área de transição climática.

Ao comparar os dois municípios, verifica-se que tanto Apucarana quanto Maringá apresentaram 19 anos ao longo da série com valores de precipitação anual superior a média anual de 1.608,1 mm e 1.654 mm, respectivamente. Coincidentemente, os anos 1980, 1983, 1997, 2009 e 2013 revelaram elevados totais anuais de pluviosidade. Ainda assim, Apucarana apresentou dois anos (1980 e 2013) a mais, com precipitação acima de 2.000 mm. Em contrapartida, demonstrou três anos (1985, 2005 e 2006) com precipitação inferior aos dois anos com menos precipitação em Maringá (1988 e 2012), o que denota maior variabilidade anual em Apucarana.

Em relação à média pluviométrica, verifica-se que o resultado encontrado é semelhante aos estudos de Terassi (2012), o qual verificou que a média pluviométrica no alto curso da bacia do rio Pirapó é superior a 1.660,0 mm. Esse valor também foi semelhante ao encontrado por Ribeiro (1987), demonstrando a variação de 1.700,0 mm de precipitação pluviométrica para o mesmo setor da bacia.

Figura 4 - Distribuição da precipitação pluviométrica anual para Apucarana (A) e Maringá (B), durante a série histórica analisada.



A **Tabela 1** apresenta os anos-padrão na escala anual para Apucarana e Maringá, respectivamente. O padrão anual de Apucarana mostra que houve predomínio de anos com padrão “normal” ao longo da série, totalizando 19 ocorrências, seguido pelos anos de padrão “tendente a seco” com 7 anos, “tendente a chuvoso” com 6 anos e somente 3 anos com padrão “chuvoso”. No que se refere à Maringá, há 19 ocorrências do padrão “normal”, 9 de “tendente a seco”, 5 de “tendente a chuvoso” e 2 anos com padrão “chuvoso”. Não houve ocorrências de padrão “seco” para os dois municípios, entretanto, os dados apresentados anteriormente

demonstram que Apucarana apresenta uma leve tendência a ter períodos mais chuvosos que Maringá.

**Tabela 1** - Ano-Padrão em escala anual, para Apucarana e Maringá, durante a série histórica analisada.

Apucarana		Maringá	
Ano	Coefficiente de Variação (%)	Ano	Coefficiente de Variação (%)
1980	35,3	1980	16,9
1981	-7,6	1981	-7,5
1982	18,5	1982	8,3
1983	37,8	1983	36,6
1984	-2,3	1984	-15,8
1985	-28,6	1985	-20,2
1986	0,7	1986	-2,1
1987	15,1	1987	3,7
1988	-23,8	1988	-27,6
1989	20,6	1989	4,1
1990	25,7	1990	21,3
1991	-19,7	1991	-17,5
1992	16,4	1992	4,7
1993	0,0	1993	-3,0
1994	-14,8	1994	-17,2
1995	-7,9	1995	-5,0
1996	-8,5	1996	-7,6
1997	20,1	1997	24,5
1998	33,2	1998	26,8
1999	-13,6	1999	-16,7
2000	4,7	2000	13,5
2001	0,8	2001	2,7
2002	-3,9	2002	4,8
2003	-14,4	2003	-10,6
2004	-8,5	2004	7,7
2005	-25,0	2005	-19,4
2006	-25,7	2006	-11,4
2007	-8,7	2007	-6,3
2008	-8,1	2008	-1,2
2009	23,0	2009	33,6
2010	-4,1	2010	-19,8
2011	-4,8	2011	-1,0
2012	-11,8	2012	-20,2
2013	27,5	2013	14,9
2014	15,5	2014	21,6

Classificação ano-padrão	Ocorrências			
	Apucarana		Maringá	
	Num.	%	Num.	%
 Seco	0	0,0	0	0,0
 Tendente a Seco	5	14,3	9	25,7
 Normal	18	51,4	19	54,3
 Tendente a Chuvoso	9	25,7	5	14,3
 Chuvoso	3	8,6	2	5,7
Pluviosidade média (mm)	1.608,1		1.654	

Pode-se perceber que o ano de 1983 coincidiu com o mesmo padrão “chuvoso” para ambos os municípios, assim como os anos de 1985, 1988, 1991, 1994 e 2005 apresentaram o

mesmo padrão “tendente a seco” e grande parte de anos com padrão “normal”, tais como os anos de 1981, 1992, 2002 e 2013 para ambos os municípios.

Em relação ao coeficiente de variação, nota-se que os maiores valores acima da média em Apucarana são representados pelos anos 1980, 1983 e 1998 com 32,7%, 33,7% e 31,5%, respectivamente; já os maiores valores de coeficiente abaixo da média foram identificados em 1985 com -29,9%, 2005 com -25,8% e 2006 com -27,1%. Em Maringá verifica-se que, em 1983 e 2009, os coeficientes de variação foi de 34,3% e 33,8% acima da média, enquanto 1988 e 2012 foram identificados com maior variação inferior à média, com -29,0% e -21,9%, respectivamente.

A partir desses valores, considera-se que, na escala anual, a variabilidade do coeficiente de variação é semelhante para os dois municípios, porém verifica-se que Apucarana apresenta maiores valores negativos e positivos de coeficiente de variação em relação à Maringá. Resultados semelhantes foram também observados por Souza, Martins e Nery (2002), que consideram que a área de estudo não possui grande variação da precipitação, pois os valores médios são aproximados.

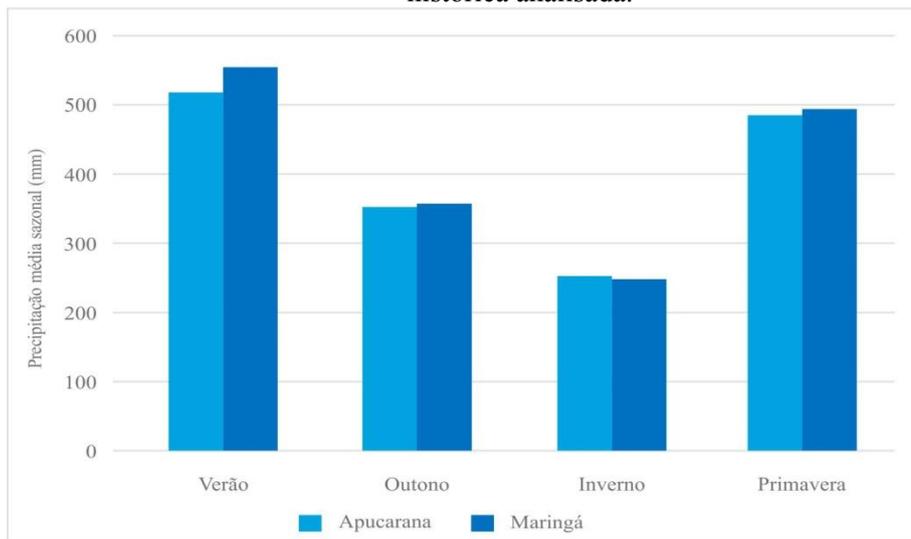
### 5.1.2 Escala sazonal

A **Figura 5** apresenta a distribuição sazonal da precipitação para as áreas estudadas. Percebe-se que em Apucarana as estações do verão e primavera concentram maiores volumes de precipitação, com um total no verão de 518,0 mm e 485,1 mm na primavera. Verifica-se que o outono caracteriza-se por ser uma estação de transição, totalizando 352,5 mm, ao passo que o inverno é a estação mais seca com 252,5 mm. Nota-se que o valor de precipitação durante o verão e primavera em Maringá é de 554,6 mm e 494,1 mm, demonstrando-se levemente superior ao registrado em Apucarana. O outono e o inverno também apresentaram características semelhantes às de Apucarana com valores médios de 357,4 mm e 247,9 mm, respectivamente.

Ao analisar a variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR, Correa (2013) verificou que a estação da primavera destacou-se pela maior média pluviométrica de 537,1 mm durante o período de 1976 a 2010, seguida pelo verão com 467,7 mm, o outono com 414,1 mm e, por fim, o inverno como a estação menos chuvosa com 327,1 mm. No que diz respeito à bacia do rio Ivaí-PR, no período de 1976 a 2001, Baldo (2006) verificou que, durante o verão, os valores de precipitação foram superiores a 550,0 mm, enquanto na primavera os valores foram maiores que 500,0 mm; já no outono e no inverno

houve significativa redução da precipitação na bacia do rio Ivaí, embora os valores observados tenham sido maiores que 450,0 mm no outono e 390,0 mm no inverno. Nota-se, portanto, que tais estudos indicam características semelhantes aos resultados encontrados no que se refere à concentração de maiores valores de precipitação durante o verão e a primavera e os menores valores nas estações do outono e inverno, denotando variação da precipitação.

**Figura 5** - Precipitação pluviométrica em escala sazonal, para Apucarana e Maringá, durante a série histórica analisada.



As **Tabelas 2 e 3** representam o ano-padrão na escala sazonal para Apucarana e Maringá, respectivamente. A partir da análise da **Tabela 2**, observa-se que em Apucarana há o predomínio de anos-padrão “normal” nas estações do verão e primavera, porém, a primavera apresenta uma quantidade significativa de anos-padrão “tendente a seco”. As estações do outono e inverno possuem maiores quantidades de anos-padrão “seco” e “tendente a seco”, o que demonstra que são estações com menores valores de precipitação.

Ao todo, somaram-se 59 ocorrências com padrão “normal” em Apucarana, seguido pelo padrão “seco” com 26 ocorrências, o padrão “chuvoso” com 25, o padrão “tendente a seco” com 21 e o padrão “tendente a chuvoso” com 9 ocorrências. Percebe-se que os padrões “normal” e “seco” predominaram no inverno, mas houve também 9 invernos chuvosos durante os anos de 1980, 1983, 1989, 1990, 1998, 2000, 2002, 2009 e 2014, de modo que o inverno do ano de 1990 apresentou uma variação superior a 120% em relação aos outros anos nesta mesma estação.

O coeficiente de variação sazonal indica as estações com maior variação do conjunto de dados registrados em relação à média. Na **Tabela 2**, se observa que os valores negativos do

coeficiente de variação em Apucarana no verão ocorreram nos anos de 2002 e 2004, sendo estes -44,8% e -50,5%; já os valores positivos mais elevados ocorreram nos anos de 1995 e 2013 com 40,2% e 45,3%.

**Tabela 2 - Ano-Padrão sazonal para Apucarana durante a série histórica analisada.**

Ano	Coeficiente de Variação (%)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1980	39,2	14,6	39,7	23,0
1981	-2,5	-16,8	-82,3	59,4
1982	-28,2	1,18	10,3	63,6
1983	15,6	104,1	38,0	10,1
1984	0,1	-22,3	22,7	-12,2
1985	-18,6	-1,9	-58,9	-34,8
1986	-6,9	-1,4	6,0	-28,1
1987	-13,8	89,0	-26,5	10,0
1988	-30,5	43,7	-82,7	-22,5
1989	27,7	-18,4	46,3	2,8
1990	-3,4	-19,5	123,5	-26,9
1991	-33,5	-15,3	-43,0	8,8
1992	-9,7	76,4	18,4	-10,9
1993	-2,3	0,8	13,1	12,2
1994	9,7	8,6	-66,0	-16,4
1995	40,2	-48,9	3,2	-11,3
1996	14,6	-59,4	-40,8	49,4
1997	34,9	73,5	-42,3	7,1
1998	17,4	17,3	91,6	-1,3
1999	14,3	-10,0	-21,2	-37,2
2000	12,2	-52,1	54,4	-0,3
2001	7,8	6,3	-1,3	-13,3
2002	-44,8	-8,2	31,6	3,4
2003	2,1	-37,0	-7,6	-16,3
2004	-50,5	41,2	-45,7	13,7
2005	-2,8	-44,7	-13,7	-21,9
2006	-10,0	-73,2	-5,0	-2,9
2007	13,3	-53,5	14,4	-30,0
2008	-15,0	-23,9	5,2	-37,1
2009	-18,9	-35,1	73,1	66,0
2010	16,6	-38,6	-7,9	16,7
2011	12,4	-30,9	-19,2	-10,0
2012	-29,2	53,8	-65,1	-12,1
2013	45,3	92,9	-20,8	-13,5
2014	-2,6	-11,9	58,6	12,8

Classificação ano-padrão	Ocorrências									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	%
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%		
<b>Seco</b>	4	11,4	10	28,6	9	25,7	3	8,6	26	18,6
<b>Tendente a Seco</b>	4	11,4	6	17,1	4	11,4	7	20,0	21	15,0
<b>Normal</b>	19	54,3	10	28,6	11	31,4	19	54,3	59	42,1
<b>Tendente a Chuvoso</b>	4	11,4	1	2,9	2	5,7	2	5,7	9	6,4
<b>Chuvoso</b>	4	11,4	8	22,9	9	25,7	4	11,4	25	17,9
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	518		352,5		252,5		485,1		1.608,1	

No outono, verificou-se que o ano de 1983 apresentou maior variação positiva em relação à média, com 104,1%, enquanto que 2013 com 92,9% e os anos de 1996 e 2006 indicaram maior variação abaixo da média com -59,4% e -73,2%, respectivamente. Mesmo sendo caracterizado como uma estação com padrão “seco”, o inverno de Apucarana demonstrou valores elevados de coeficiente de variação positivo de 91,6% em 1998 e 123,5% em 1990, além de uma variação inferior à média com os valores de -82,3% em 1981 e -82,7% em 1988; a estação primavera, por sua vez, revelou variação positiva de coeficiente acima da média em 1982 e 2009 com 63,6% e 66,0%, respectivamente, e valores abaixo da média em 1999 e 2008 com -37,2% e -37,1% (**Tabela 2**).

Ao analisar a precipitação de Maringá (**Tabela 3**), verificaram-se características semelhantes às encontradas em Apucarana, com predomínio do padrão “normal”, “seco” e “chuvoso”, que correspondem a um total de 50, 29 e 24 ocorrências, respectivamente. Verifica-se também que, em Maringá, a ocorrência do padrão “normal” é dominante no verão e na primavera, ao passo que outono e inverno são as estações com padrão “seco”, apesar de haver anos com padrão “chuvoso” nestas estações, como é o caso de 1990. É possível perceber que a precipitação é bem marcada durante o verão e a primavera em Apucarana e Maringá, contudo, podem ocorrer variações importantes durante o outono e o inverno.

Andrade (2009) pontua que os valores pluviométricos em Maringá são sensivelmente maiores que os ocorridos em Apucarana durante as estações de verão e primavera, porém no outono e inverno há uma pequena inversão, em que ocorre o aumento da umidade em Apucarana.

No que se refere aos valores de coeficiente de variação, constata-se que em Maringá (**Tabela 3**), os valores de coeficiente de variação elevados ocorreram nos verões de 1997 e 2011, com 50,9% e 34,8%, ao passo que os maiores valores abaixo da média ocorreram em 1982 e 2004, com -35,6% e -45,6% respectivamente. No outono de Maringá os anos de 1983 e 2013 apontaram as maiores variações acima da média com 107,4% e 73,5% e, em contrapartida, com os anos de 2000 e 2010 cujos maiores valores abaixo da média foram de -50,6% e -60,0% reciprocamente.

O inverno distinguiu-se por demonstrar muitos anos com valores de coeficiente acima da média, em especial os anos de 1990 e 1998, nos quais os maiores valores foram 105,0% e 98,4%; já a maior variação abaixo da média corresponde aos anos de 1981 com -75,8% e 1988 com -86,1%. Na estação primavera, 1982 e 2009 marcaram uma variação positiva de 73,1% e 80,8% acima da média, em contraste aos de 1985 e 1990, em que os valores foram de -48,2% e -46,7%, respectivamente.

Ao estudarem a variação da precipitação na região sul do Brasil, com base no cálculo de desvios-padrão, Viana, Ferreira e Conforte (2011) verificaram que os maiores desvios negativos superiores a -80% em relação à média ocorreram no extremo norte do Paraná durante o inverno. Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com a afirmação dos autores, para os quais a variação da precipitação tende a ser menor nas estações do verão e primavera e o oposto durante o outono e inverno. Esta característica também foi confirmada por Nery, Baldo e Klosowski (1997), que notaram maiores amplitudes a partir do coeficiente de variação, durante o inverno nas regiões nordeste e leste do estado do Paraná. Os altos desvios observados no extremo norte do PR decorrem, em grande parte, de episódios mensais de estiagens verificados nos meses de julho e agosto de 1988, bem como no mês de agosto dos anos de 1994, 1999, 2004 e 2007 (CLIMANÁLISE, 2009).

As características marcantes dos anos-padrão confirmam os estudos realizados por Baldo, Martins e Nery (2001), os quais destacam que, na região Sul, a dinâmica atmosférica é caracterizada por ser diferenciada entre período úmido e seco. De acordo com Nimer (1989), nos Estados do Paraná e Santa Catarina, durante a estação do verão, é comum a influência da massa de ar polar Atlântica e também o avanço das correntes perturbadas de oeste, o que pode gerar chuvas significativas.

Simões et al. (2016), por sua vez, caracteriza os períodos secos e úmidos como zonas climáticas e afirma que a continentalidade é o principal fator na distribuição da umidade. Porém, os Sistemas Frontais são responsáveis pelas principais convergências de umidade. Nesse sentido, Fedorova e Carvalho (2000) confirmam a atuação desses sistemas no sul do Brasil, associados aos eventos de El Niño e La Niña, que provocam mudanças no tempo de maneira direta e indireta. Para os autores, durante a atuação do El Niño, as frentes frias foram mais frequentes na região e nos anos de La Niña as frentes quentes foram maiores no inverno do que em outras estações.

Segundo Climanálise (2013), alguns fenômenos atmosféricos atuantes sobre a região Sul são fundamentais para a determinação da precipitação. Entre os mais importantes, além dos Sistemas Frontais, podem citar-se o jato subtropical e os Complexos Convectivos de Mesoescala. Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), de acordo com Nery (2005), atuam principalmente durante a primavera e o verão.

**Tabela 3** - Ano-Padrão sazonal para Maringá durante a série histórica analisada.

Ano	Coeficiente de Variação (%)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1980	19,1	8,5	31,4	11,1
1981	-25,0	0,5	-75,8	64,2
1982	-35,6	-16,2	-13,0	73,1
1983	20,8	107,4	34,6	5,6
1984	-28,5	-32,7	6,1	-4,5
1985	21,4	1,4	-61,4	-48,2
1986	15,3	-4,9	-6,7	-28,1
1987	-25,3	62,2	-35,2	13,3
1988	-20,5	10,1	-86,1	-16,7
1989	6,3	-25,9	58,8	-33,6
1990	13,6	10,5	105,0	-46,7
1991	-12,0	-7,1	-42,0	1,0
1992	-30,2	71,7	7,3	-24,8
1993	-12,1	8,2	5,0	7,8
1994	-5,2	3,4	-59,3	-9,0
1995	21,4	-39,1	13,7	4,3
1996	1,7	-15,3	-31,9	23,3
1997	50,9	51,1	-36,2	24,5
1998	6,6	25,5	98,4	-10,0
1999	-17,8	3,1	-38,4	-11,9
2000	17,5	-50,6	70,8	0,6
2001	-0,3	0,4	0,6	-1,4
2002	-15,7	-0,2	21,5	26,6
2003	25,8	-38,0	-6,5	-27,8
2004	-45,6	34,8	-21,1	48,8
2005	-26,6	-45,7	18,0	-4,4
2006	20,7	-64,5	39,1	-14,9
2007	13,4	-65,6	10,4	3,6
2008	-31,7	-16,1	23,6	-22,9
2009	10,9	-23,3	56,8	80,8
2010	1,5	-60,0	-17,1	8,0
2011	34,8	-32,6	-9,5	-25,7
2012	-30,7	45,8	-62,5	-33,1
2013	30,9	73,5	-32,4	-23,4
2014	30,3	19,8	34,1	-9,6

Classificação ano-padrão		Ocorrências									
		Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	%
		Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%		
	<b>Seco</b>	5	14,3	9	25,7	11	31,4	4	11,4	29	20,7
	<b>Tendente a Seco</b>	7	20,0	5	14,3	2	5,7	7	20,0	21	15,0
	<b>Normal</b>	11	31,4	12	34,3	10	28,6	17	48,6	50	35,7
	<b>Tendente a Chuvoso</b>	8	22,9	2	5,7	3	8,6	3	8,6	16	11,4
	<b>Chuvoso</b>	4	11,4	7	20,0	9	25,7	4	11,4	24	17,1
<b>Pluviosidade média (mm)</b>		554,6		357,4		247,9		494,1		1.654	

### 5.1.3 Escala mensal

Com a finalidade comparativa, as **Figuras 6A** e **6B** representam os valores médios mensais de precipitação para Apucarana e Maringá. Observa-se que a variação da precipitação caracteriza-se por apresentar meses com maior concentração e meses com significativa redução ao longo da série histórica de 1980 a 2014. Em relação à Apucarana (**Figura 6A**),

nota-se que os trimestres de janeiro a março e outubro a dezembro foram os mais chuvosos, pois a precipitação média superou 150 mm; ressalte-se que os meses de janeiro e fevereiro tiveram média mensal de 199,5 mm e 179,5 mm, respectivamente.

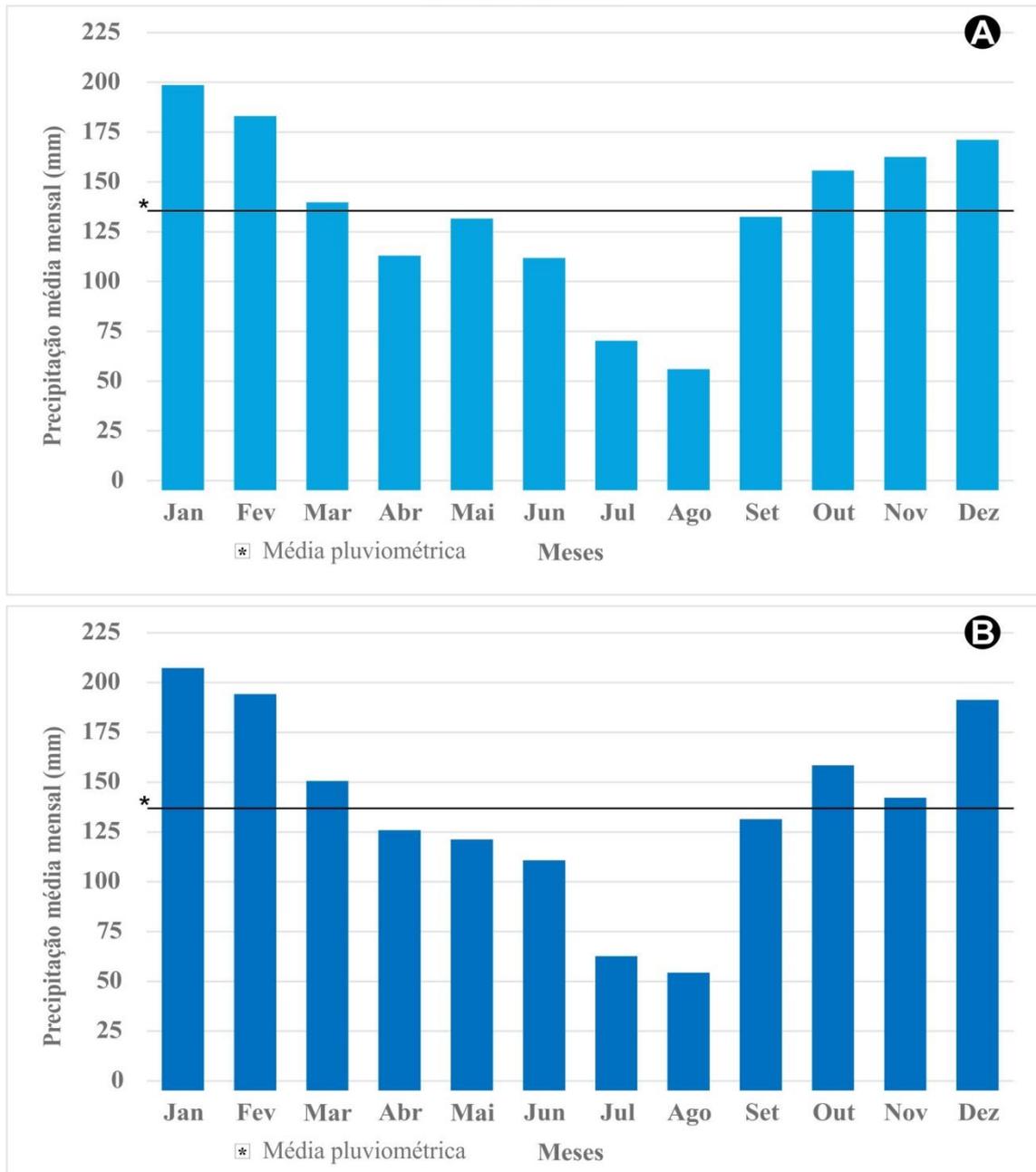
Em Maringá (**Figura 6B**), é possível perceber que há valores mensais superiores à Apucarana, nos meses de janeiro, março, junho, outubro e dezembro, sendo janeiro e dezembro os meses com maior média mensal de 207,5 mm e 192,9 mm, respectivamente. Durante os meses de abril a agosto ocorreu uma redução da pluviosidade, tanto para Apucarana quanto para Maringá, com exceção do mês de maio, de modo que os meses de julho e agosto representam a menor média durante a série histórica. Maio destaca-se por ser um mês de transição de estações, em que ocorre maior instabilidade provocada pelo encontro de massas de ar polar atlântica e tropical atlântica ou continental (TOMMASELLI, BALDO e SILVEIRA, 2004; TERASSI, 2014).

Em Apucarana (**Figura 6A**), o mês de julho obteve uma média de 70,2 mm e agosto 53,6 mm, enquanto em Maringá (**Figura 6B**), os mesmos meses apresentaram 66,7 mm e 52,1 mm de chuva. Essa característica de concentração e redução da precipitação é atestada por Baldo (2006), Borsato (2010) e Terassi (2015) como resultado da interação dos fluxos alternados de sistemas atmosféricos na região, ou seja, nos meses mais chuvosos há maior interação de sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais, que provocam aumento da pluviosidade. Consequentemente, nos meses de menor precipitação há a redução da atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais.

Anjos, Martins e Nery (2001) esclarecem que a variação da precipitação para a região norte do Paraná é mais marcada do que em outras regiões do estado. No entanto, os autores afirmam que a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, na região, provoca desvios positivos e negativos na precipitação, como é possível perceber nos anos de 1983, 1987 e 1997 para El Niño e 1985 e 1988 para La Niña.

As **Tabelas 4 e 5** destacam o padrão pluviométrico de Apucarana e Maringá. De forma geral, os dois municípios apresentam o padrão “seco” predominante, juntamente com o padrão “chuvoso”. Ao analisar a **Tabela 4** referente à Apucarana, verificam-se 150 ocorrências do padrão “seco”, 112 do padrão “chuvoso”, 76 ocorrências do padrão “normal”, 50 “tendente a seco” e 32 “tendente a chuvoso”, de maneira que os meses de maio a setembro apresentam predomínio do padrão “seco”, ao passo que os meses de janeiro, fevereiro e dezembro destacam-se pelo padrão “chuvoso”. Observou-se ainda que, no mês de dezembro, houve predomínio do padrão “chuvoso”, no início da série histórica, bem como no mês de fevereiro a partir de 1993.

**Figura 6** - Precipitação pluviométrica média para Apucarana (A) e Maringá (B) durante a série histórica analisada



Quanto aos resultados do coeficiente de variação da pluviosidade mensal em Apucarana (**Tabela 4**), verifica-se que no mês de janeiro, com média de 199,5 mm, os valores positivos foram superiores a 50% nos anos 1989, 1990, 1995, 2005 e 2010. Observa-se que o ano de 1992 apresentou maior coeficiente de variação negativo de precipitação ao longo da série. O mês de fevereiro, com média de 179,5 mm, caracteriza-se por valores de coeficiente de variação abaixo desta média, superiores a -50% nos anos de 1983, 1984, 1990, 1991, 2002, 2004 e 2005, embora haja predominância do padrão chuvoso para este mês. Os anos de 1997 e 2013 destacam-se por apresentar valor do coeficiente superior a 100% acima da média. Os

valores de coeficiente de variação positivo acima de 100% em relação à média de 139,0 mm, no mês de março, podem ser verificados em 1980 e 1983; já os anos de 1993, 1997 e 2002 apresentaram valores negativos superiores a -50% em relação à média.

No mês de abril, verifica-se menor variação da pluviosidade em relação à média de 112,5 mm, pois grande parte dos valores positivos e negativos do coeficiente de variação esteve abaixo de 50%. Somente o ano de 1998 apresentou valor positivo superior a 150%, enquanto os anos de 1982, 2000, 2002 e 2009 foram representativos com anomalias negativas acima de -60% deste parâmetro.

O mês de maio, com média pluviométrica de 128,1 mm, aponta valores positivos de coeficiente acima de 100% em 1983, 1987, 1988, 1992, 2002 e 2004; em comparação ao mês de abril, verifica-se que mesmo apresentando um padrão de precipitação seco, houve valores significativos de pluviosidade em maio. Em junho percebe-se maior proporção de valores negativos de coeficiente de variação até -100%, porém, em 1982, 1983, 1997, 2012 e 2013 houve valores positivos superiores a 140% em relação à média de 112,0 mm.

O mês de julho assinala que os valores negativos de coeficiente de variação não superaram -100% em relação à média de 70,2 mm, exceto o ano de 1988. Ao contrário, os valores positivos de coeficiente em 1982, 1990, 2007 e 2009 foram superiores a 150%. Agosto, com média de 53,6 mm, é o mês mais seco do ano, apresentou valores semelhantes ao mês de julho, mas com maior quantidade de meses com padrão “seco” ao longo da série. Os valores negativos de coeficiente de variação superiores a -100% ocorreram nos anos de 1983, 1988 e 1999, enquanto os valores positivos superaram o mesmo percentual em 1986, 1989, 1990, 1998 e 2008. Durante o mês de setembro, pode-se observar a ocorrência de maiores valores positivos de coeficiente acima de 50% em relação à média de 128,7 mm, especialmente em 1983 e 1998 quando este parâmetro superou 140%. Contudo, a proporção de anos com anomalias negativas acima de -50% foi significativa, com destaque para 1981, 2007 e 2011 que apresentaram valores acima de -80%.

Ressalta-se que, em outubro, os valores positivos de coeficiente superiores a 100% ocorreram em 2004 e 2009, ao passo que o ano de 2007 mostrou valor negativo superior a -60% em relação à média de 153,1 mm. Novembro, com média de 158,2 mm, foi marcado por valores positivos de coeficiente de variação superior a 70% em 1982 e 2002, enquanto os valores negativos acima de -70% foram evidenciados nos anos de 1988 e 1998. O mês de dezembro mostra valores positivos de coeficiente superiores a 70% em relação à média de 173,9 mm em 1980, 1981 e 1996, em contrapartida, os valores negativos acima de -60% ocorreram nos anos de 2005, 2008 e 2011.

Tabela 4 - Ano-Padrão mensal para Apucarana durante a série histórica analisada.

Ano	Coeficiente de Variação (%)											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1980	-17,5	31,3	130,9	28,6	15,1	0,1	14,7	99,2	28,5	-29,6	9,2	81,9
1981	17,4	-5,0	-28,0	62,6	-91,2	-11,5	-80,8	-73,3	-86,8	87,0	15,6	74,9
1982	-49,6	6,9	-42,7	-67,2	-60,3	140,2	163,3	-32,5	-55,4	46,4	114,9	32,2
1983	16,4	-56,2	107,4	-0,7	105,2	208,2	-52,8	-100,0	145,0	16,6	25,9	-10,0
1984	8,8	-56,4	60,5	42,2	-15,5	-94,9	-79,8	70,1	58,9	-43,5	-35,2	36,2
1985	-31,5	-18,9	0,2	27,2	39,9	-79,1	-54,0	-73,1	-66,4	-37,9	-15,0	-50,1
1986	-22,1	0,4	5,4	47,4	40,0	-98,0	-54,0	226,1	-53,0	-65,5	-44,9	20,0
1987	-22,5	19,4	-44,3	-6,2	190,6	68,8	14,1	-50,4	-38,8	-45,2	66,6	7,2
1988	-37,0	-17,5	-38,0	44,8	107,2	-29,8	-100,0	-100,0	-66,0	14,6	-73,1	-9,3
1989	90,8	-41,5	26,4	-18,0	-46,5	13,3	44,8	160,2	-0,3	-32,8	-19,7	54,7
1990	73,6	-76,9	-18,8	-38,0	13,0	-38,0	151,3	282,0	42,3	-48,6	2,2	-34,3
1991	-12,5	-75,0	-9,9	-12,6	-74,2	49,2	-78,3	-57,7	-17,6	-47,1	35,7	33,6
1992	-89,3	8,2	81,3	45,4	231,9	-70,3	-56,5	-23,7	76,8	-4,9	-16,3	-11,2
1993	-1,3	47,9	-68,5	22,6	-25,7	9,3	-15,4	-96,3	74,1	49,3	-55,9	41,6
1994	41,9	-12,8	-7,5	-27,8	-24,2	82,9	-36,9	-98,3	-68,4	-10,9	-26,5	-12,2
1995	117,1	-0,6	-17,5	-21,9	-72,9	-48,7	-5,1	-64,6	36,0	68,2	-49,0	-47,0
1996	-15,3	24,2	45,3	-31,5	-70,3	-75,3	-90,6	-49,6	-9,9	31,1	29,2	83,8
1997	37,2	101,0	-53,9	-9,0	-15,0	257,8	-69,1	-27,4	-34,0	1,4	63,3	-38,9
1998	-44,9	40,8	76,4	164,7	-40,4	-64,6	-58,7	156,7	146,4	98,0	-77,7	-19,1
1999	21,8	15,5	1,8	16,3	-40,2	-2,1	39,3	-100,0	-21,4	-9,2	-63,6	-37,7
2000	-5,9	64,9	-30,0	-74,8	-69,2	-9,8	28,1	93,1	52,7	-31,6	36,0	-5,8
2001	-22,7	54,9	-9,3	-16,5	25,0	7,9	-37,5	29,1	5,7	-55,2	12,5	0,2
2002	-25,7	-59,8	-53,1	-89,9	142,3	-98,5	26,1	76,7	15,9	-42,2	109,1	-52,7
2003	16,1	11,6	-30,2	-24,1	-42,5	-43,9	-26,5	12,3	-5,5	-21,5	-36,8	6,9
2004	-54,7	-63,5	-27,6	13,6	123,5	-25,0	21,7	-98,9	-60,4	117,3	-19,6	-47,3
2005	102,8	-85,5	-47,6	-26,7	-36,0	-72,9	-51,0	-59,0	25,6	48,7	-39,1	-68,5
2006	-63,0	41,9	-1,0	-48,4	-88,8	-80,5	-53,8	-64,9	46,5	-15,6	-30,0	32,8
2007	19,5	32,3	-20,1	-9,5	-58,6	-92,0	281,0	-78,7	-92,2	-62,1	25,6	-52,1
2008	-33,2	-11,1	6,2	31,6	-37,2	-64,5	-88,9	245,5	-43,6	-35,6	2,4	-74,3
2009	8,8	-29,6	-44,7	-95,9	-27,5	17,1	134,8	44,4	51,3	104,6	53,9	43,1
2010	71,4	-17,2	-18,4	13,1	-46,7	-81,3	1,4	-36,9	-0,9	40,1	9,2	3,0
2011	19,9	12,0	2,2	-22,3	-94,2	32,7	92,6	-6,4	-85,5	70,8	-21,0	-71,2
2012	-30,8	-24,9	-32,5	15,8	1,8	151,6	-71,2	-94,8	-49,5	-45,6	4,3	2,6
2013	-19,9	129,9	29,7	53,8	40,1	192,7	26,8	-92,9	-16,7	-21,1	-56,0	31,7
2014	-64,3	9,4	70,4	11,5	1,8	-51,1	100,9	-16,1	66,6	-88,5	63,6	55,7

Classificação ano-padrão		Ocorrências											
		Jan.		Fev.		Mar.		Abr.		Mai.		Jun.	
		Num.	%	Num.	%	Num.	Num.	Num.	%	Num.	%	Num.	%
<span style="color:red">■</span>	Seco	10	28,6	8	22,9	16	16	7	20,0	16	45,7	16	45,7
<span style="color:orange">■</span>	Tendente a Seco	7	20,0	5	14,3	2	2	7	20,0	4	11,4	2	5,7
<span style="color:blue">■</span>	Normal	5	14,3	10	28,6	7	7	8	22,9	5	14,3	7	20,0
<span style="color:lightblue">■</span>	Tendente a Chuvoso	6	17,1	3	8,6	1	1	5	14,3	1	2,9	1	2,9
<span style="color:darkblue">■</span>	Chuvoso	7	20,0	9	25,7	9	9	8	22,9	9	25,7	7	25,7
Pluviosidade média (mm)		199,5		179,5		139,0		112,5		128,1		112,0	

Classificação ano-padrão		Ocorrências											
		Jul.		Ago.		Set.		Out.		Nov.		Dez.	
		Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
<span style="color:red">■</span>	Seco	17	48,6	19	54,3	13	37,1	14	40,0	10	28,6	11	31,4
<span style="color:orange">■</span>	Tendente a Seco	2	5,7	3	8,6	3	8,6	4	11,4	6	17,1	1	2,9
<span style="color:blue">■</span>	Normal	4	11,4	2	5,7	5	14,3	5	14,3	7	20,0	10	28,6
<span style="color:lightblue">■</span>	Tendente a Chuvoso	4	11,4	1	2,9	3	8,6	1	2,9	4	11,4	1	2,9
<span style="color:darkblue">■</span>	Chuvoso	8	22,9	10	28,6	11	31,4	11	31,4	8	22,9	12	34,3
Pluviosidade média (mm)		70,2		53,6		128,7		153,1		158,2		173,9	

Maringá (**Tabela 5**) apresentou 155 ocorrências do padrão “seco”, 115 do padrão “chuvoso”, 64 ocorrências do padrão “normal”, 51 “tendente a seco” e 35 “tendente a chuvoso”. Assim como em Apucarana, Maringá apresenta maior proporção de padrão “seco”, no período de maio a setembro, mas verifica-se que durante o mês de maio o padrão “chuvoso” prevaleceu no início da série histórica. O mês de janeiro, embora tenha característica de maiores valores de pluviosidade, apresentou 11 ocorrências de padrão seco.

Segundo Nimer (1989), o Paraná caracteriza-se por um regime de precipitação muito semelhante ao Brasil tropical, apresentando meses mais chuvosos e meses com menores valores de precipitação. Essa característica se reflete nos valores de coeficiente de variação, por meio dos quais é possível observar a variabilidade da precipitação. Os fatores dinâmicos responsáveis por essa característica são a frequência de sistemas frontais, além da ocorrência de linhas de instabilidade.

Observa-se que esse parâmetro estatístico está associado aos sistemas atmosféricos atuantes em determinada região. Um exemplo pode ser observado no trabalho de Azevedo et al. (2005), pois, ao associar os dados de coeficiente com a dinâmica atmosférica, na bacia hidrográfica do rio Iguazu-PR, observaram que, durante os eventos de La Niña, os valores de coeficiente de variação foram mais marcados do que os registrados nos eventos de El Niño, fato que denota maior variabilidade da precipitação.

Os valores mensais de coeficiente de variação para Maringá (**Tabela 5**) demonstram que, em janeiro grande parte da série histórica, apresenta valores tanto positivos quanto negativos de coeficiente até 50% em relação à média de 207,5 mm. Os anos de 1982, 1985, 1992 e 2004 representam os maiores valores negativos de coeficiente e os anos de 1989 e 1990 com valores positivos acima de 70%. Fevereiro mostra a mesma característica, mas os maiores valores negativos de coeficiente superaram -80% em 1990 e 2005, já os valores positivos superaram 75% nos anos de 1986, 1997 e 2013, com 77,2%, 126,5% e 102,8% de coeficiente de variação acima da média de 169,9 mm.

Em relação ao mês de março, verifica-se que os anos de 1987 e 2002 obtiveram variação superior a -70% de coeficiente abaixo da média de 150,2 mm, enquanto 1983, 1985, 2006, 2011 e 2014 apresentaram variação superior a 60%.

Os maiores valores negativos de coeficiente, verificados no mês de abril, acima de -70%, ocorreram em 1982, 2000 e 2002, enquanto o ano de 1998 destacou-se por apresentar variação de 176,2% acima da média climatológica de 125,2 mm. No que diz respeito a este mês, ocorreram 10 anos caracterizados por padrão “chuvoso” e 9 por padrão “seco”. Em maio, as maiores variações do coeficiente abaixo da média de 122,8 mm superaram -90% em

1981 e 2006, o que caracterizou maio como um mês com padrão “seco”, porém ocorreram variações positivas de coeficiente superior a 80% em 1986, 1987, 1992, 2002 e 2004, sendo possível verificar que houve anos com padrão “chuvoso” ao longo da série. Junho revelou valores negativos de coeficiente acima de -80% em 1984, 1985, 1986, 2002 e 2007, e ao contrário disso, os anos de 1982, 1983, 1997, 2012 e 2013 mostraram uma variação superior a 100% em relação à média de 109,5 mm para o referido mês.

Com média de 66,7 mm, o mês de julho obteve valores negativos superiores a -70% de coeficiente nos anos de 1981, 1984, 1988, 1996, 2008 e 2012, porém, em 1990, 2007, 2009 e 2011, os valores positivos de coeficiente superaram 100% em relação à média. Agosto apresentou um padrão “seco”, com o coeficiente de variação superior a -80% abaixo da média de 52,1 mm, em 1983, 1985, 1987, 1988, 1994, 1999, 2004, 2012 e 2013, os valores positivos, ou seja, acima da média, superaram 100% em 1986, 1989, 1990, 1998, 2000 e 2008. Percebe-se que em setembro, os valores negativos de coeficiente acima de -50% em relação à média de 129,1 mm diminuíram, com exceção somente para 1981, 1985, 1988, 2007 e 2011 com valores acima de 70% negativos. Os anos de 1983, 1998 e 2006 apresentaram coeficientes positivos superiores a 100% acima da mesma média.

No mês de outubro, o coeficiente de variação abaixo da média de 156,5 mm esteve em torno de -50%, exceto somente pelos anos de 1986, 2012 e 2014, que demonstraram valores negativos acima de -60%, em contraste com os anos de 2004 e 2009 que apresentaram coeficiente positivo de 120,9% e 113,3% em relação à média. No mês de novembro, por sua vez, houve o predomínio de valores positivos de coeficiente, ou seja, este mês apresenta pouca proporção do padrão “seco”, sendo que nos anos de 1987 e 2002 o coeficiente de variação foi superior a 100% acima da média, em 1988 e 1998 os valores negativos foram de -81,9% e -78,7%, respectivamente, abaixo da média de 144,8 mm. O mês dezembro apresentou pouca variação da precipitação acima de 50% em relação à média de 129,9 mm, de forma que se verificou o ano de 1981 com maior valor positivo de 102,5% e os anos 1992, 2011 e 2013 com valores negativos superiores a -60% abaixo da média.

Ao analisarem a variação do coeficiente de variação para Maringá, no período de 1976 a 1992, Deffune e Klosowski (1995) verificaram que os maiores percentuais concentraram-se nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril maio, setembro, outubro e dezembro, ao passo que os menores valores foram registrados em junho, julho, agosto e novembro. Os autores afirmam que vem ocorrendo uma oscilação significativa na distribuição das chuvas no município, pois os valores de coeficiente registrados oscilaram entre 2,0 e 3,0, o que revela uma variação de 50% ou mais em Maringá.

Tabela 5 - Ano-Padrão mensal para Maringá durante a série histórica analisada

Ano	Coeficiente de Variação (%)											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1980	9,5	19,1	32,4	14,9	43,3	-37,7	-32,8	81,9	44,1	-5,3	-29,3	54,6
1981	-19,8	-28,0	-28,0	74,3	-92,9	20,9	-75,7	-69,3	-78,5	87,5	-12,1	102,5
1982	-58,1	-12,4	-35,1	-83,9	-68,4	119,6	92,9	-30,9	-60,4	88,3	80,6	55,2
1983	30,0	-37,6	84,6	40,2	93,7	199,7	-62,9	-100,0	139,2	18,9	24,6	-19,4
1984	-32,4	-59,5	17,4	34,0	-48,0	-91,8	-91,6	62,7	33,7	-56,5	-17,2	47,3
1985	-51,3	63,6	66,4	39,4	35,1	-80,0	-24,2	-83,1	-71,8	-58,0	-44,0	-43,2
1986	-1,1	77,2	-43,2	-16,8	88,9	-96,5	-64,1	192,8	-57,5	-61,4	-49,0	14,5
1987	-37,4	27,5	-77,6	-15,3	162,3	38,6	20,9	-94,2	-40,3	-25,0	111,4	-29,2
1988	-48,4	-22,9	21,3	2,4	61,0	-38,2	-100,0	-100,0	-73,4	72,6	-81,9	-40,3
1989	70,9	-20,6	-47,6	-15,5	-57,6	-2,5	19,1	192,2	25,5	-27,7	-50,1	-26,1
1990	103,2	-86,7	21,2	50,0	8,1	-32,1	123,1	139,1	82,0	-35,2	-50,5	-53,1
1991	33,5	-57,3	-15,6	29,5	-64,7	15,7	-66,7	-61,9	-32,4	-58,0	23,0	32,4
1992	-86,7	-25,9	42,4	37,7	222,1	-58,1	-46,1	-22,5	47,0	-23,1	27,6	-65,6
1993	-11,3	1,7	-31,2	41,6	-15,9	-3,1	-13,7	-78,3	48,2	10,1	-40,6	42,4
1994	25,8	-21,1	-27,1	-27,8	-26,9	73,1	-21,8	-99,6	-62,3	-21,3	-13,7	4,5
1995	68,9	2,4	-19,3	-15,9	-76,9	-23,2	7,6	-75,1	52,7	59,1	-34,9	-10,7
1996	16,9	-28,6	20,2	65,1	-46,6	-72,1	-91,3	-52,8	7,1	24,6	40,0	9,7
1997	41,1	126,5	-34,6	-64,4	-19,5	262,3	-61,6	-28,1	-26,3	-1,1	81,9	2,1
1998	-48,0	39,6	38,6	176,2	-40,2	-73,2	-11,5	117,0	147,5	55,0	-78,7	-11,1
1999	7,2	-33,4	-31,7	-8,0	3,0	16,0	50,6	-100,0	-59,5	-31,1	-67,7	45,6
2000	17,0	41,4	-13,3	-74,4	-69,2	-2,7	10,3	207,0	47,1	-49,2	65,2	-7,6
2001	-9,0	10,2	-2,2	-44,1	35,6	11,9	-44,9	96,8	-14,7	-49,8	6,2	32,2
2002	49,8	-40,7	-73,4	-93,6	182,1	-97,8	-3,2	14,9	36,9	-58,0	147,9	4,3
2003	49,4	11,6	11,9	-20,0	-48,9	-46,4	-29,9	44,3	-15,0	-31,7	-22,6	-28,6
2004	-74,4	-51,0	1,3	-15,8	123,9	-7,2	92,3	-99,2	-48,1	120,9	59,6	-17,7
2005	57,4	-91,8	-56,9	-25,7	-53,0	-60,4	-33,8	-33,0	65,3	58,4	-3,6	-56,0
2006	-29,8	43,8	60,2	-30,1	-90,5	-74,8	-20,3	-60,5	110,0	-38,8	-40,3	23,5
2007	30,9	5,3	-0,2	-49,0	-58,1	-92,9	241,9	-73,1	-75,4	-32,6	18,4	21,8
2008	-43,4	-31,6	-15,7	37,6	-33,6	-57,7	-88,1	321,7	-39,0	-28,2	26,2	-55,5
2009	27,6	28,4	-35,1	-52,9	-15,6	1,8	172,3	35,4	5,7	113,3	37,8	86,8
2010	17,6	-3,5	-14,3	-48,7	-53,9	-79,6	-36,5	-54,0	7,7	30,2	-19,3	10,4
2011	-12,3	58,9	68,1	-25,0	-90,9	24,1	130,4	-21,3	-77,0	34,5	-22,9	-76,7
2012	-34,1	-6,0	-58,2	21,8	-38,8	167,9	-71,3	-94,8	-44,9	-64,8	-27,9	-11,3
2013	-50,0	102,8	48,2	32,4	50,3	146,5	31,7	-94,6	-40,4	46,2	-47,1	-62,0
2014	-9,2	-1,3	126,3	29,7	0,9	29,8	99,2	-7,1	17,2	-62,9	3,1	24,0

Classificação ano-padrão		Ocorrências											
		Jan.		Fev.		Mar.		Abr.		Mai.		Jun.	
		Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
	Seco	11	31,4	9	25,7	11	31,4	9	25,7	17	48,6	17	48,6
	Tendente a Seco	2	5,7	6	17,1	5	14,3	9	25,7	4	11,4	1	2,9
	Normal	6	17,1	9	25,7	6	17,1	3	8,6	3	8,6	6	17,1
	Tendente a Chuvoso	6	17,1	3	8,6	4	11,4	3	8,6	0	0,0	4	11,4
	Chuvoso	10	28,6	8	22,9	9	25,7	11	31,4	11	31,4	7	20,0
Pluviosidade média (mm)		207,5		196,9		150,2		125,2		122,8		109,5	
Classificação ano-padrão		Ocorrências											
		Jul.		Ago.		Set.		Out.		Nov.		Dez.	
		Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
	Seco	15	42,9	19	54,3	15	42,9	14	40,0	11	31,4	8	22,9
	Tendente a Seco	4	11,4	3	8,6	1	2,9	5	14,3	6	17,1	5	14,3
	Normal	5	14,3	2	5,7	5	14,3	3	8,6	5	14,3	10	28,6
	Tendente a Chuvoso	2	5,7	0	0,0	2	5,7	2	5,7	5	14,3	3	8,6
	Chuvoso	9	25,7	11	31,4	12	34,3	11	31,4	8	22,9	9	25,7
Pluviosidade média (mm)		66,7		52,1		129,1		156,5		144,8		192,9	

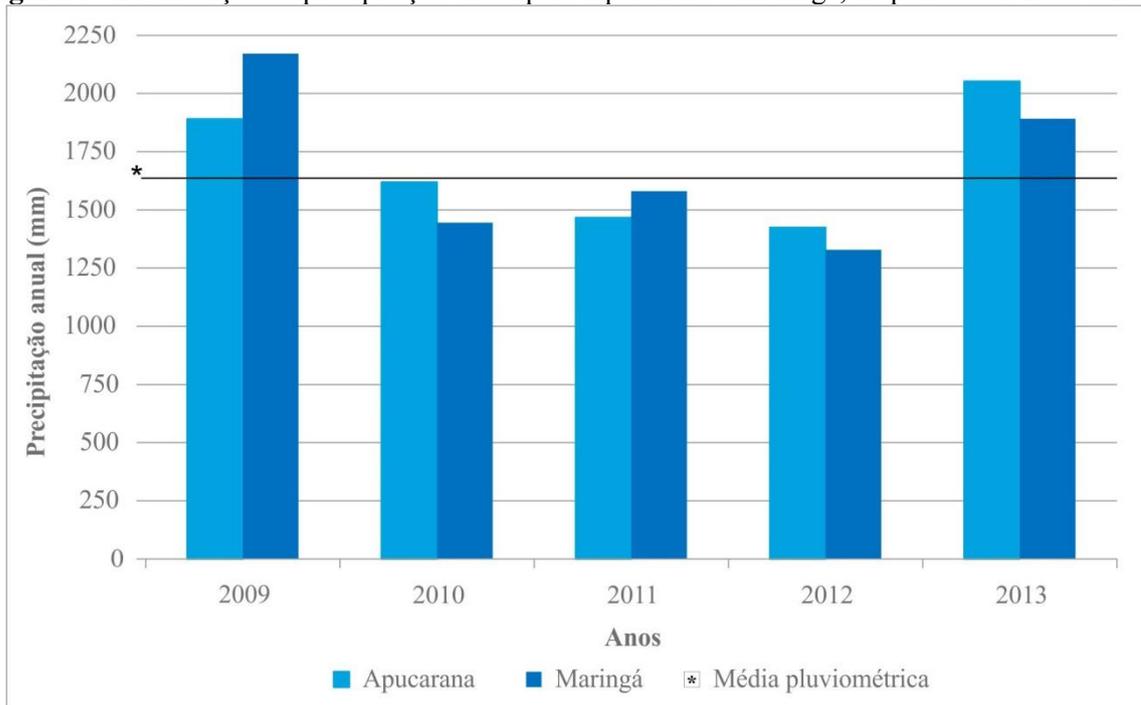
Com o objetivo de caracterizar a variabilidade da precipitação para as cidades de Campina Grande e João Pessoa-PB, no período de 2002 a 2011, Diniz (2013) observou que, em ambas as localidades, os maiores valores de precipitação ocorreram no primeiro semestre do ano, de modo que o município de João Pessoa destaca-se em relação à Campina Grande. De acordo com os valores de coeficiente de variação, o autor concluiu que os menores valores positivos deste parâmetro concentram-se nos meses mais chuvosos, de maneira que os valores observados no mês de junho foram 32,7% em João Pessoa e 33,0% em Campina Grande. Em síntese, pode-se considerar que os meses de maio, junho, julho e agosto apresentam maiores variações de coeficiente negativo, indicando a diminuição da precipitação. Contudo, os meses de janeiro, fevereiro e outubro demonstram menores variações de coeficiente positivo, o que denota certa concentração da precipitação pluviométrica. Embora este parâmetro estatístico demonstre-se de maneira descritiva, pode-se considerar que, ainda assim, revela claramente a variabilidade da precipitação, principalmente no que se refere à alternância entre os padrões seco e chuvoso dos municípios.

## **5.2 Caracterização da intensidade pluviométrica nas escalas anual, sazonal, mensal e diária, no período de 2009 a 2013 para Apucarana e Maringá**

A análise da intensidade pluviométrica foi realizada com base nas escalas anual, sazonal, mensal e diária. Nas subseções serão discutidos os resultados da precipitação pluviométrica para estes períodos de análise e, posteriormente, os resultados referentes à intensidade segundo a metodologia do INMET (1999) e a proposta de Reichardt (1990).

### **5.2.1 Escala anual**

Tendo como base a **Figura 7** e a **Tabela 6**, nota-se que o padrão pluviométrico é diferenciado para Apucarana e Maringá. Observa-se que os anos de 2009 e 2013 foram classificados dentro do padrão “tendente a chuvoso” para Apucarana (**Tabela 6**), com totais anuais de 1.891,2 mm e 2.052,4 mm, respectivamente (**Figura 7**), enquanto os anos de 2010, 2011 e 2012 foram caracterizados como padrão “normal”, apresentando precipitação anual total de 1.619,0 mm, 1.466,0 mm e 1.423,6 mm, respectivamente.

**Figura 7** - Distribuição da precipitação anual para Apucarana e Maringá, no período de 2009 a 2013

O padrão de precipitação para Maringá apresenta-se como “chuvoso” no que diz respeito ao ano de 2009 (**Tabela 6**), o qual apresentou um total de 2.171,2 mm anual (**Figura 7**), enquanto os anos de 2010 e 2012 apresentaram padrão “tendente a seco” com valores totais anuais de 1.444,7 mm e 1.329,0 mm, respectivamente; os anos de 2011 e 2013, por sua vez, foram classificados no padrão “normal”, apresentando totais anuais de 1.579,8 mm e 1.892,1 mm.

Por meio da **Tabela 6**, é possível verificar ainda que os anos de 2009 e 2013 apresentaram valores positivos de coeficiente de variação anual de 21,7% e 24,8%, em Apucarana. Por outro lado, em 2010, 2011 e 2012, os valores de coeficiente foram de -5,3%, -5,9% e -14,4% abaixo da média, respectivamente. Em relação a Maringá, observa-se que os anos de 2009 e 2013 também apresentaram valores positivos de coeficiente de variação, ou seja, 33,8% e 13,7%, ao passo que os anos de 2010, 2011 e 2012 demonstraram valores negativos de -20,3%, -0,8% e -21,9% em relação à média.

**Tabela 6** - Ano-Padrão anual para Apucarana e Maringá, no período de 2009 a 2013

Apucarana		Maringá	
Ano	Coefficiente de Variação	Ano	Coefficiente de Variação
	(%)		(%)
2009	23,0	2009	33,6
2010	-4,1	2010	-19,8
2011	-4,8	2011	-1,0
2012	-11,8	2012	-20,2
2013	27,5	2013	14,9

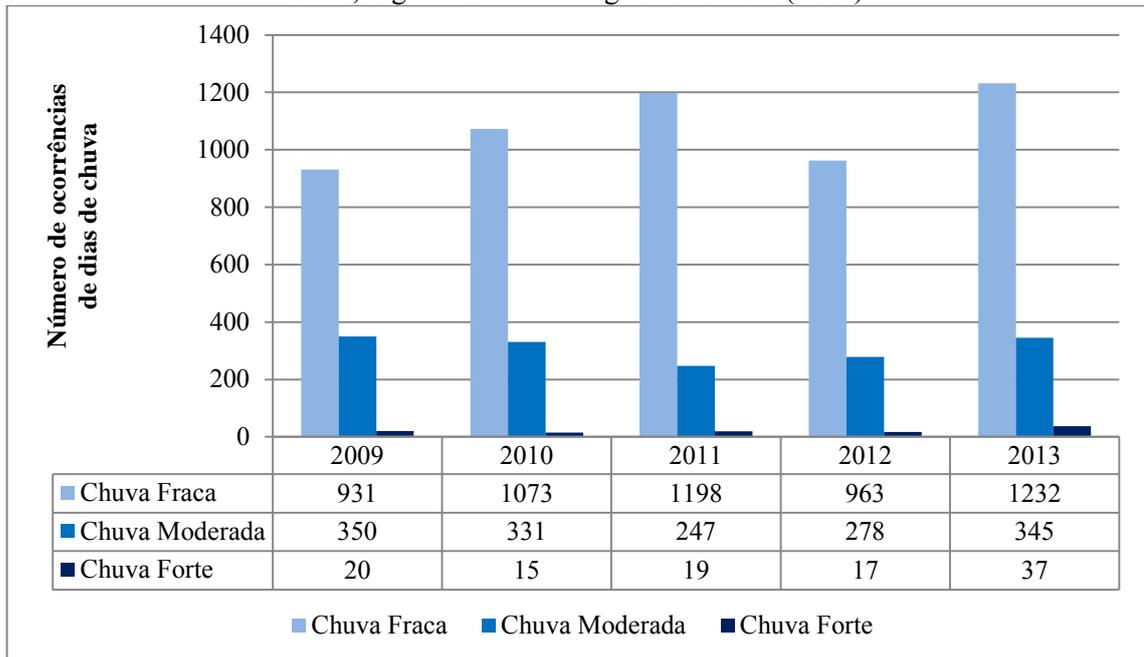
  

Classificação ano-padrão	Ocorrências			
	Apucarana		Maringá	
	Num.	%	Num.	%
<b>Seco</b>	0	0,0	0	0,0
<b>Tendente a Seco</b>	0	0,0	2	40,0
<b>Normal</b>	3	60,0	2	40,0
<b>Tendente a Chuvoso</b>	2	40,0	0	0,0
<b>Chuvoso</b>	0	0,0	1	20,0
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	1.690,48		1.683,36	

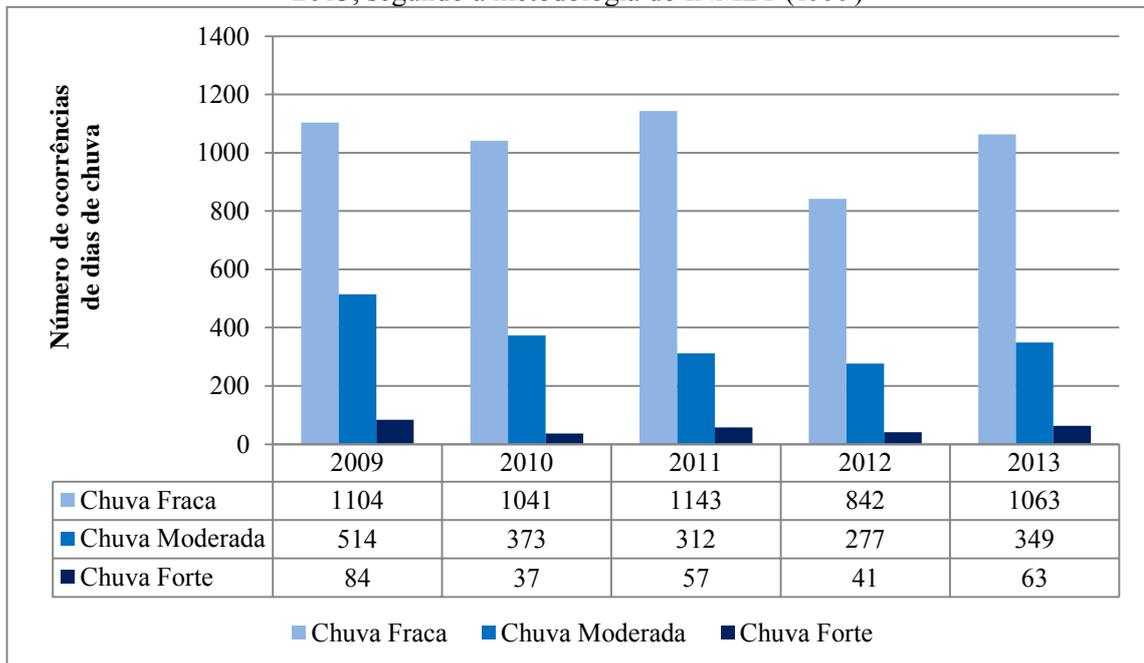
As **Figuras 8** e **9** apresentam o número de ocorrências de chuva fraca, moderada e forte referentes aos anos de 2009 a 2013 segundo a metodologia do INMET (1999). A **Figura 8** especifica os valores registrados em Apucarana, mostrando que o total de chuvas fracas destaca-se em relação às chuvas moderadas e fortes para os anos estudados. Os anos de 2011 e 2013 destacaram-se por apresentar a ocorrência de 1.198 e 1.232 chuvas fracas, 247 e 345 chuvas moderadas, 19 e 37 chuvas fortes, respectivamente. No ano de 2010 ocorreram 1.073 chuvas fracas, 331 moderadas e 15 fortes. O ano de 2009 apresentou 931 chuvas fracas, 350 moderadas e 20 fortes, enquanto que em 2012 verificaram-se 963 chuvas fracas, 278 moderadas e 17 chuvas de intensidade forte.

A **Figura 9** mostra as classes de intensidade pluviométrica para Maringá. Observa-se um aumento do número de ocorrência das três classes de intensidade em relação à Apucarana, com exceção do ano de 2012 para as classes de intensidade fraca e moderada. Os anos de 2009 e 2011, demonstraram maior número de chuvas fracas com 1.104 e 1.143, ao mesmo tempo em que as chuvas moderadas totalizaram 514 e 312 e as fortes 84 e 57, respectivamente. Em 2010, foram verificadas 1.041 chuvas fracas, 373 moderadas e 37 fortes, em contrapartida com o ano de 2012, cujos valores demonstraram a ocorrência de 842 chuvas fracas, 277 moderadas e 41 fortes; por fim ano de 2013 apresentou 1.063 chuvas de intensidade fraca, 349 moderadas e 63 fortes.

**Figura 8** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



**Figura 9** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



Observa-se que a proposta de Reichardt (1990) detectou maiores valores das classes de intensidade moderada em 2010, 2011 e 2012 e valores da classe forte em todos os anos de análise, conforme mostram as **Figuras 10 e 11**. Isso se deve ao fato de que os valores adotados para a classificação das chuvas são inferiores aos valores considerados pela metodologia do INMET. Ao analisar a intensidade da precipitação para Apucarana (**Figura 10**), verifica-se que, na escala anual, durante todo o período estudado, ocorreram eventos de

chuvas fracas superiores às moderadas e fortes. Durante o ano de 2009, foram observadas 694 chuvas fracas, 323 moderadas e 240 fortes. Para o ano de 2010 verifica-se 861 chuvas fracas, 355 moderadas e 211 fortes, enquanto em 2011 as chuvas fracas totalizaram 978 e as chuvas moderadas e fortes foram quantificadas em 275 e 173, nesta ordem.

Observa-se que, em 2012, a proporção de chuvas fracas, moderadas e fortes foi de 762, 293 e 197, ao passo que em 2013 as chuvas fracas contabilizaram 1.008 eventos, as chuvas moderadas 343 e as fortes 263. É possível perceber que as chuvas fracas foram superiores às classes de intensidade moderada e forte em todos os anos analisados, principalmente, em 2011 e 2013, os quais foram anos com padrão “normal” e “tendente a chuvoso” para Apucarana.

Para Maringá (**Figura 11**), nota-se que o número de ocorrências de chuvas fortes é bem mais significativo do que foi verificado em Apucarana, mas os maiores valores desta classe de intensidade ocorreram no ano de 2009 e 2013. Outra característica observada é que os valores referentes à classe de intensidade moderada diminuíram de 2009 a 2013, além de as diferenças serem menos evidentes entre o número de ocorrências de chuvas moderadas e chuvas fortes. Em relação às chuvas fracas, observa-se que somente o ano de 2009 demonstrou valor superior ao mesmo ano em Apucarana.

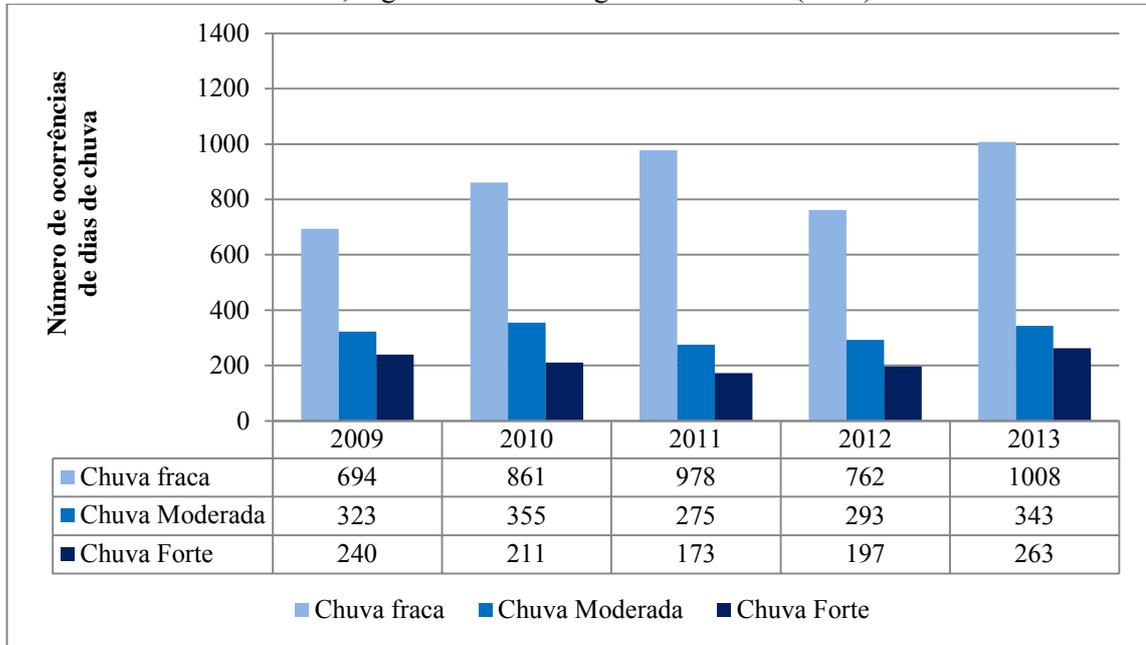
Em Maringá, ano de 2009 apresentou 852 eventos de chuva fraca, 484 de chuva moderada e 385 de chuva forte, enquanto que em 2010 os eventos das classes de intensidade fraca, moderada e forte diminuíram para 735, 445 e 263, respectivamente. Com relação ao ano de 2011 verifica-se que os valores de chuva fraca foram 851, de chuva moderada foram 413 e de chuva forte 248; no ano de 2012 houve o menor valor de chuva das três classes de intensidade, totalizando 586 chuvas fracas, 348 chuvas moderadas e 226 chuvas fortes. Finalmente, o ano de 2013 apresentou 787 ocorrências de chuvas fracas, 371 moderadas, e 318 chuvas fortes (**Figura 11**).

Pode-se observar que na metodologia do INMET (1999), o ano de 2013 destacou-se pelo maior número de ocorrências de chuvas fracas em ambos os municípios. Em comparação com Apucarana, Maringá apresenta valores mais elevados em todas as classes de intensidade no período estudado. Verifica-se que os valores da classe de intensidade fraca foram superiores em Apucarana segundo a proposta de Reichardt (1990), principalmente, no ano de 2013, porém Maringá destacou-se por revelar maiores valores de chuvas moderadas e fortes em relação à Apucarana.

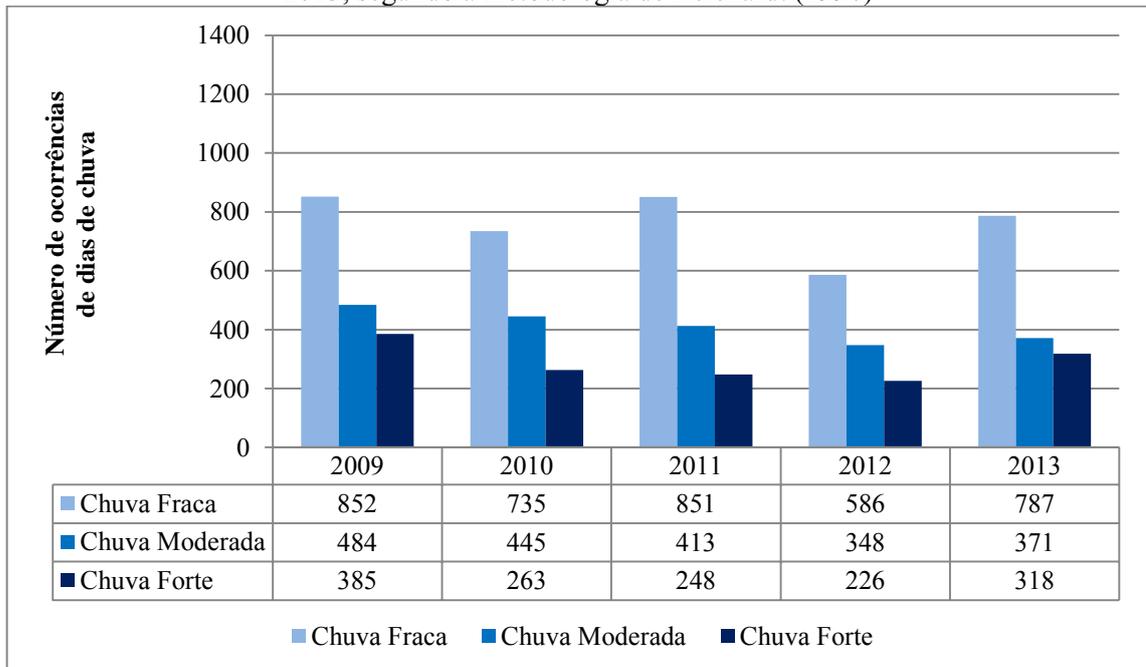
Salienta-se ainda que houve a redução do número de ocorrência da classe de intensidade fraca na proposta de Reichardt (1990). Em contrapartida, as ocorrências das

classes moderada e forte aumentaram nos dois municípios. Esta característica deve-se ao emprego dos diferentes intervalos de tempo de ambas as metodologias, bem como aos valores de intensidade estipulados.

**Figura 10** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



**Figura 11** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte anual para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



### 5.2.2 Escala sazonal

A bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta dois padrões distintos de pluviosidade sazonal. O período correspondente ao verão e a primavera caracteriza-se por maiores totais pluviométricos, ao mesmo tempo em que o outono e inverno são as estações com os menores volumes de chuva (**Figura 12**). As duas estações mais chuvosas apresentam valores de precipitação acima de 500 mm, enquanto as estações do outono e inverno apresentam médias inferiores a 400 mm e 300 mm, nesta ordem.

Por intermédio da **Figura 12** e das **Tabelas 7 e 8**, é possível observar que a diferença de pluviosidade influencia o padrão pluviométrico. Observa-se que a estação do verão em Apucarana (**Figura 12** e **Tabela 7**) apresentou padrão “tendente a seco” em 2009 e 2012 com valores negativos de coeficiente de variação de -18,9% e -29,2% em relação à média de 545,1 mm. Esta estação foi caracterizada com padrão “tendente a chuvoso” em 2010, “normal” em 2011 e “chuvoso” em 2013, pois apresentou valores positivos de 16,6%, 12,4% e 45,3%, respectivamente.

O outono com média de 382,2 mm apresentou padrão “seco” em 2009, 2010 e 2011 com valores negativos de coeficiente de variação de -35,1%, -38,6% e -30,9%. Ainda a respeito dessa estação, o padrão “chuvoso” foi verificado nos anos de 2012 e 2013 com valores positivos de coeficiente de 53,8% e 92,9% em relação à média.

A estação do inverno foi caracterizada com padrão “chuvoso”, em 2009, devido ao coeficiente positivo de 73,1% acima da média de 232,2 mm; o padrão “tendente a seco” foi observado nos anos de 2011 e 2013, uma vez que foram observados os valores negativos de -19,2% e -20,8% de coeficiente de variação; o padrão “normal” foi verificado em 2010 com valor negativo de coeficiente de -7,9%, enquanto o padrão “seco” foi visualizado em 2012 com coeficiente negativo de -65,1% em relação à média.

Na estação primavera houve destaque para o padrão “normal” em 2011, 2012 e 2013, em apresentou valores negativos de coeficiente de -10,0%, -12,1% e -13,5% respectivamente; o ano de 2009 foi enquadrado no padrão “chuvoso” com variação positiva de 66,0%, ao passo que o ano de 2010 apresentou padrão “tendente a chuvoso” em virtude do coeficiente positivo de 16,7% em relação à média de 530,8 mm.

O verão para a estação meteorológica de Maringá (**Figura 12** e **Tabela 8**) foi caracterizado por apresentar padrão “normal” em 2009 e 2010 com valores positivos de coeficiente de variação de 10,9% e 1,5% em relação à média de 607,1 mm. Nos anos de 2011

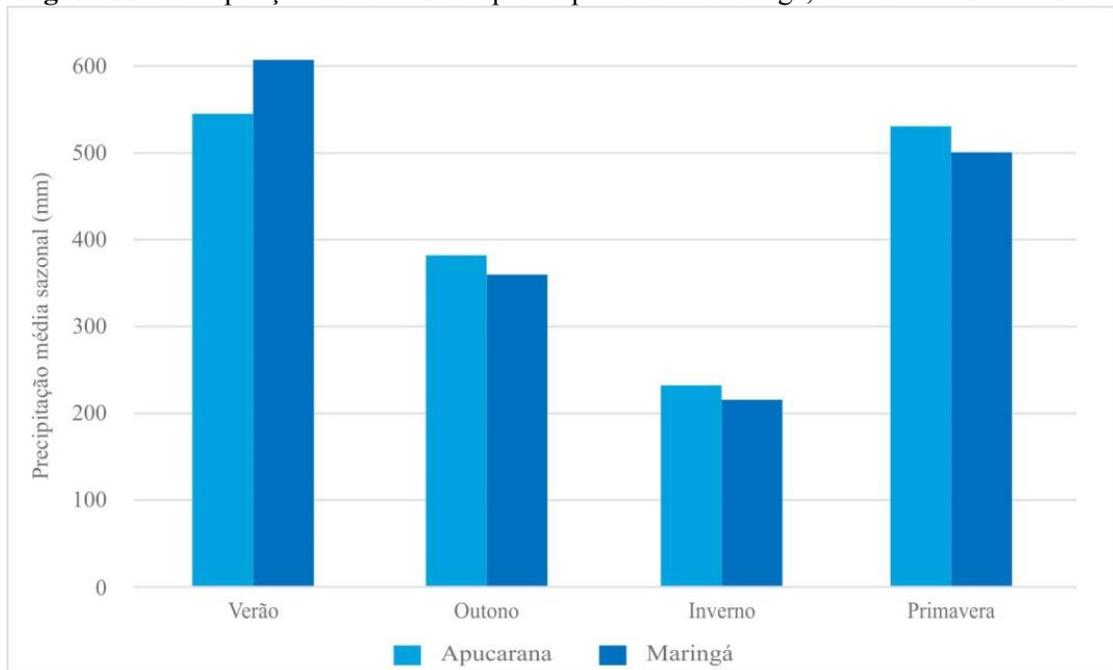
e 2013, a estação verão apresentou padrão “chuvoso” com variação de 34,8% e 30,9% acima da média e em 2012 o coeficiente negativo de -30,7% determinou o padrão “seco”.

Com média de 359,8 mm, o outono foi retratado como “tendente a seco” em 2009 com valor negativo de coeficiente de -23,3% em relação à média, enquanto os anos de 2010 e 2011 demonstraram padrão “seco” com valores negativos de coeficiente de -60,0% e -32,6%; por fim, o padrão pluviométrico “chuvoso” predominou em 2012 e 2013 com 45,8% e 73,5% de coeficiente acima da média.

Durante o inverno, o padrão pluviométrico “seco” foi característico dos anos de 2012 e 2013, que apresentaram valores de coeficiente de -62,5% e -32,4% abaixo da média de 215,7 mm. Observa-se que o padrão “chuvoso” foi característico somente em 2009 com 56,8% de coeficiente acima da média, visto que em 2010 houve o predomínio do padrão “tendente a seco” e valor negativo de coeficiente de variação de -17,1%; enquanto o padrão “normal” apareceu em 2011 com -9,5% de coeficiente de variação.

Com média de 500,6 mm, a primavera demonstrou os padrões “chuvoso” em 2009, “normal” em 2010, “tendente a seco” em 2011 e 2013 e “seco” em 2012. Os valores de coeficiente foram 80,8% e 8,0% positivos em 2009 e 2010 e -25,7%, -23,4% e -33,1% negativos em 2011, 2013 e 2012, respectivamente.

**Figura 12** - Precipitação média sazonal para Apucarana e Maringá, nos anos de 2009 a 2013



**Tabela 7 - Ano-Padrão sazonal para Apucarana nos anos de 2009 a 2013**

Ano	Coeficiente de Variação (%)									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera			
2009	-18,9		-35,1		73,1		66,0			
2010	16,6		-38,6		-7,9		16,7			
2011	12,4		-30,9		-19,2		-10,0			
2012	-29,2		53,8		-65,1		-12,1			
2013	45,3		92,9		-20,8		-13,5			
Classificação ano-padrão	Ocorrências									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	%
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%		
<b>Seco</b>	0	0,0	3	50,0	1	20,0	0	0,0	4	20,0
<b>Tendente a Seco</b>	2	40,0	0	0,0	2	40,0	0	0,0	4	20,0
<b>Normal</b>	1	20,0	0	0,0	1	20,0	3	60,0	5	25,0
<b>Tendente a Chuvoso</b>	1	20,0	0	0,0	0	0,0	1	20,0	2	10,0
<b>Chuvoso</b>	1	20,0	2	50,0	1	20,0	1	20,0	5	25,0
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	545,1		382,2		232,3		530,8		1.690,4	

**Tabela 8 - Ano-Padrão sazonal para Maringá nos anos de 2009 a 2013**

Ano	Coeficiente de Variação (%)									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera			
2009	10,9		-23,3		56,8		80,8			
2010	1,5		-60,0		-17,1		8,0			
2011	34,8		-32,6		-9,5		-25,7			
2012	-30,7		45,8		-62,5		-33,1			
2013	30,9		73,5		-32,4		-23,4			
Classificação ano-padrão	Ocorrências									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	%
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%		
<b>Seco</b>	1	20,0	2	40,0	2	40,0	1	20,0	6	30,0
<b>Tendente a Seco</b>	0	0,0	1	20,0	1	20,0	2	40,0	4	20,0
<b>Normal</b>	2	40,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	4	20,0
<b>Tendente a Chuvoso</b>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Chuvoso</b>	2	40,0	2	40,0	1	20,0	1	20,0	6	30,0
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	607,1		359,8		215,7		500,6		1.683,3	

A **Figura 13** representa a intensidade da precipitação, na escala sazonal, para a cidade de Apucarana segundo a metodologia do INMET (1999) e demonstra que os meses de verão e de primavera concentram os maiores valores da classe de intensidade fraca. O verão caracterizou-se por apresentar 1.586 chuvas fracas e a primavera 1.510. Observou-se também que durante estas estações ocorreram maiores valores de precipitação moderada, com 435 ocorrências no verão e 471 na primavera, ao passo que as chuvas fortes totalizaram 43 e 32, respectivamente.

Ao determinarem os índices de eventos extremos, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, pelo percentil 0,95 da chuva diária, Minuzzi e Lopes (2014) verificaram que os maiores aumentos nas chuvas intensas ocorreram durante as estações de transição, especialmente durante o outono. Os autores afirmam que, nas últimas décadas, houve o aumento do número e da intensidade dos eventos intensos, o que contribuiu para o aumento

da quantidade de chuvas, porém, há ainda questionamentos a serem sanados no que concerne à relação do número desses eventos com a influência do fenômeno ENOS.

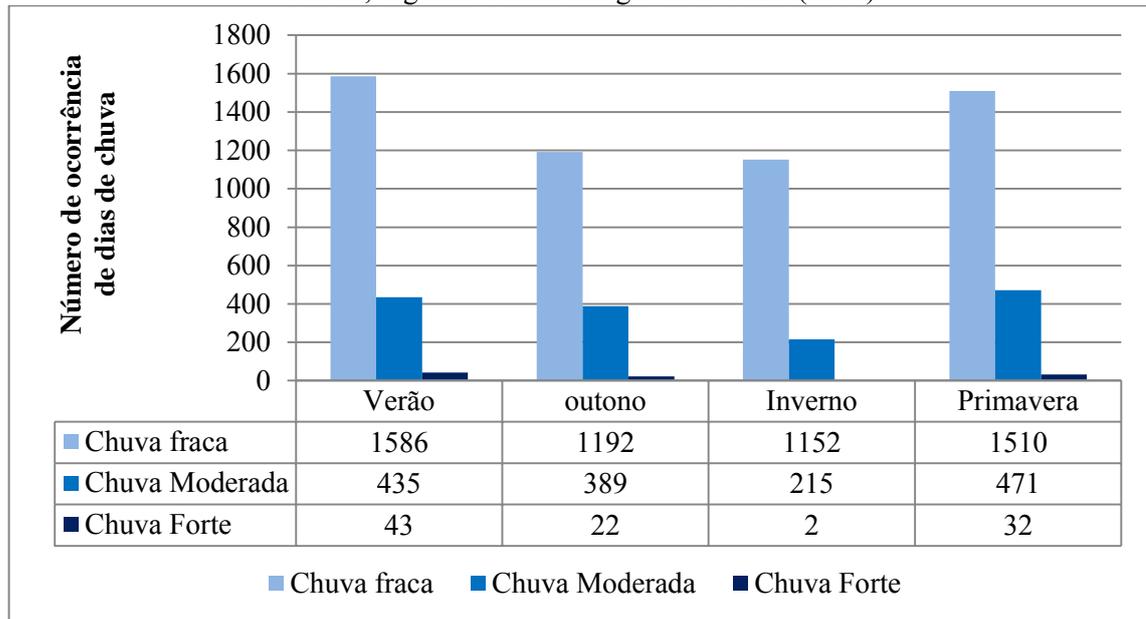
Os resultados encontrados para período do outono e inverno, na presente pesquisa, apresentaram menores ocorrências das três classes de intensidade. Todavia, o número de episódios de chuvas fracas também foi elevado e, além disso, houve uma significativa redução do número de chuvas moderadas e, especialmente, da classe de intensidade forte durante o inverno.

A **Figura 14** demonstra que, em Maringá, os valores de precipitação fraca, moderada e forte foram superiores aos de Apucarana, nesta escala de análise, principalmente durante o verão. Nesta estação, o número de chuvas fracas foi superior às demais estações, com 1.634, ao mesmo tempo em que o número de chuvas fortes chamou a atenção, pois foram registrados 150 eventos. Os valores da classe de intensidade moderada foram similares entre as estações do ano e também em relação ao município de Apucarana. Somente a estação do inverno de Maringá demonstrou valores de chuvas fracas inferiores à Apucarana. Em contrapartida, o número de ocorrência de chuvas fortes foi bem mais significativo, totalizando 14 eventos.

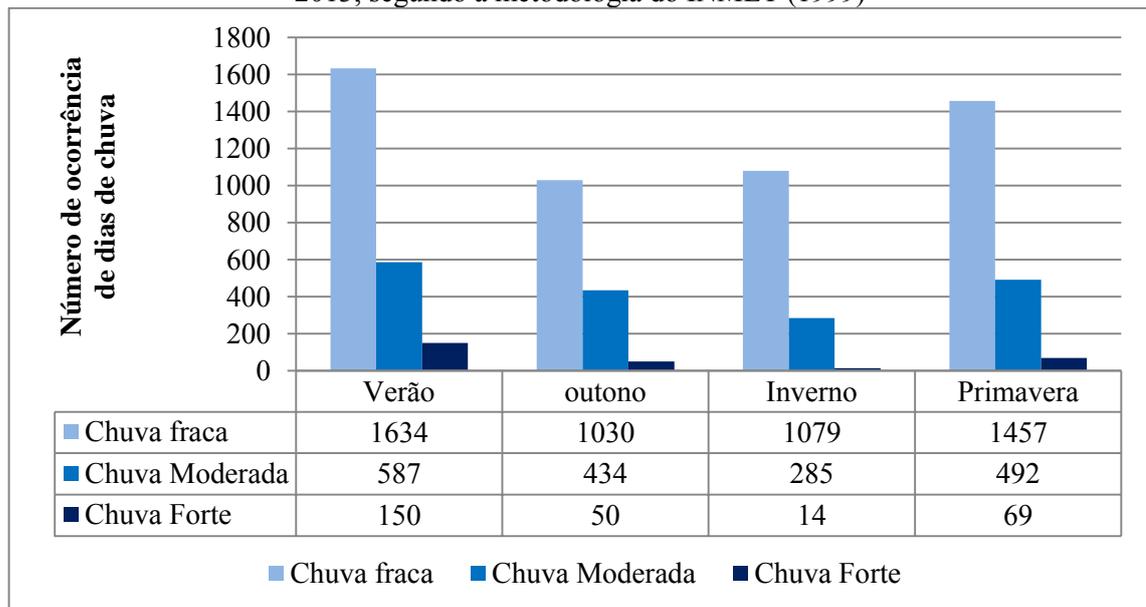
Pinheiro (2016) aponta para a sazonalidade dos eventos intensos na bacia do Alto rio Iguaçu-PR. Com base no parâmetro percentil entre 95% e 99%, a pesquisadora concluiu que os eventos intensos ocorreram em maior parte no verão, seguido pela primavera, outono e inverno. Quanto à influência do fenômeno ENOS, a autora reforça os apontamentos de Minuzzi e Lopez (2014), ao citar que a mudança na frequência das chuvas intensas pode ser provocada pela oscilação de causa natural, não necessariamente associada a uma mudança definitiva dos padrões pluviométricos.

Percebe-se que de acordo com esta metodologia, o número de eventos das classes de intensidade fraca, moderada e forte obedece à variação sazonal da precipitação, o que corrobora as conclusões de Pinheiro (2016). Contudo, os valores apresentados revelam que as chuvas fortes, em Maringá, destacam-se em virtude da maior ocorrência em todas as estações, o que não se observa para as chuvas fracas e moderadas, pois os valores são semelhantes aos verificados em Apucarana.

**Figura 13** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



**Figura 14** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



De acordo com a proposta de Reichardt (1990), a intensidade pluviométrica sazonal, para Apucarana (**Figura 15**), assinala que o verão e a primavera foram as estações com maior número de ocorrências das três classes de intensidade, com destaque para a intensidade forte. Entretanto, verifica-se que o inverno demonstrou valores inferiores dessas classes, ao passo que a primavera destacou-se por maiores ocorrências de chuvas moderadas e fortes em comparação com o verão.

Os resultados de Cardoso et al. (2011) demonstraram que a sazonalidade dos eventos intensos de precipitação em Lajes-SC ocorreram de forma concentrada, nas estações do verão e primavera, de maneira que a intensidade concentrou-se na primeira metade do tempo total da chuva.

Entretanto, Santos Neto (2014) identificou que as chuvas intensas superiores a 10 mm/hora, com duração de até uma hora na cidade de Porto Velho-RO, ocorreram com maior frequência nas estações do outono, inverno e primavera. O verão teve o menor valor, devido à frequência de ocorrência de eventos intensos, com duração maior do que 2 horas consecutivas, ser bem superior às demais estações do ano.

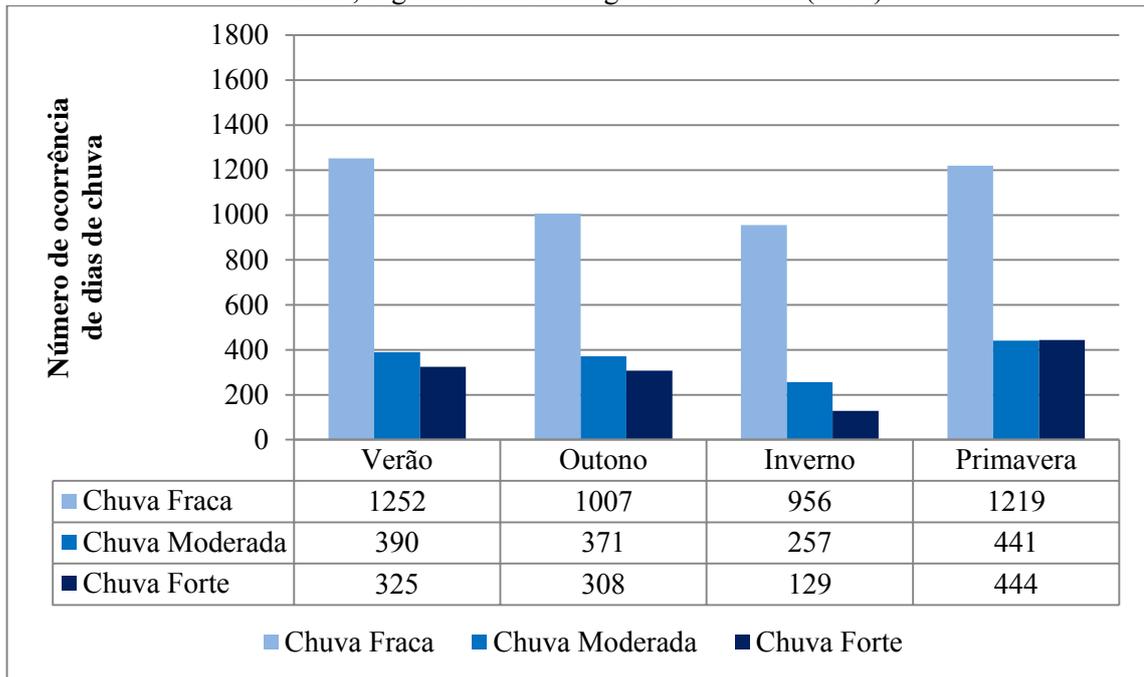
Ao analisar a intensidade da precipitação para Maringá (**Figura 16**), percebe-se que o verão é a estação mais marcada por eventos de chuva fraca, moderada e forte, destacando-se em relação à primavera, a qual também se caracteriza como uma estação chuvosa. Observa-se que, no outono e no inverno, houve a redução dos valores das três classes analisadas, mas ainda é perceptível o elevado número de eventos de chuva moderada e forte. As diferenças nos valores de chuva durante o inverno são mais visíveis do que no outono.

Salienta-se que foi registrado maior número de chuvas fracas somente na metodologia proposta pelo INMET (1999), em todas as estações, sendo uma característica marcante tanto em Apucarana quanto em Maringá; o mesmo fato não foi constatado com o emprego da metodologia de Reichardt (1990), uma vez que esta demonstrou o predomínio de chuvas fortes nas estações verão, outono e primavera. Nesse sentido, os valores encontrados pelas metodologias empregadas na presente pesquisa, confirmam o aumento da intensidade de chuvas na primavera e outono em relação ao verão.

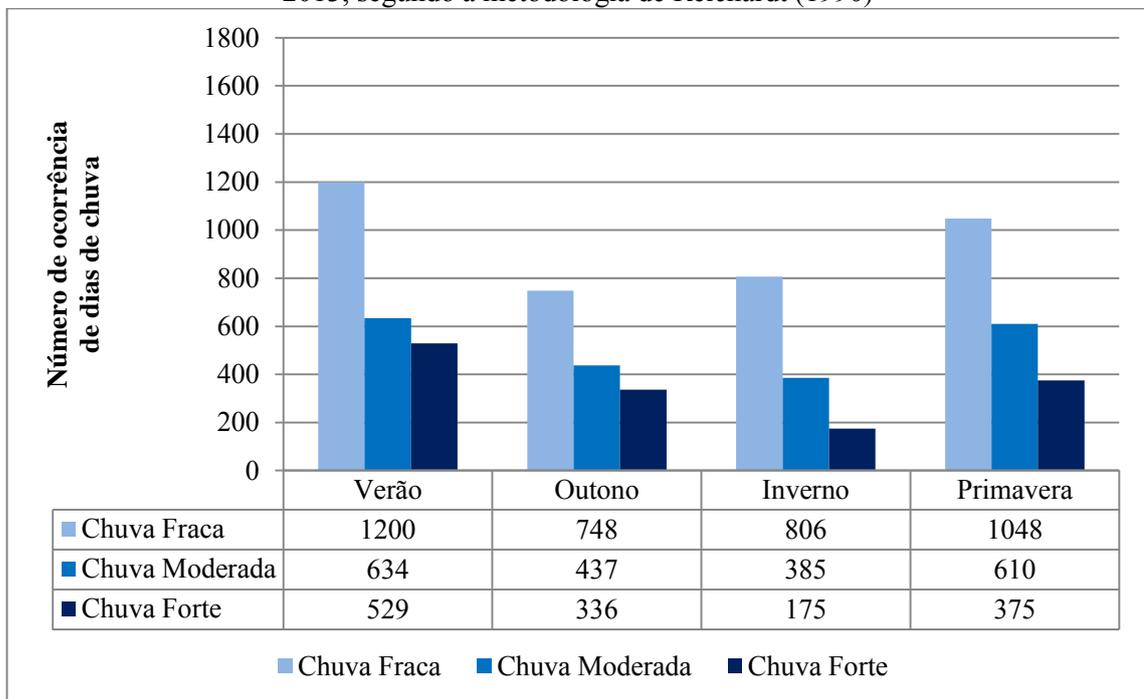
Verifica-se, dessa forma, que o número de ocorrências de eventos intensos de precipitação, bem como sua duração ocorre também, a partir da sazonalidade dos fenômenos atmosféricos. Os estudos de Minuzzi e Caramori (2011) demonstraram que há um aumento significativo nas séries temporais de precipitação no Estado do Paraná, principalmente no verão e na primavera. Essa característica é explicada pelo fato de a região ser uma área de transição climática com concentração e redução de chuvas como aponta Nimer (1989), Troppmair (1990) e Berezuk (2007).

Borsato (2010) explica que para a área de estudo, durante o início do outono, ainda prevalece a influência das massas de ar de baixa pressão, ao passo que no final da estação a Massa Polar Atlântica passa a dominar os tipos de tempo. O autor esclarece que estudos realizados em Maringá mostraram que a porcentagem das chuvas frontais com relação à precipitação total pode ser superior a 50%.

**Figura 15** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



**Figura 16** - Classes de intensidade fraca, moderada e forte sazonal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



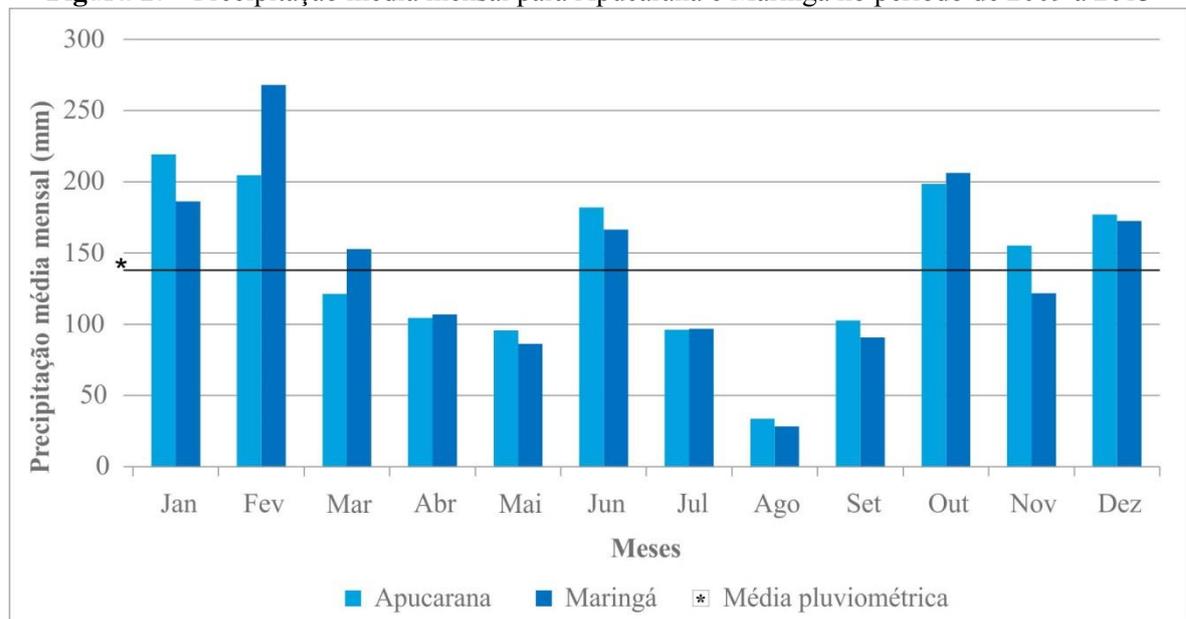
### 5.2.3 Escala mensal

Segundo Terassi (2014), a dinâmica atmosférica regional impõe condições de significativa variabilidade pluviométrica mensal à bacia hidrográfica do rio Pirapó. De modo

geral, totais pluviométricos mais elevados ocorrem no período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro, enquanto as médias pluviométricas são menores entre abril a agosto.

Ao analisar a média mensal da precipitação no período escolhido para o estudo da intensidade pluviométrica (**Figura 17**), pode-se observar que alguns meses destacaram-se com elevados valores de precipitação e outros com valores inferiores à média. Por esse motivo, serão abordados somente os meses de janeiro, fevereiro, junho, outubro e dezembro como os meses mais chuvosos, e maio, julho, agosto e setembro como meses mais secos.

**Figura 17** - Precipitação média mensal para Apucarana e Maringá no período de 2009 a 2013



Em Apucarana, o mês de janeiro (**Figura 16 e Tabela 9**), com média de 219,2 mm, apresentou o padrão pluviométrico “normal” em 2009, “chuvoso” em 2010, “tendente a chuvoso” em 2011, “seco” em 2012, e “tendente a seco” em 2013. Os valores de coeficiente positivos foram 8,8%, 71,4% e 19,9% para 2009, 2010 e 2011 e negativos de -30,8% e -19,9% em 2012 e 2013. No mês de fevereiro, verificou-se o predomínio do padrão “tendente a seco” em 2009, 2010 e 2012, com valores negativos coeficiente de -29,6%, -17,2% e -24,9%, respectivamente.

O mês de maio destacou-se pela presença do padrão “seco”, em 2010 e 2011, e pelo padrão “chuvoso” em 2013, apresentando variações negativas de coeficiente de -46,7% e -94,2% e valores de coeficiente positivo de 40,1%. Apesar de ser caracterizado como um mês com baixos valores de pluviosidade, o mês de junho teve uma média de 182,0 mm. Ao analisar o padrão pluviométrico, verificou-se que o padrão “chuvoso” ocorreu em 2011, 2012 e 2013 com coeficientes positivos de 32,7%, 151,6% e 192,7%, respectivamente.

**Tabela 9** - Ano-Padrão mensal para Apucarana no período de 2009 a 2013

Ano	Coeficiente de Variação (%)											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2009	8,8	-29,6	-44,7	-95,9	-27,5	17,1	134,8	44,4	51,3	104,6	53,9	43,1
2010	71,4	-17,2	-18,4	13,1	-46,7	-81,3	1,4	-36,9	-0,9	40,1	9,2	3,0
2011	19,9	12,0	2,2	-22,3	-94,2	32,7	92,6	-6,4	-85,5	70,8	-21,0	-71,2
2012	-30,8	-24,9	-32,5	15,8	1,8	151,6	-71,2	-94,8	-49,5	-45,6	4,3	2,6
2013	-19,9	129,9	29,7	53,8	40,1	192,7	26,8	-92,9	-16,7	-21,1	-56,0	31,7

Classificação ano-padrão	Ocorrências											
	Jan.		Fev.		Mar.		Abr.		Mai.		Jun.	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
<b>Seco</b>	1	20,0	0	0,0	2	40,0	1	20,0	2	40,0	1	20,0
<b>Tendente a Seco</b>	1	20,0	3	60,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0
<b>Normal</b>	1	20,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0
<b>Tendente a Chuvoso</b>	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0
<b>Chuvoso</b>	1	20,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	3	60,0
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	219,2		204,7		121,2		104,4		95,6		182,0	

Classificação ano-padrão	Ocorrências											
	Jul.		Ago.		Set.		Out.		Nov.		Dez.	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
<b>Seco</b>	1	20,0	3	60,0	2	40,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0
<b>Tendente a Seco</b>	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0
<b>Normal</b>	1	20,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0	2	40,0	2	40,0
<b>Tendente a Chuvoso</b>	1	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Chuvoso</b>	2	40,0	1	20,0	1	20,0	3	60,0	1	20,0	2	40,0
<b>Pluviosidade média (mm)</b>	96,0		33,6		102,6		198,6		155,1		177,0	

Com média pluviométrica de 33,6 mm, o mês de agosto apresentou padrão “seco” nos anos de 2010, 2012 e 2013, sendo que em 2012 e 2013 houve o maior valor negativo de variação com -94,8% e -92,9%. O ano de 2011 foi caracterizado como “normal” com valor negativo de coeficiente de -0,9% e foi considerado 2009 “chuvoso” com coeficiente de 44,4%. O mês de outubro, por seu turno, apresentou o padrão “chuvoso” em 2009, 2010 e 2011, com maior valor positivo de 104,6% em relação à média de 198,6 mm. A média pluviométrica em dezembro foi de 177,0 mm, de forma que, neste mês o padrão “chuvoso” foi característico dos anos de 2009 e 2013 com variação positiva de 43,1% e 31,7%, enquanto o padrão “seco” foi verificado no ano de 2011, cujo coeficiente foi de -71,2%.

No que se refere ao município de Maringá (**Figura 16 e Tabela 10**), o mês de janeiro demonstrou padrão pluviométrico “tendente a chuvoso” em 2009 e 2010, com valores positivos de coeficiente de 27,6% e 17,6%; em 2011, verificou-se o padrão “normal”, com valor negativo de coeficiente de -12,3%; padrão “seco” em 2012 e 2013, em que a variação negativa foi de -34,1% e -50,0% em relação à média de 186,2 mm. O mês de fevereiro demonstrou maior média pluviométrica dos anos analisados com 268,0 mm, sendo refletido com padrão “normal”, “tendente a chuvoso” e “chuvoso” ao longo da série, de forma que este último obteve uma variação positiva de 102,8% acima da média no ano de 2013.

Maio destacou-se pelo maior número de anos com padrão “seco”, sendo eles 2010, 2011 e 2012, com valores negativos de coeficiente de -53,9%, -90,9% e -38,8%, respectivamente. Já o ano de 2013 apresentou padrão “chuvoso” e coeficiente positivo de 50,3%. O mês de junho, assim como em Apucarana obteve uma média de 166,6 mm e apresentou padrão “chuvoso” nos anos de 2012 e 2013 com variação positiva de 167,9% e 146,5%. Em contrapartida, o ano de 2010 caracterizou-se como “seco” com valor de -79,6% de coeficiente de variação.

Agosto apresentou a menor média dos meses analisados, isto é, 28,2 mm, com padrão “seco” nos anos de 2010, 2012 e 2013, e maior valor negativo de variação com -94,8% e -94,6% em Maringá. O padrão “chuvoso” foi observado no ano de 2009 para os dois municípios com 35,4%. O mês de outubro, por conseguinte, apresentou o padrão “chuvoso” em 2009, 2010 e 2011, com maior valor positivo de coeficiente de 113,3%, no ano de 2009, em relação à média de 206,3 mm. Já em dezembro, com média de 172,5 mm, o padrão “chuvoso” foi característico no ano de 2009, com variação positiva de 86,8%. Observou-se que houve predomínio do padrão “normal” em 2010 e 2012, e “seco” nos anos de 2011 e 2013. Os valores de coeficiente para 2010 e 2012 foram 10,4% e -11,3%, enquanto 2011 e 2013 os valores negativos foram de -76,7% e -62,0%, respectivamente.

**Tabela 10 - Ano-Padrão mensal para Maringá no período de 2009 a 2013**

Ano	Coeficiente de Variação (%)											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2009	27,6	28,4	-35,1	-52,9	-15,6	1,8	172,3	35,4	5,7	113,3	37,8	86,8
2010	17,6	-3,5	-14,3	-48,7	-53,9	-79,6	-36,5	-54,0	7,7	30,2	-19,3	10,4
2011	-12,3	58,9	68,1	-25,0	-90,9	24,1	130,4	-21,3	-77,0	34,5	-22,9	-76,7
2012	-34,1	-6,0	-58,2	21,8	-38,8	167,9	-71,3	-94,8	-44,9	-64,8	-27,9	-11,3
2013	-50,0	102,8	48,2	32,4	50,3	146,5	31,7	-94,6	-40,4	46,2	-47,1	-62,0

Classificação ano-padrão	Ocorrências											
	Jan.		Fev.		Mar.		Abr.		Mai.		Jun.	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Seco	2	40,0	0	0,0	2	40,0	2	40,0	3	60,0	1	20,0
Tendente a Seco	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	0	0,0
Normal	1	20,0	2	40,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0	1	20,0
Tendente a Chuvoso	2	40,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0
Chuvoso	0	0,0	2	40,0	2	40,0	1	20,0	1	20,0	2	40,0
Pluviosidade média (mm)	186,2		268,0		152,8		107,0		86,2		166,6	

Classificação ano-padrão	Ocorrências											
	Jul.		Ago.		Set.		Out.		Nov.		Dez.	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Seco	2	40,0	3	60,0	3	60,0	1	20,0	1	20,0	2	40,0
Tendente a Seco	0	0,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0	3	60,0	0	0,0
Normal	0	0,0	0	0,0	2	40,0	0	0,0	0	0,0	2	40,0
Tendente a Chuvoso	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Chuvoso	3	60,0	1	20,0	0	0,0	4	80,0	1	20,0	1	20,0
Pluviosidade média (mm)	96,8		28,2		90,6		206,3		121,7		172,5	

### 5.2.3.1 Classe de intensidade fraca

O número de dias com chuvas de intensidade fraca na escala mensal proposto pelo INMET (1999) pode ser observado nas **Figuras 18 e 19**. A análise desta classe de intensidade seguirá o critério proposto anteriormente, ou seja, serão discutidos os meses de janeiro, fevereiro, abril, junho e outubro com maior número de ocorrências, e abril, agosto e setembro para os meses com menores ocorrências de chuva fraca.

A variação do número de ocorrência de dias de chuvas fracas em Apucarana (**Figura 18**), no mês de janeiro, variou de 45 a 233. Os anos de 2010, 2011 e 2012 destacaram-se por apresentar 233, 137 e 152 chuvas desta intensidade, além de 45 ocorrências em 2009. Em relação ao mês de fevereiro, em Apucarana, nota-se que o ano de 2013 apresentou maior número de dias de chuvas fracas, totalizando 193 e o ano de 2009 com apenas 27 chuvas.

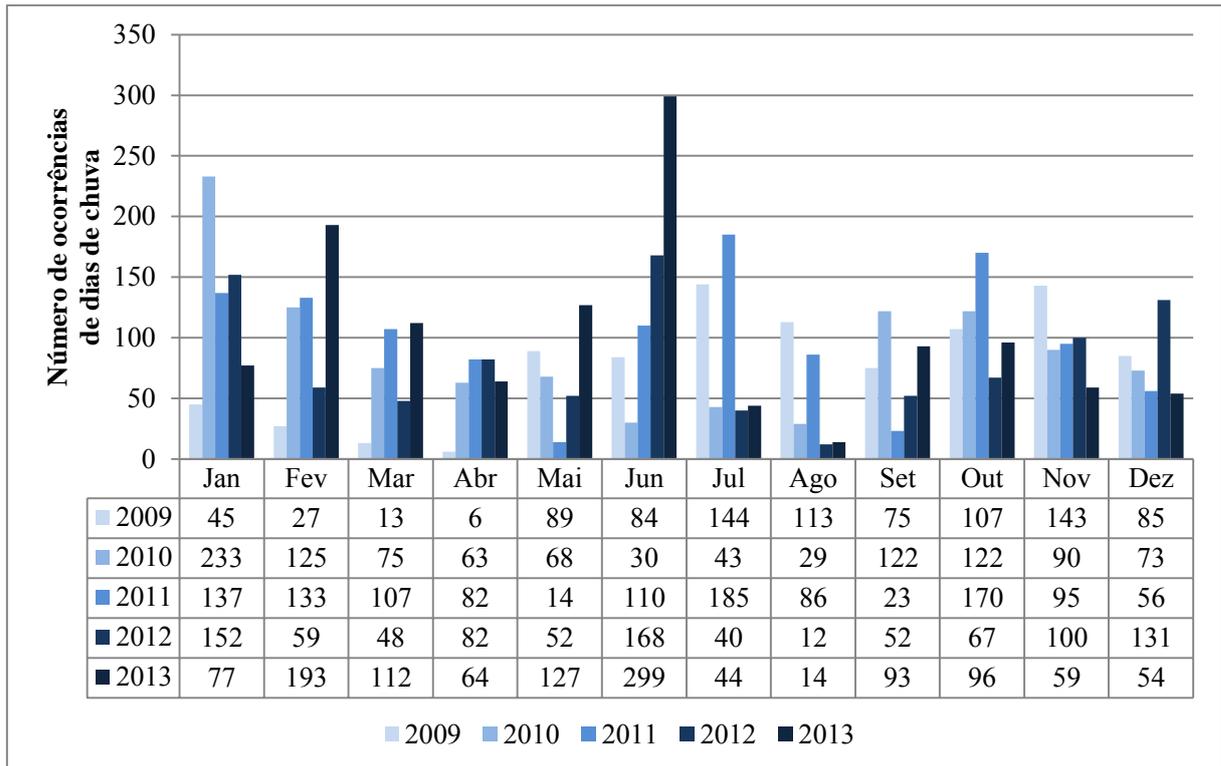
O mês de junho apresentou elevados valores de intensidade fraca, em Apucarana, principalmente, nos anos de 2011, 2012 e 2013. É possível verificar que, somente em 2013, ocorreram 299 eventos dessa classe de intensidade, e que em 2012 ocorreram 168 eventos, mesmo sendo um mês com padrão “seco” para este ano.

Leite, Adacheski e Filho (2001), ao caracterizar as chuvas fracas com valor de 2,5 a 10,0 mm/24 horas, em Ponta Grossa-PR, observaram que essa classe de intensidade correspondeu a 29,45% de ocorrência no mês de junho, além do que, essa foi a classe de intensidade mais frequente em nove meses do ano.

Agosto foi o mês que correspondeu às menores ocorrências de chuva fraca em relação aos outros meses analisados. O ano de 2009 caracterizou-se pelas maiores ocorrências dessa classe de intensidade, isto é, 113 eventos. O mês de setembro registrou valores de chuvas fracas superiores a agosto, com destaque para o ano de 2010 com 122 ocorrências. No mês de outubro, caracterizado como “chuvoso”, os anos de 2009, 2010 e 2011 obtiveram destaque por apresentar registros de 107, 122 e 170 chuvas fracas, respectivamente.

Segundo Silva e Clarke (2004), o relevo exerce influência sobre o regime pluviométrico de uma bacia hidrográfica. Estes autores observaram que as chuvas fracas foram predominantes no baixo curso do rio São Francisco, onde as cotas altimétricas são menores. Entretanto, este resultado denota divergência em relação ao alto curso do rio Pirapó, onde as chuvas fracas foram superiores, principalmente em Apucarana, que possui uma altitude de 746 metros, ou seja, o setor mais elevado da área de estudo.

**Figura 18** - Classe de intensidade fraca mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



Observa-se que, no mês de janeiro, para Maringá (**Figura 19**), houve destaque para o ano de 2010 com 184 ocorrências de chuva fraca e 2013 com o menor registro, 50 episódios de chuvas. Em relação a fevereiro, nota-se que 2009, 2010, 2011 e 2013 apresentaram ocorrências de chuvas fracas superiores a 100 eventos, caracterizando-se como um mês sem a existência do padrão “tendente a seco”, o que não foi verificado em Apucarana.

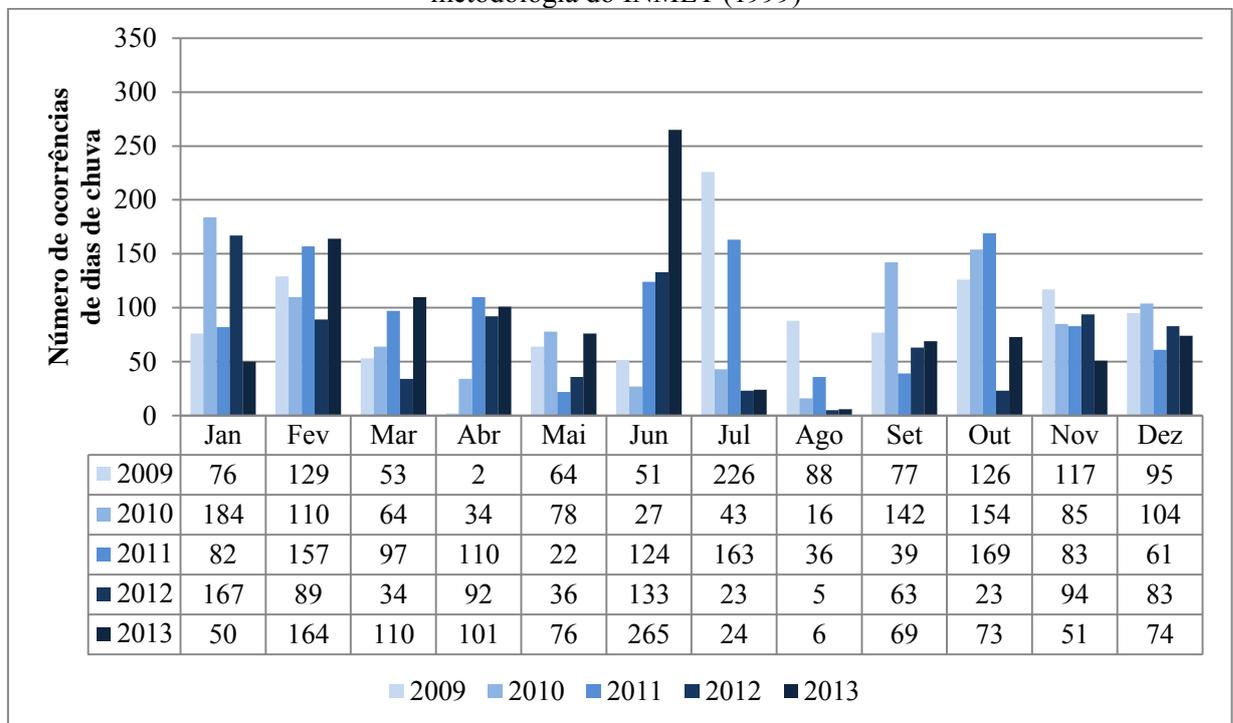
No que tange ao mês de junho, os maiores números de chuvas fracas ocorreram em 2011, 2012 e 2013, de sorte que somente no ano de 2013, houve 265 chuvas desta classe de intensidade. Já em agosto, observa-se a redução significativa do número de ocorrência destas chuvas ao longo dos anos analisados, com o menor valor registrado em 2012, que apresentou apenas 5 eventos. Verifica-se que, em setembro, houve um ligeiro acréscimo no número das chuvas, com destaque para o ano de 2010, que registrou o maior valor, ou seja, 142, em contrapartida com 2011 em que foram registrados apenas 39 eventos. Finalmente, em outubro, os anos de 2009, 2010 e 2011 destacaram-se por mais chuvas fracas, de maneira que o maior registro foi verificado em 2011 com 169 eventos desta classe de intensidade.

Os resultados relacionados às chuvas fracas corroboram aos encontrados por Lima et al. (2012). Ao estudarem a intensidade da precipitação, tendo como base a metodologia proposta pelo Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999) estes estudiosos verificaram que, na bacia do rio Guaçu-GO, houve predomínio da classe de intensidade fraca

entre os meses de janeiro a junho de 2012. Os autores esclarecem que o mês de fevereiro apresentou os maiores números e abril o menor número de chuvas dessa classe de intensidade.

A partir dos resultados expostos, pode-se verificar que houve diferenças significativas no número de ocorrência de chuvas fracas entre Apucarana e Maringá. Em janeiro e agosto houve mais eventos desta classe de intensidade para o município de Apucarana, porém, os meses de fevereiro e setembro apresentaram maiores ocorrências em Maringá. Em contrapartida, os meses de junho e outubro apresentaram características semelhantes nos dois municípios tanto em relação ao número de ocorrência quanto em relação a alguns anos.

**Figura 19** - Classe de intensidade fraca mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



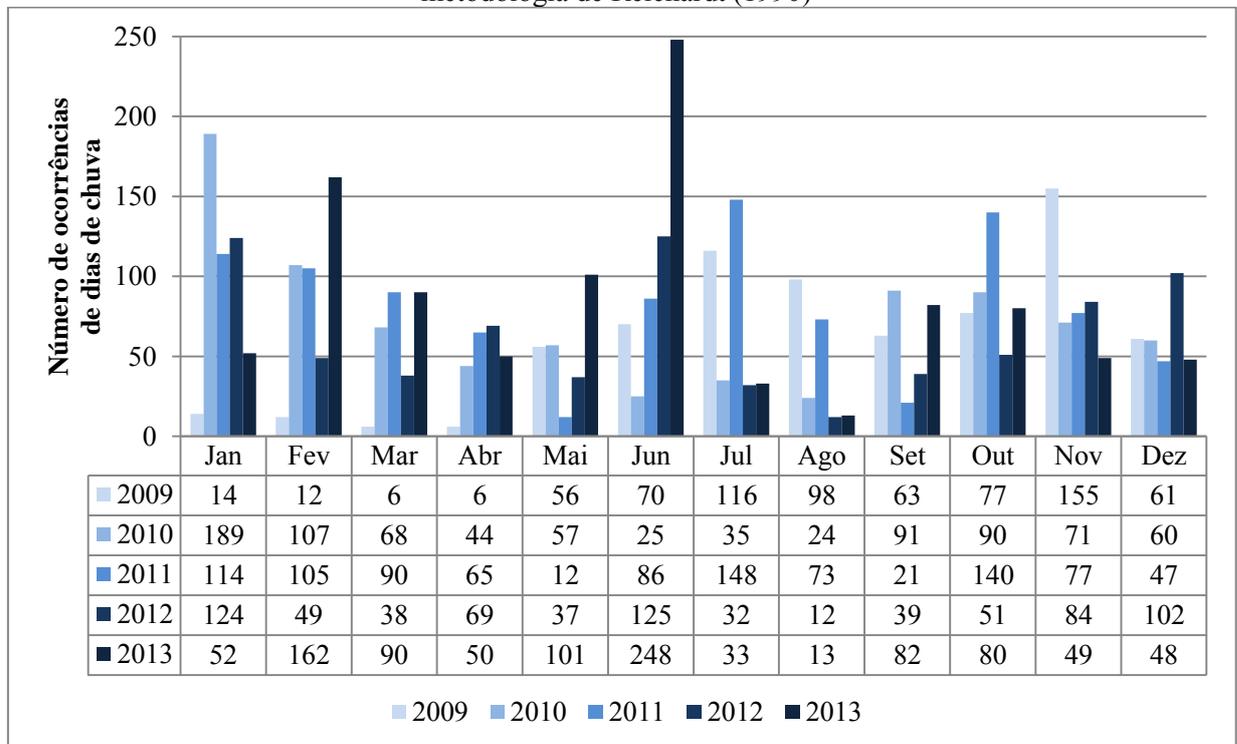
Por meio da **figura 20**, verificam-se os valores de chuvas de intensidade fraca para a proposta de Reichardt (1990). Segundo esta metodologia, em Apucarana, as maiores ocorrências desta classe concentraram-se nos meses de janeiro, fevereiro, junho e outubro, enquanto os meses de abril e agosto apresentam as menores ocorrências. Em relação ao mês de janeiro, os anos de 2010, 2011 e 2012 destacaram-se pelo número de ocorrência de chuvas fracas com 189, 114 e 124, respectivamente, o que também foi observado no mês de fevereiro, principalmente no ano de 2010 com 189 eventos de chuva fraca.

Embora tenham utilizado um valor de intensidade diferenciado para as chuvas fracas, os resultados observados por Dantas et al. (2014), na bacia do rio Una-PE, revelaram a contribuição dessas chuvas para os eventos de inundação verificados nos meses de fevereiro

de 2004, junho de 2010 e agosto de 2000. De acordo com Monte, Costa e Júnior (2013), os menores valores de precipitação ocorreram tanto no alto quanto no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mundaú entre 1962 e 1991.

No mês de abril, caracterizado como um dos meses com menores ocorrências, os valores de chuvas fracas foram semelhantes nos anos foco deste estudo, exceto em 2009, no qual ocorreram apenas 6 eventos de chuva fraca. Junho apresentou maior número de ocorrências de chuvas fracas no ano de 2013, com 248 eventos. Nota-se que o ano de 2013 foi um dos mais representativos, pois demonstrou valores elevados de chuvas fracas durante o mês de março, maio e dezembro.

**Figura 20** - Classe de intensidade fraca mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



No que tange ao mês de agosto, observa-se que houve menores ocorrências de chuvas fraca durante os anos em estudo, porém somente em 2009 ocorreram 98 chuvas, o que difere dos valores encontrados nos meses mais chuvosos do ano, como janeiro e fevereiro. Nos demais anos, nota-se a diminuição do número de eventos de chuva fraca. No ano de 2011, o mês de outubro foi o que representou maior número, com o registro de 140 chuvas dessa classe de intensidade e, nos demais anos o número de ocorrência, neste mês, foi semelhante.

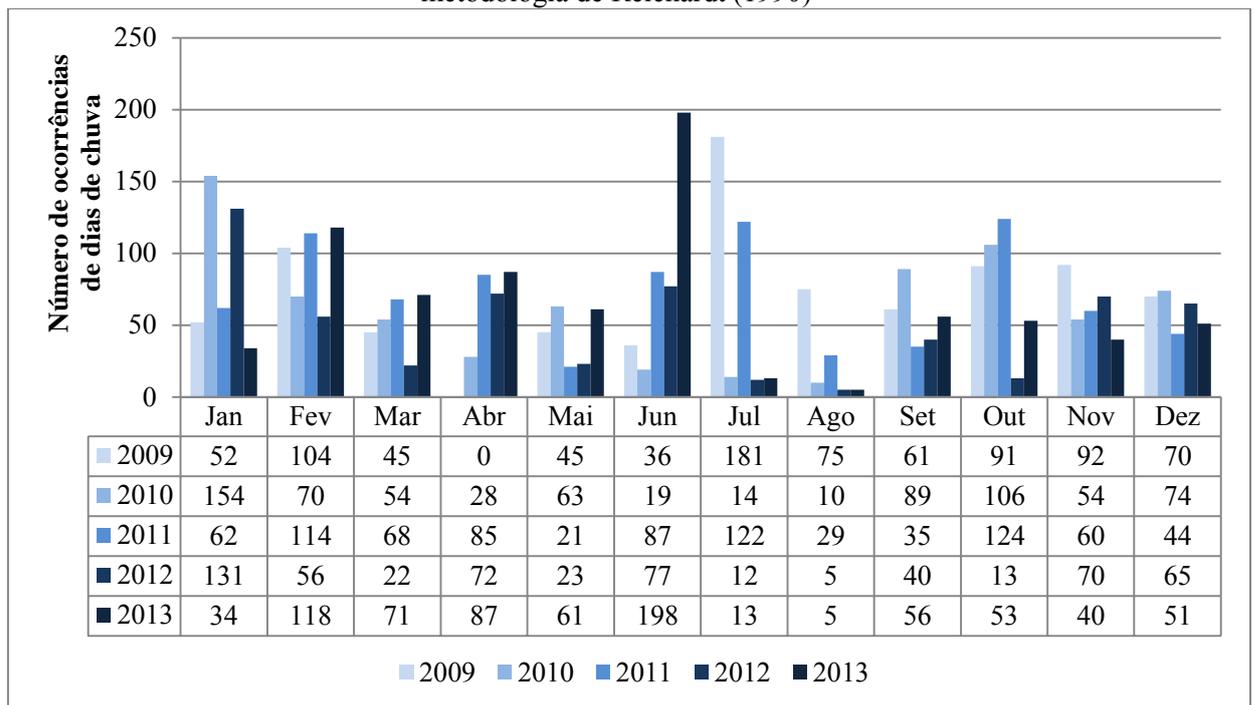
Para Maringá (**Figura 21**), observa-se que o número de chuvas fracas foi menor do que o encontrado em Apucarana somente nos meses de fevereiro, abril e dezembro. Janeiro,

fevereiro e junho demonstraram mais eventos de chuva fraca no município de Maringá. Em relação ao mês de janeiro, os anos de 2010 e 2012 apresentaram 154 e 131 eventos de chuva fraca em comparação com os outros anos, porém os anos de 2009, 2011 e 2013 destacaram-se durante o mês de fevereiro com 104, 114 e 118, respectivamente.

O mês de abril chama a atenção pelo fato de não apresentar nenhuma ocorrência de chuva fraca no ano de 2009, além de demonstrar um aumento do número de ocorrência ao longo dos anos de estudo. Ao analisar o mês de junho, percebe-se que este se configurou como um dos mais chuvosos, em relação aos outros meses do ano, devido à ocorrência de 198 chuvas fracas somente no ano de 2013.

Nota-se que em Agosto houve uma diminuição no número de chuvas fracas de 2009 a 2013, de forma que este último ano apresentou apenas 5 ocorrências. Em relação a outubro, o número de chuvas fracas foi maior em 2010 e 2011 com 106 e 124, respectivamente.

**Figura 21** - Classe de intensidade fraca mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



Cabe ressaltar que a semelhança nos resultados quanto aos meses de maior e menor ocorrência de chuvas fracas está relacionada com a dinâmica climática regional. Ao analisar os resultados de chuva fraca, no mês de junho de 2013, por exemplo, verificou-se uma intensa atividade frontal, associada à atuação da corrente de jato em baixos níveis e à passagem de cavados na média e alta troposfera, o que contribuiu para o excesso de chuva no norte do Paraná, com anomalias positivas de até 200 mm (CLIMANÁLISE, 2013). Em contrapartida,

no mês de agosto para o mesmo ano houve a escassez de chuva no estado de 25 mm e 100 mm abaixo da média histórica.

Na comparação dos dois municípios, pode-se inferir que o número de eventos de chuvas fracas é semelhante, com uma leve mudança durante os meses, como verificado na metodologia do INMET (1999). Por outro lado, a aplicação da proposta de Reichardt (1990) também revelou maior número de ocorrência de chuvas fracas em Apucarana nos meses analisados. Portanto, observa-se que, somente nos meses de fevereiro e outubro, os valores dessa classe de intensidade foram maiores em Maringá.

Percebe-se, ainda, que o número de eventos de chuvas é semelhante nas duas metodologias empregadas. Contudo, a metodologia do INMET (1999) demonstrou maior tendência de chuvas fracas tanto em Apucarana quanto em Maringá, o que não foi verificado na proposta de Reichardt (1990), ou seja, para esta proposta houve a diminuição do número de chuvas fracas para ambos os municípios.

#### *5.2.3.1 Classe de intensidade moderada*

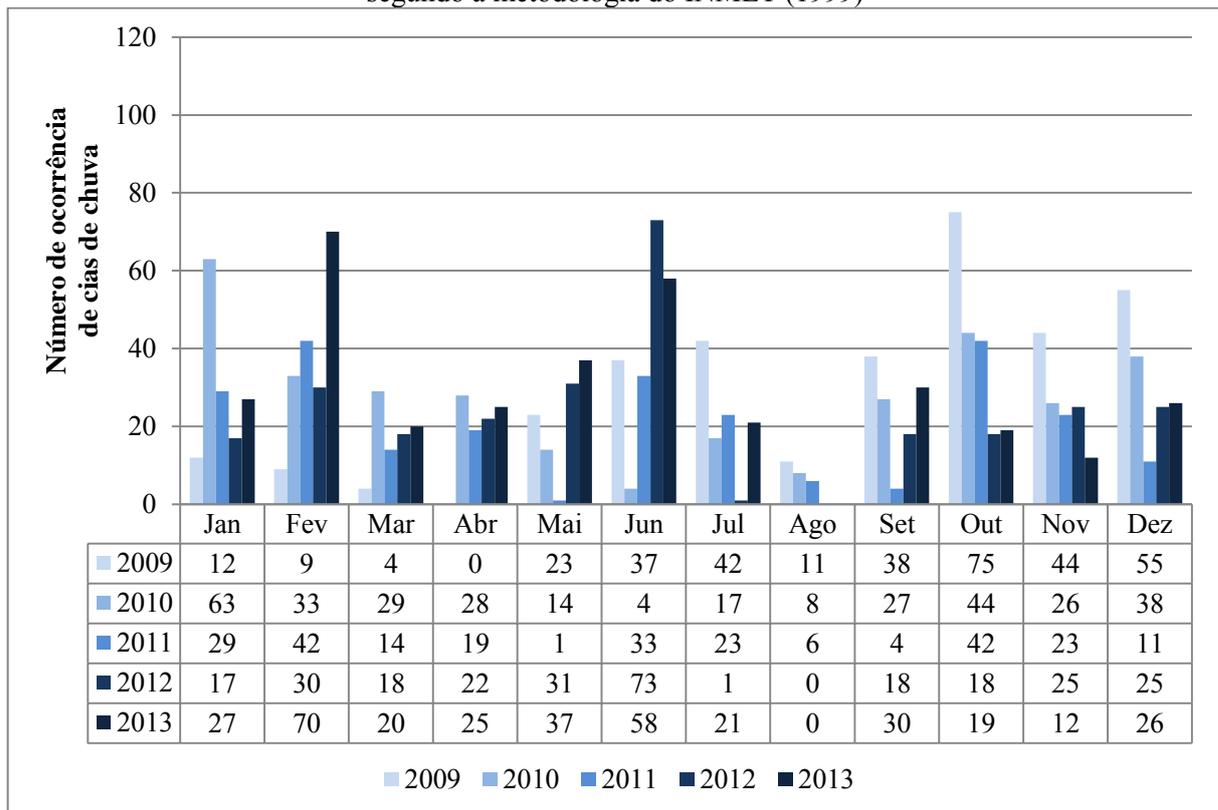
A partir das **Figuras 22 e 23**, é possível verificar os dias de ocorrências de chuvas moderadas para Apucarana e Maringá segundo a metodologia do INMET (1999). Esta classe de intensidade ocorreu em menor proporção em relação às chuvas fracas nos anos analisados neste estudo. É possível verificar que os mesmos meses que foram mais representativos para a classe de intensidade fraca também prevaleceram para a intensidade moderada.

Na **Figura 22** referente à Apucarana, nota-se que os meses de janeiro, fevereiro, junho e outubro apresentaram maiores valores de chuva moderada. No mês de janeiro percebe-se que, somente o ano de 2010 apresentou maiores valores da ocorrência de chuvas moderadas, com 63 eventos. Já em relação ao mês de fevereiro, o ano de 2013 foi o mais significativo, com 70 chuvas moderadas. Em relação ao mês de junho, pode-se verificar a maior ocorrência de chuvas moderadas, com exceção do ano de 2010.

Março e agosto demonstraram os menores números de ocorrência de chuvas moderadas, visto que, no que se refere a março, o ano de 2009 representou o menor valor com apenas 4 eventos; o mês de agosto, por sua vez, não registrou nenhuma chuva desta intensidade em 2012 e 2013, sendo o mês com menor número de chuvas moderadas. Percebe-se que, no mês de outubro, houve uma diminuição do número de eventos de chuva moderada em 2012 e 2013 em relação aos outros anos da série, no entanto, no ano de 2009, outubro foi um mês significativo com o maior número de chuvas moderadas, totalizando 75 episódios.

Ao relacionarem a intensidade da precipitação com os impactos ocorridos na cidade de Recife-PE, Souza, Azevedo e Araújo (2012) constataram que as chuvas moderadas, de 8,4 a 18,6 mm/24 horas foram mais constantes entre os meses de março e agosto. Além disso, os autores relatam que os impactos gerados por esta classe de intensidade são pontos de alagamento na cidade.

**Figura 22** - Classe de intensidade moderada mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



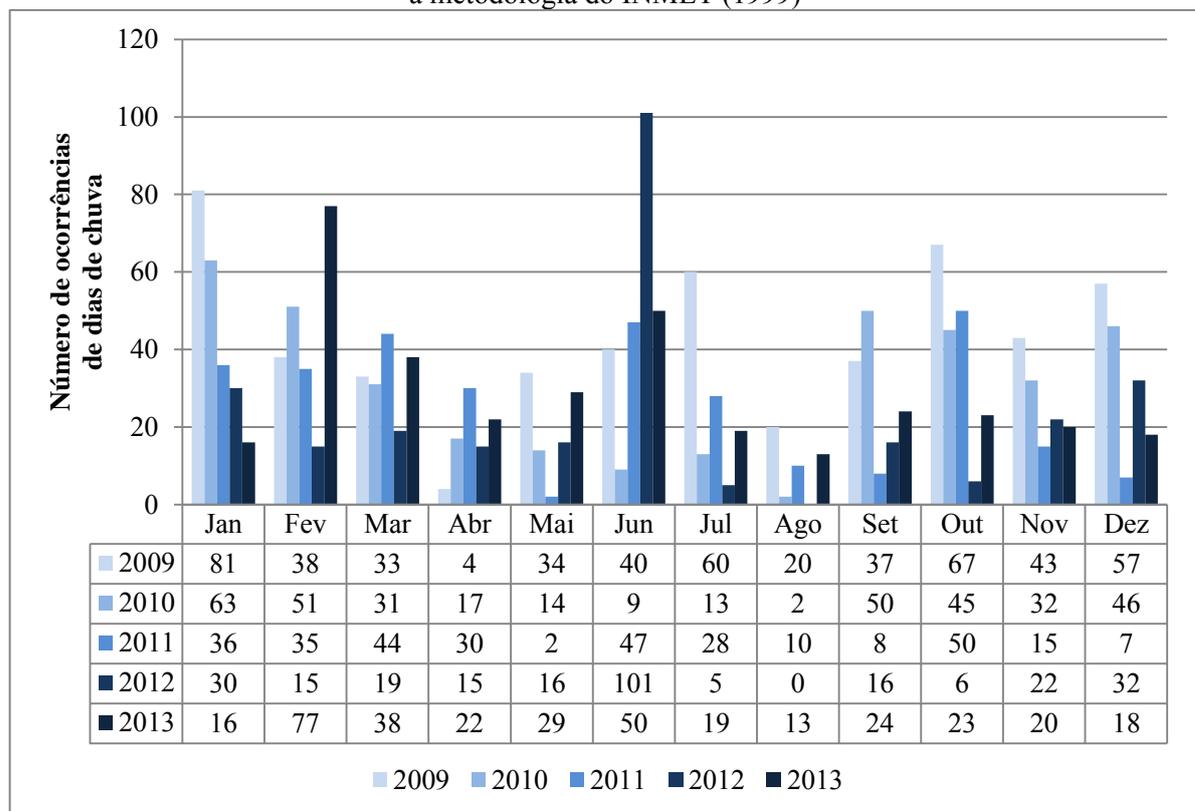
Conforme mostra a **Figura 23**, as chuvas moderadas, em Maringá, ocorreram em maior proporção do que em Apucarana. No que concerne ao mês de janeiro, os anos de 2009 e 2010 apresentaram 81 e 63 chuvas moderadas, já em fevereiro houve destaque para o ano de 2010 e 2013 com 51 e 77 chuvas. O mês de junho, do ano de 2012, apresentou 101 chuvas moderadas, ao passo que no ano de 2009, outubro foi o mês mais representativo com 67 eventos dessa intensidade. Os meses menos representativos dessa classe de intensidade foram abril e agosto, tendo abril 4 eventos em 2009, e nenhum registro no mês de agosto em 2012.

Em relação ao ano de 2009 (**Figura 23**) foi identificado que os maiores valores registrados de chuva moderada ocorreram nos meses de janeiro com 81 chuvas, julho com 60, outubro com 67 e dezembro com 57. Estes resultados diferem dos obtidos por Alves (2014), também para Maringá, que contabilizou 53 dias de chuvas moderadas no referido ano, sendo

que os meses mais representativos foram maio com 5 ocorrências, julho com 6, setembro com 7, outubro com 6 e novembro com 7 chuvas moderadas.

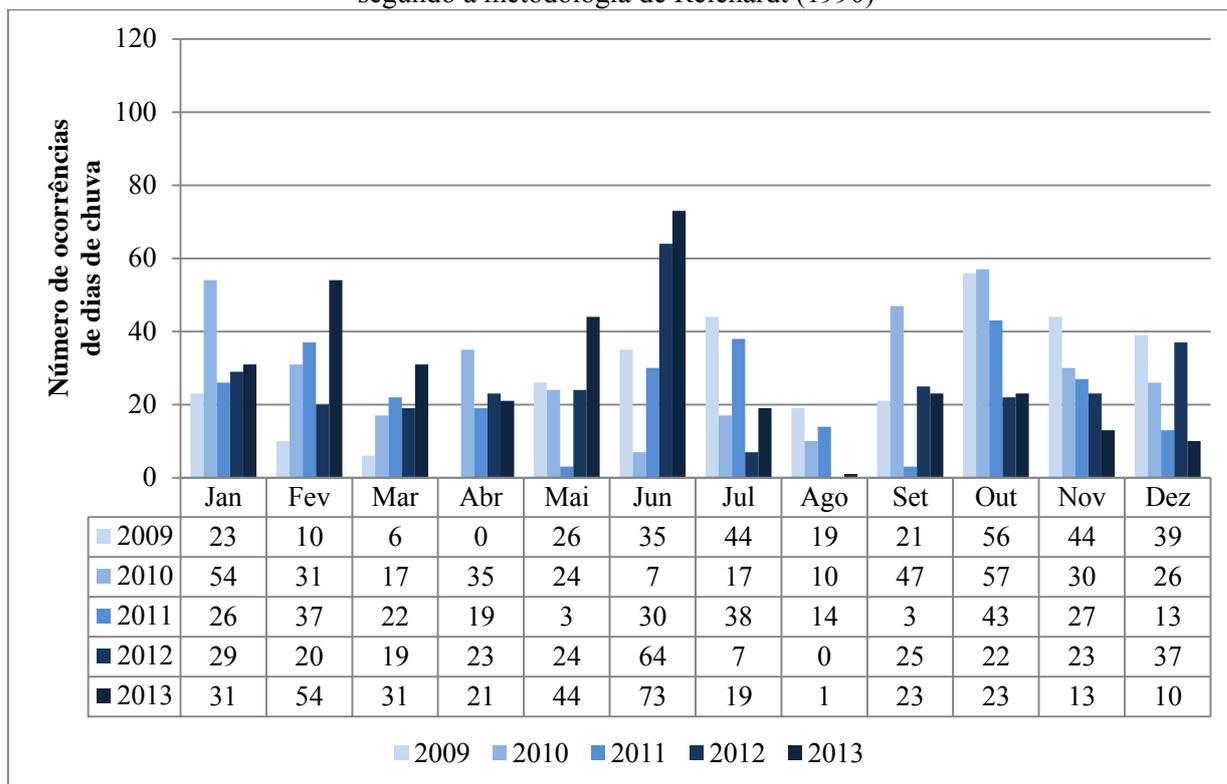
Contudo, Deffune, Klosowski e Silva (1995) enfatizam, em seu trabalho, que as maiores intensidades para Maringá, são para as chuvas moderadas. Os meses com maiores ocorrências desta classe de intensidade no período de 1976 a 1994 foram janeiro, fevereiro e dezembro, com 129, 107 e 121, respectivamente.

**Figura 23** - Classe de intensidade moderada mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



Com a aplicação da classificação de Reichardt (1990), foi possível verificar, em Apucarana (**Figura 24**), a mesma tendência em relação aos meses com maiores e menores ocorrências de chuva moderada. No mês de janeiro nota-se que o número de ocorrência de chuvas moderadas foi semelhante, mas em 2010 observa-se o maior valor, com 54 eventos, além do que, o ano de 2013 também registrou o mesmo número de chuvas moderadas para fevereiro. Já no que diz respeito ao mês de junho, notam-se maiores ocorrências em 2012 e 2013 com 64 e 73 chuvas, ao passo que no mês de outubro houve a ocorrência de 56 e 57 episódios de chuvas moderadas, nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. O mês de agosto apresentou as menores ocorrências desta classe de intensidade, seguido pelo mês de março com apenas 6 eventos em 2009.

**Figura 24** - Classe de intensidade moderada mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)

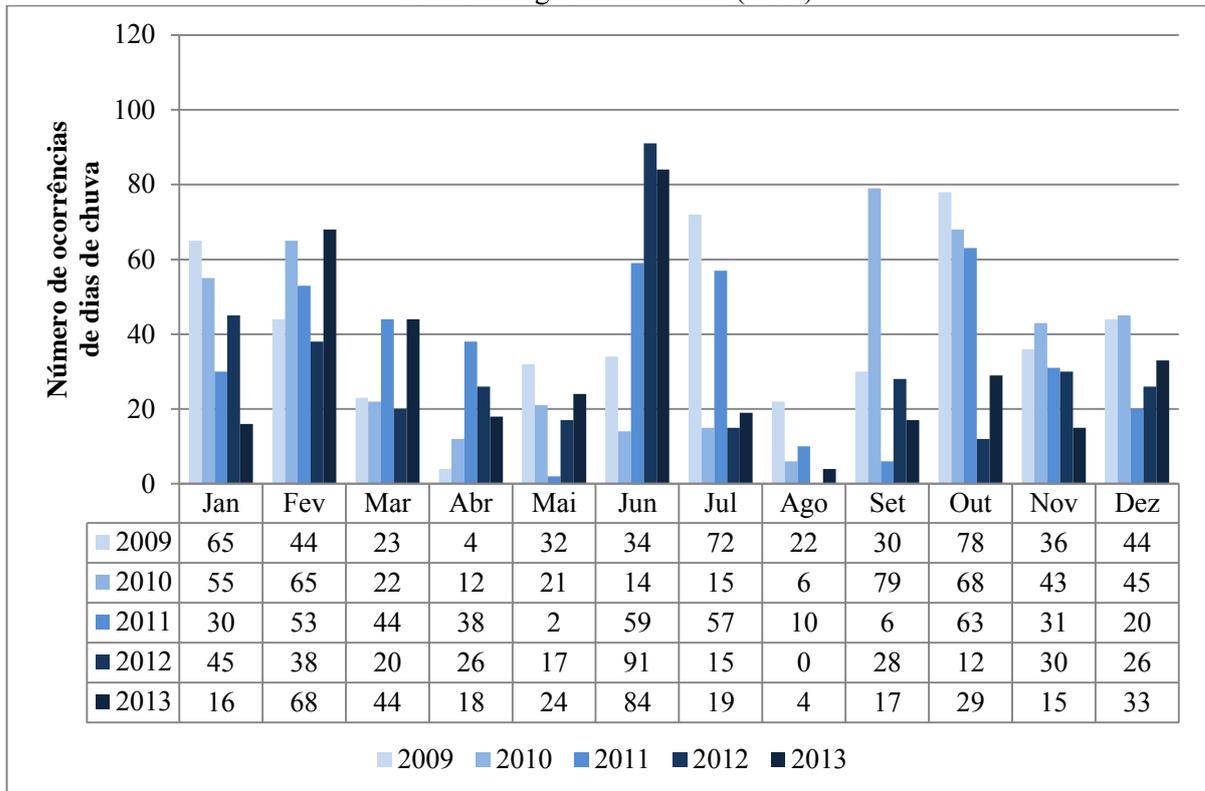


Para Maringá (**Figura 25**), janeiro foi um dos meses com elevada ocorrência de chuvas moderadas, principalmente no ano de 2009 com 65 eventos, enquanto fevereiro apresentou 68 chuvas desta intensidade no ano de 2013. Já o mês de junho obteve a mesma característica descrita em comparação com Apucarana, com 91 e 84 chuvas moderadas em 2012 e 2013, ao passo que em outubro as maiores ocorrências foram observadas em 2009 e 2010 com 78 e 68 eventos.

Segundo a Climanálise (2009), durante o mês de outubro houve um acumulado de 334 mm de precipitação em Maringá, de maneira que a média climatológica para este mês era igual a 162,4 mm. O mesmo foi verificado no ano de 2013, no qual, somente no dia 4 de outubro, houve o registro de 84,4 mm de chuva (CLIMANÁLISE, 2013). Característica semelhante pode ser verificada em Apucarana, por Martins (2009), ao analisar a precipitação pluviométrica do município e constatar que o mês de janeiro foi o mais chuvoso com média de 209,3 mm para toda a série histórica.

No que se refere ao mês de maio, um dos meses com menores valores de chuvas moderadas, ocorreram apenas 2 chuvas, em 2011, enquanto o mês de agosto não obteve nenhum número de chuvas desta classe de intensidade no ano de 2012.

**Figura 25** - Classe de intensidade moderada mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



A verificação e o entendimento da intensidade da precipitação justificam muitas pesquisas relacionadas à agricultura, de modo que muitos pesquisadores atentam para os impactos negativos que eventos de precipitação podem gerar em regiões agricultáveis, ou seja, eventos de precipitação intensa prejudicam a produção agrícola, além dos processos erosivos (MEHL et al., 2001; MELLO et al., 2001; BRAIDO; TOMMASELLI, 2011; WALTRICK et al., 2015).

Ao comparar as chuvas moderadas registradas em Apucarana e Maringá, observa-se que Maringá apresentou maiores ocorrências desta classe de intensidade nos meses de janeiro e junho. Em Apucarana, por seu turno, os meses mais representativos foram junho e outubro; não obstante, o mês de agosto apresentou os menores valores em ambos os municípios. Percebe-se que Maringá configurou-se com mais eventos de chuvas moderadas caracterizadas por uma maior concentração durante alguns meses, o que não se observa em Apucarana, embora verifique-se certa regularidade entre os valores.

Terassi (2015) considera importantes as chuvas de menores expressões para o encharcamento, saturação do solo e, conseqüentemente, para a intervenção indireta na ocorrência de erosividade das chuvas de maiores intensidades. Para o autor, nos períodos de

janeiro a março e setembro a dezembro houve um aumento no índice de erosividade da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV.

Considera-se, a partir destes resultados, que não são somente os eventos de precipitação intensa os responsáveis pelo processo de erosão do solo, mas também as chuvas de menor intensidade associadas às condições físicas do solo, bem como os cuidados com o manejo, ambas condições de potencialidade para a produção de sedimentos. No caso do processo de erosão, o conhecimento da precipitação antecedente e da intensidade favorecem, de modo significativo, o volume e a velocidade da enxurrada, propiciando maior perda de solo (ALENCAR, SILVA E OLIVEIRA, 2006; BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012; ZANELLA, 2006).

#### *5.2.3.3 Classe de intensidade forte*

Como pode ser observado nas **Figuras 26 e 27**, com o aumento da intensidade pluviométrica há um decréscimo do número de eventos se comparados com as demais classes, ou seja, as chuvas intensas ocorreram em menor quantidade em relação às de fraca e moderada intensidade para os anos estudados segundo a metodologia do INMET (1999).

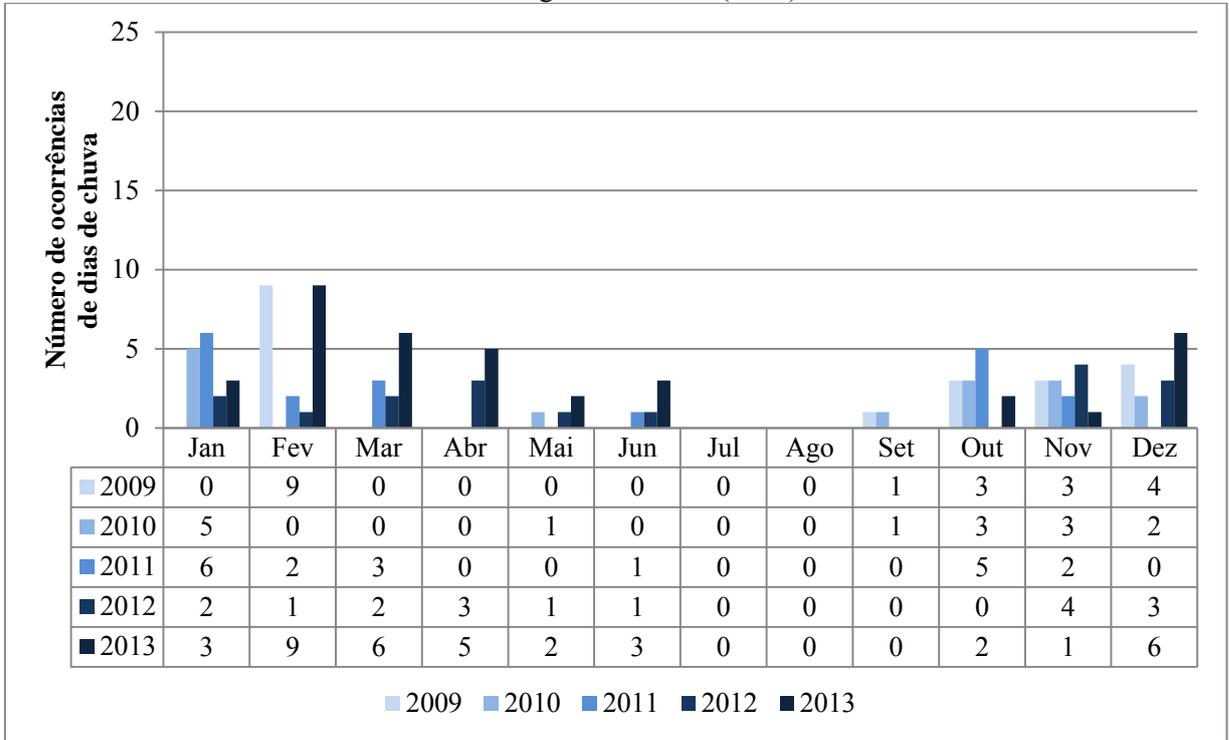
Na **Figura 26**, verifica-se que as chuvas fortes, em Apucarana, são inferiores às registradas em Maringá. Os meses de janeiro, fevereiro e dezembro foram os meses que mais apresentaram eventos de chuva forte, em Apucarana, com destaque para o ano de 2011 com 6 eventos em janeiro, fevereiro com 9 chuvas em 2009, e dezembro com 6 ocorrências em 2013. Os meses de julho e agosto não apresentaram nenhuma chuva forte ao longo dos anos.

Devido à ocorrência de chuvas intensas, há grande propagação de informações a respeito dos impactos que as chuvas do ano de 2009 causaram tanto na economia, quanto na agricultura, além de problemas na cidade de Maringá. De acordo com o jornal Gazeta do Povo, no dia 16/12/2009, grande parte da cidade de Maringá ficou sem luz por pelo menos duas horas e houve alagamento em vários pontos da cidade, o que dificultou o tráfego de veículos (GAZETADOPOVO.COM.BR, 2009).

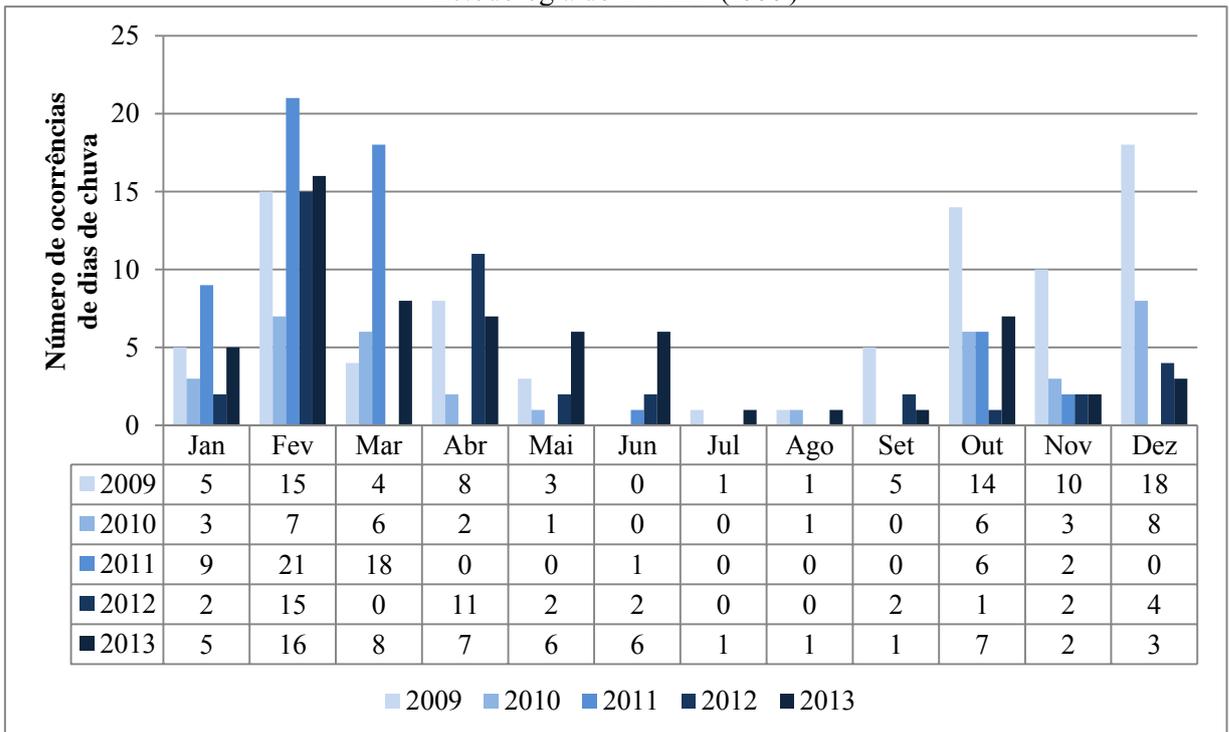
Em relação à Maringá (**Figura 27**), observa-se maior número de eventos de chuva forte ao longo dos meses. Os meses de fevereiro, março e outubro destacaram-se por apresentar maior ocorrência, durante todos os anos de estudo, sendo que, em relação a fevereiro e março o ano de 2011 destacou-se com 21 e 18 chuvas fortes, enquanto houve 14 chuvas intensas em outubro de 2009. Os meses de julho e agosto apresentaram os menores

registros de chuvas fortes. O ano de 2009 destacou-se em relação aos outros anos quanto à ocorrência de chuvas dessa classe de intensidade.

**Figura 26** - Classe de intensidade forte mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



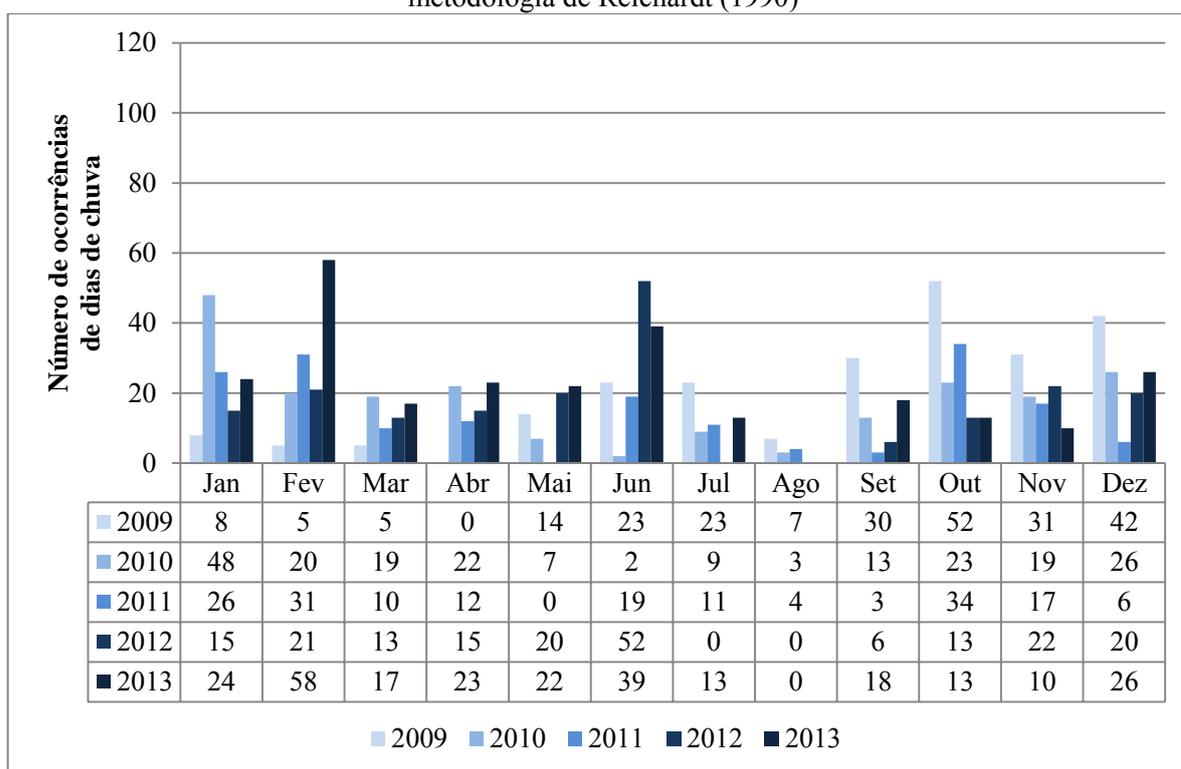
**Figura 27** - Classe de intensidade forte mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia do INMET (1999)



A reportagem do jornal Gazeta do Povo, do dia 20/01/2011, atesta ainda mais impactos gerados pelas chuvas intensas na área urbana, especificamente no município de Maringá. Segundo o jornal, o processo de erosão, que comprometeu algumas vias da cidade, como a Avenida Jinroku Kubota que liga as avenidas Tuiuti e Guaiapó, foi provocado pelas fortes enxurradas, rompendo a galeria das águas pluviais do local, dando origem a uma voçoroca em uma área de fundo de vale do córrego Morangueiro. Este problema existe desde 2009, quando foram realizadas obras de restauração das galerias (GAZETADOPOVO.COM.BR, 2011).

As chuvas fortes, segundo a metodologia de Reichardt (1990), foram representadas na **Figura 28** para Apucarana e **Figura 29** para Maringá. Ao analisar a ocorrência desta classe de intensidade, em Apucarana, verifica-se maior frequência nos meses de janeiro, fevereiro, junho, outubro e dezembro e menor frequência em março, maio e julho.

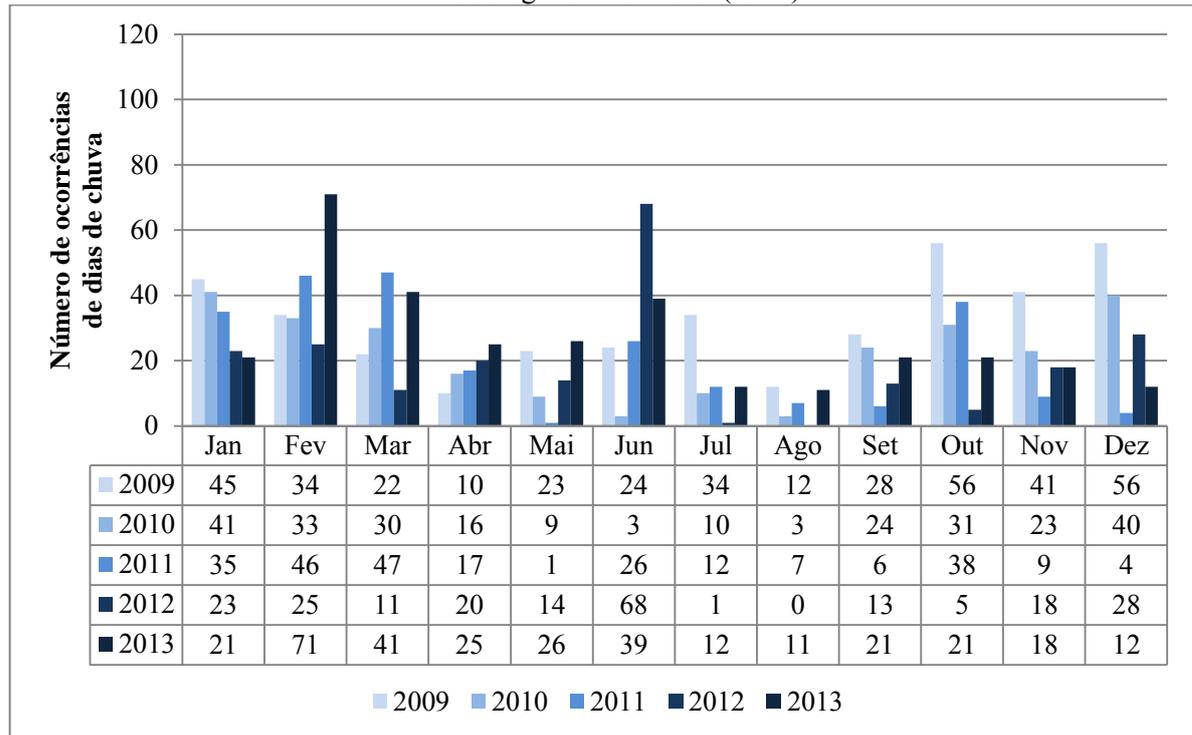
**Figura 28** - Classe de intensidade forte mensal para Apucarana, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



Para o mês de janeiro, observa-se que as chuvas fortes concentraram-se em 2010 com 48 ocorrências, já em fevereiro verificou-se que as chuvas ocorreram em maior proporção no ano de 2013 com 58 eventos, havendo um aumento no número de ocorrência nos anos de estudo. O mês de junho destacou-se por apresentar o maior número de ocorrências de chuvas fortes em 2012 e 2013 com 52 e 39, respectivamente. Em relação aos meses de outubro e

dezembro, observa-se que no ano de 2009 ocorreram mais eventos de chuvas fortes, que totalizaram 52 e 42 eventos. Em contrapartida, no que se refere aos meses menos representativos, março destacou-se no ano de 2009 com menor valor, enquanto nenhum evento de chuva forte ocorreu em maio de 2011 e julho de 2013.

**Figura 29** - Classe de intensidade forte mensal para Maringá, nos anos de 2009 a 2013, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



A partir de dados transmitidos pelos noticiários de jornais, Zanella (2006) constatou, em sua pesquisa, os impactos que os eventos de precipitação intensa superiores a 60 mm/24 horas causaram na cidade de Curitiba. Entre os principais problemas citados estão as inundações de áreas ribeirinhas, alagamentos de ruas, perdas materiais, falta de luz, água e telefone, problema no tráfego de automóveis, danificação de estrutura em edifícios e questões relacionadas à saúde, como casos de leptospirose. A pesquisa de Pinheiro (2012) também revela os mesmos problemas para o município de Bauru e levanta considerações importantes quanto à elaboração e mapeamento para as áreas de risco.

No que se refere às chuvas fortes em Maringá (**Figura 29**), constatou-se que os meses que compreendem o verão (janeiro, fevereiro e março) e a primavera (outubro, novembro e dezembro) apresentaram maiores casos desta classe de intensidade, juntamente com o mês de junho. Contudo, janeiro, fevereiro, março e junho destacaram-se em relação aos demais meses do ano. Em relação a janeiro, verifica-se que as chuvas fortes ocorreram em maior proporção

em 2009, com 45 chuvas. O mês de fevereiro apresenta-se como o mês com maior número de chuvas desta intensidade, com destaque para o ano de 2013, que apresentou 71 ocorrências, ao passo que no mês de março ocorreram 47 e 41 eventos nos anos de 2011 e 2013, e em junho, houve 68 ocorrências de chuvas fortes somente em 2012.

As menores ocorrências de chuvas fortes foram características dos meses de maio, com apenas 1 evento no ano de 2011 e julho de 2012. Em agosto de 2012 não houve registro dessa classe de intensidade. Com base no número de eventos de chuva forte para Apucarana e Maringá, é possível inferir que, embora haja valores elevados, há também meses em que estes eventos foram reduzidos, como por exemplo, julho de 2012 com um evento de chuva forte e agosto sem nenhum registro desta classe de intensidade.

Na proposta de Reichardt (1990), percebe-se que os números de ocorrência de chuvas fortes foram maiores nos dois municípios, mas com relação ao mês de março, Maringá sobressaiu-se em relação à Apucarana. Em comparação com a metodologia do INMET (1999), verifica-se que a proposta de Reichardt (1990) apresenta maior número de chuvas fortes.

Entende-se aqui que os valores adotados, bem como o tempo de duração da precipitação em cada uma das metodologias, contribuíram para a diferença de valores, ou seja, na metodologia do INMET (1999), as chuvas fortes caracterizam-se até 10,0 mm/10 minutos, enquanto para a proposta de Reichardt (1990), toda precipitação igual ou superior a 0,75 mm/6 minutos configura-se como chuva forte.

Segundo a metodologia do INMET (1990), considera-se que Maringá abrange maior número de eventos da classe de intensidade forte, principalmente nos meses mais quentes. Assim, verifica-se que, em Maringá, há a ocorrência de chuvas fortes mais concentradas do que em Apucarana. Por outro lado, para a proposta de Reichardt (1990), Maringá obteve valores superiores à Apucarana somente em 5 meses do ano.

Com base nos dados do pluviógrafo, no dia 16 de dezembro de 2009, ocorreram 3 chuvas com intensidade de 23,5 mm/10 minutos, em Maringá; 11,8 mm/10 minutos e 31,3 mm/10 minutos, seguida por chuvas moderadas e fracas, o que evidencia a ocorrência de alagamentos e escoamento superficial.

De acordo com as considerações realizadas pelo jornal, citadas anteriormente, bem como os resultados do número de ocorrência de chuvas intensas em Apucarana e Maringá, pode-se verificar que a estrutura e organização das cidades são indicadores importantes para a solução de problemas relacionados à ocorrência de eventos intensos, principalmente se elas concentram-se em áreas de bacias hidrográficas, conforme esclarecem Zanella e Olímpio

(2014). Os autores enfatizam que as frequentes inundações e deslizamentos oriundos das chuvas intensas repercutem impactos socioambientais sérios, pois podem elevar o número de morte, feridos, desabrigados, além de perdas econômicas e a proliferação de doenças. Cabe ressaltar que o conhecimento da intensidade da precipitação e a frequência com que ocorrem são ferramentas importantes para minimizar os problemas apontados pelos autores.

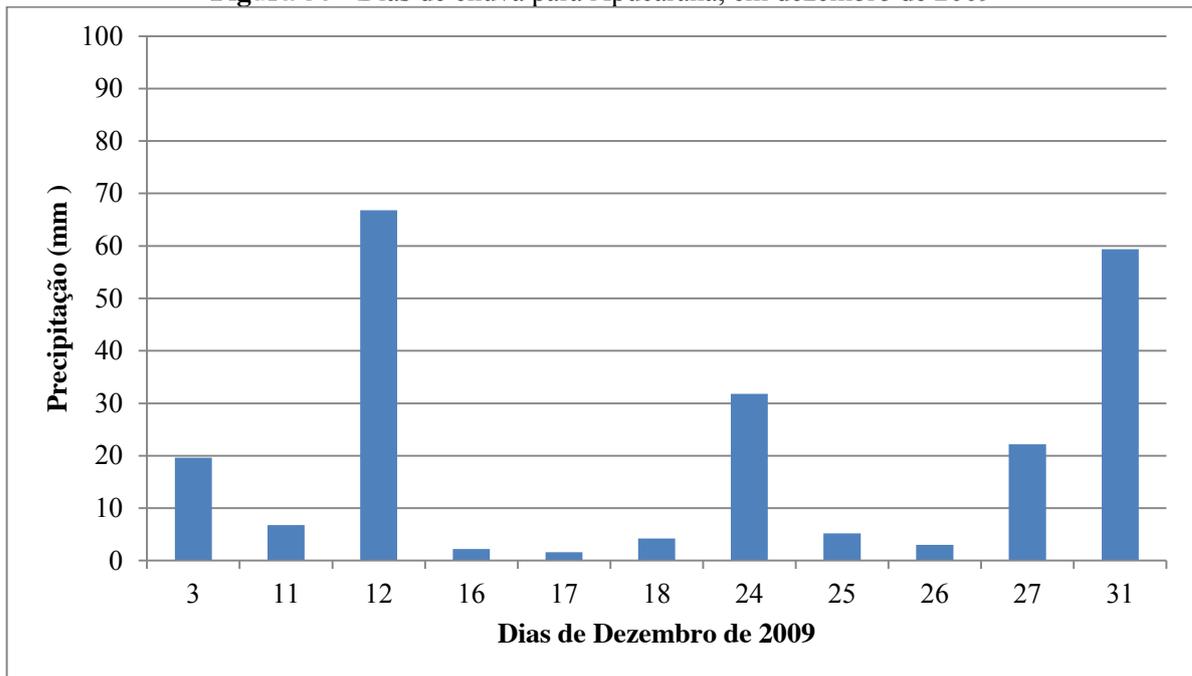
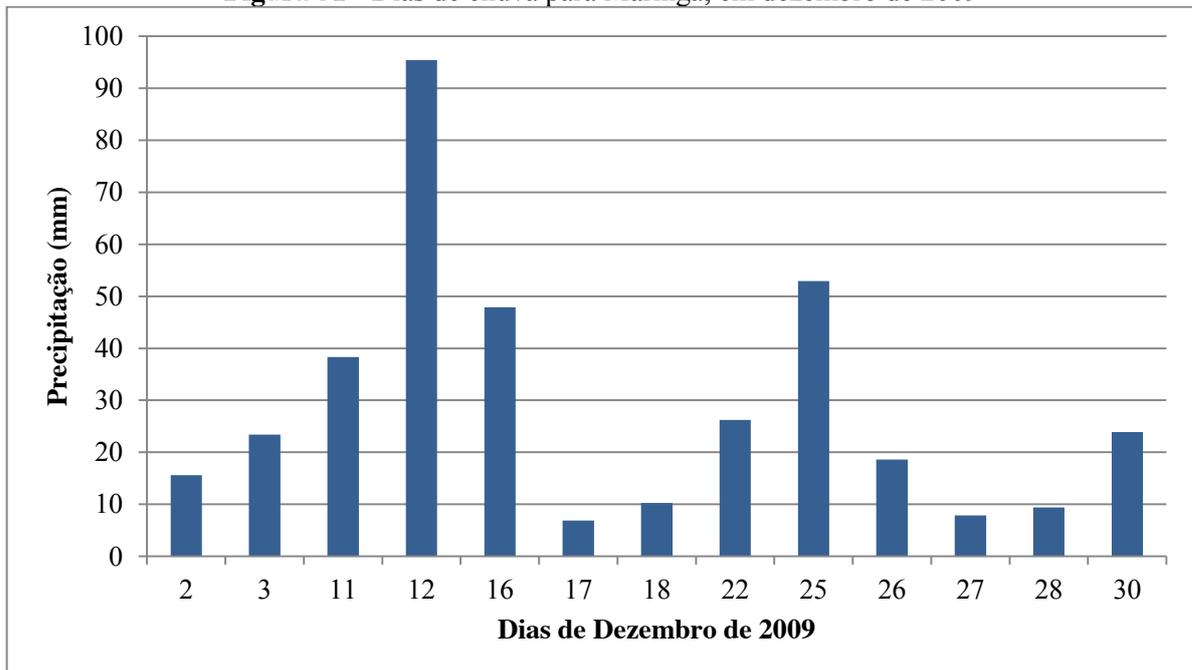
Nesse sentido, fica explícito que a cidade não está estruturada para enfrentar eventos de grande intensidade. Devido ao intenso e acelerado processo de urbanização, à remoção da cobertura vegetal, ao nivelamento dos terrenos, aumentam as chances de ocorrerem impactos cada vez mais significativos nas cidades. Os resultados encontrados sob a perspectiva de duas metodologias para a classificação de chuvas, aliados às informações sobre a organização e estrutura das cidades denotam que tanto a ocorrência de chuvas intensas concentradas, bem como a regularidade de chuvas de fraca e moderada intensidade podem gerar impactos negativos.

#### 5.2.4 Escala diária

Segundo Herrezuelo (2003), a análise da precipitação de forma mais pontual e objetiva só é possível, por meio da escala temporal diária, visto que a sua irregularidade, bem como sua intensidade refletem sua estrutura. Para este autor, essas características devem ser consideradas com maior importância em estudos climatológicos, principalmente em regiões e países onde há maior variabilidade da precipitação.

Assim, a intensidade pluviométrica será discutida, neste item, através da identificação do número de dias com chuva, no mês mais chuvoso em Apucarana e Maringá. Optou-se por apresentar os valores referentes ao mês de dezembro de 2009, caracterizado como “chuvoso” para Maringá e “tendente a chuvoso” para Apucarana em escala anual. No entanto, na escala mensal para os dois municípios, dezembro apresentou o padrão pluviométrico “chuvoso”.

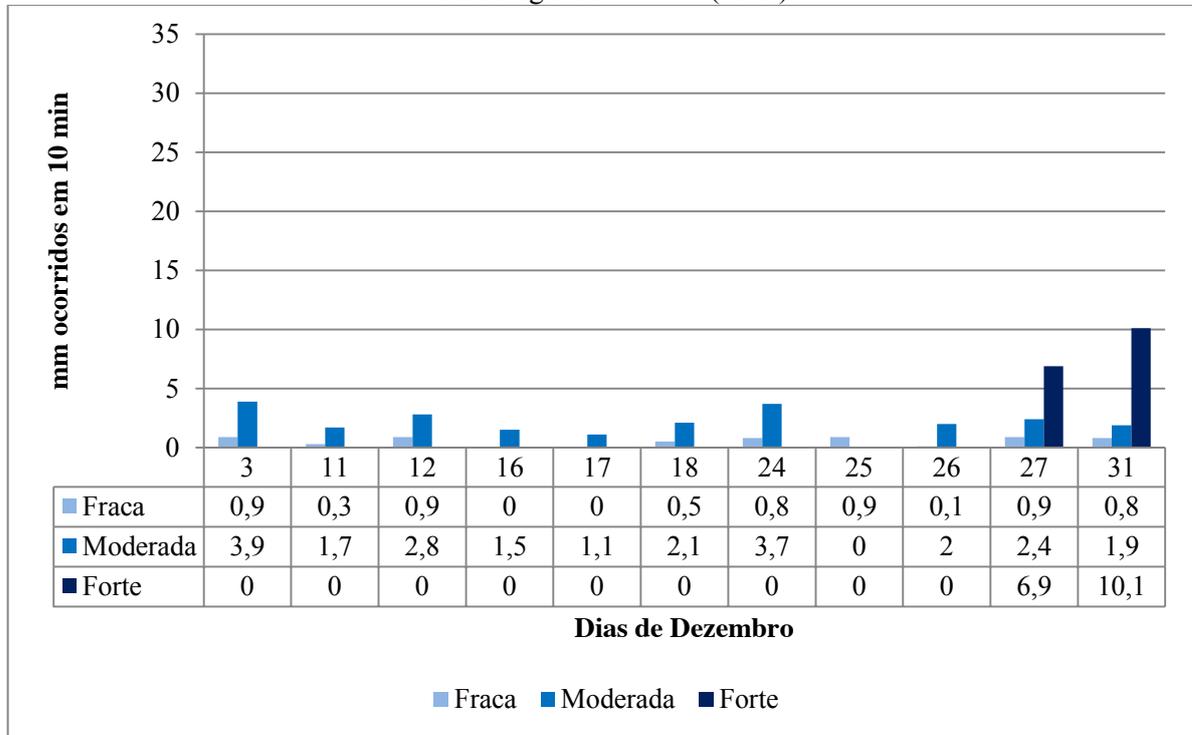
No mês de dezembro, em Apucarana (**Figura 30**), o total mensal de precipitação foi 248,8 mm, de maneira que os dias com maiores volumes de chuva foram os dias 3 com 19,6 mm, 12 com 66,8 mm, 24 com 31,8 mm, 27 com 22,2 mm e 31 com 59,4 mm. Com relação ao mês de dezembro, para Maringá (**Figura 31**), é possível constatar que o número de dias com precipitação foi maior, de modo que os dias 12, 16 e 25 foram os mais chuvosos com 95,4 mm, 47,9 mm e 52,9 mm, respectivamente.

**Figura 30** - Dias de chuva para Apucarana, em dezembro de 2009**Figura 31** - Dias de chuva para Maringá, em dezembro de 2009

Observa-se que, em Apucarana (**Figura 32**), embora os dias 3, 12, 24, 27 e 31 apresentem maior precipitação, houve apenas predomínio da classe de intensidade fraca, embora as classes de intensidade fraca e moderada tenham ocorrido em todos os dias, enquanto as chuvas fortes concentraram-se somente nos dias 27 e 31. No dia 27, a intensidade da chuva forte foi de 6,9 mm/10 minutos, enquanto no dia 31 ocorreram 2 eventos desta

classe de intensidade com 7,6 mm/10 minutos, além de 1 evento em que a intensidade foi de 10,1 mm/10 minutos de duração.

**Figura 32** - Intensidade da precipitação (mm), para Apucarana, em dezembro de 2009, segundo a metodologia do INMET (1999)



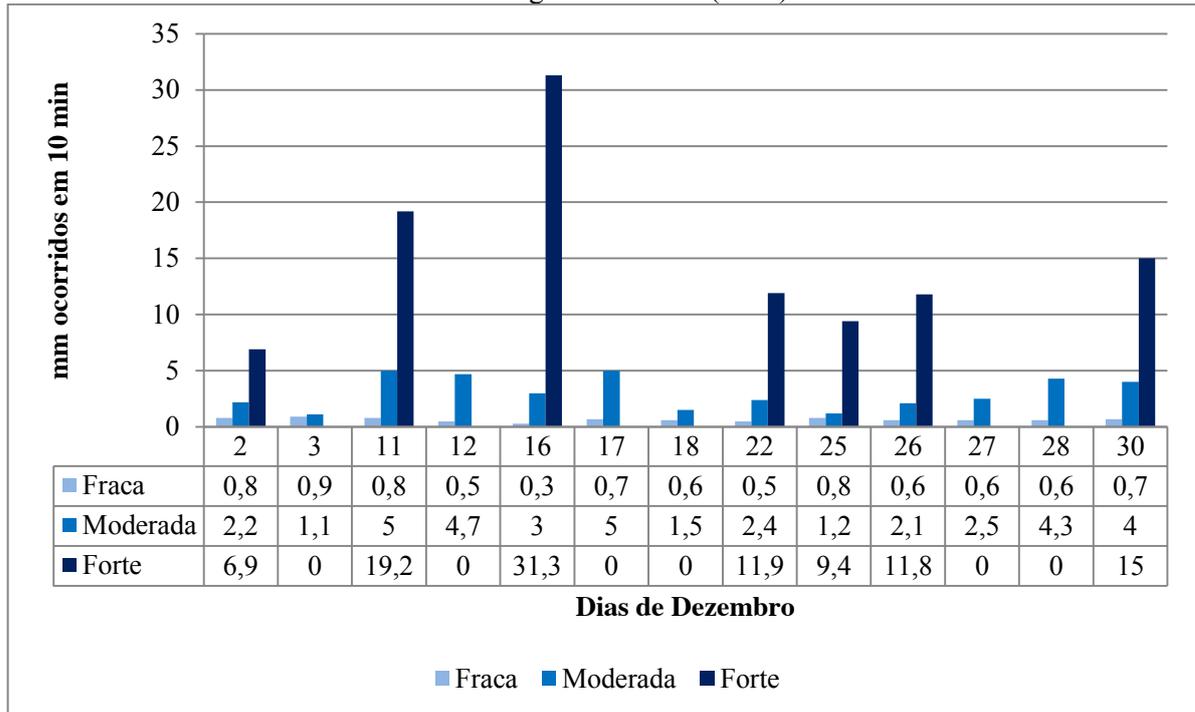
Em Maringá (**Figura 33**), durante o mês de dezembro, o total de precipitação para o dia 2 de dezembro foi de 15,6 mm, com o registro das 3 classes de intensidade, sendo que a intensidade registrada para a chuva forte foi de 6,9 mm/10 minutos. No dia 3, o total precipitado foi de 23,4 mm e houve o predomínio das intensidades fraca e moderada, ao passo que no dia 11 precipitou um total de 38,3 mm, e foi observada a ocorrência das 3 classes de intensidade, sendo a forte de 19,2 mm/10 minutos.

Os estudos de Sanches et al. (2014) demonstram que os eventos pluviométricos extremos provocaram impactos no alto Uruguai gaúcho. Os índices de chuva superiores a 250 mm/24 horas comprometeram a estrutura física de viadutos, vertedouros e barragens, decorrentes do aumento da vazão dos principais rios da região, além do escoamento superficial concentrado. Larentis, Collischonn e Tucci (2008) constataram que, na bacia do rio Taquari-Antas-RS, os eventos intensos de precipitação determinaram o carregamento de poluentes para a área de drenagem da referida bacia.

Com total de precipitação de 47,9 mm, no dia 16, ocorreram 3 eventos de forte intensidade, de forma que o primeiro apresentou 23,5 mm/10 minutos, o segundo 11,8 mm/10

minutos e o terceiro 31,3 mm/10 minutos, seguido por um evento de intensidade moderada. Durante o dia 17, com total de 6,9 mm prevaleceram as classes de intensidade moderada e fraca, em contraste com o dia 22, em que se obteve um total de 26,2 mm com a ocorrência das três classes de intensidade, com uma intensidade de 11,9 mm/10 minutos para a chuva forte.

**Figura 33** - Intensidade da precipitação (mm), para Maringá, em dezembro de 2009, segundo a metodologia do INMET (1999)



A intensidade da chuva forte, no dia 25, correspondeu a 11,8 mm/10 minutos de um total diário de 52,9 mm de precipitação pluviométrica. No dia 26 foram registrados 18,6 mm de precipitação com a ocorrência de uma chuva forte de 11,8 mm/10 minutos, seguida por chuva moderada e fraca. Com 23,9 mm de precipitação, no dia 30 de dezembro ocorreram eventos de chuva fraca, moderada e forte de 15,0 mm/10 minutos.

Alencar, Silva e Oliveira (2006), constataram que a intensidade de 43,0 mm/hora, na bacia do Córrego Capetinga-DF, provocou a ocorrência de escoamento superficial, em relação à precipitação antecedente ocorrida em dias diferentes na referida bacia. Ao tomar os valores de intensidade registrados em Apucarana de 10,1 mm/10 minutos e 31,3 mm/10 minutos, em Maringá, e comparar com a maior intensidade na bacia do Córrego Capetinga-DF, pode-se inferir que o alto curso da bacia do rio Pirapó possui maior suscetibilidade à ocorrência de escoamento superficial, pois os eventos de chuva ocorreram em um tempo inferior ao registrado por Alencar, Silva e Oliveira (2006).

Nesse sentido, Cecílio et al. (2009), afirmam que, além do escoamento superficial, as chuvas intensas causam prejuízos nas áreas agrícolas, verificados a partir das inundações de áreas cultivadas, bem como da perda de nutrientes e da poluição dos corpos d'água. A relevância desses estudos, no caso específico da bacia hidrográfica do rio Pirapó, especialmente seu alto curso, deve-se ao fato de a bacia ser uma área onde a prática agrícola é predominante, além de ser o principal recurso hídrico da região, que abastece não só a cidade de Maringá, mas também o município de Apucarana (BORSATO; SANT'ANNA NETO, 2002).

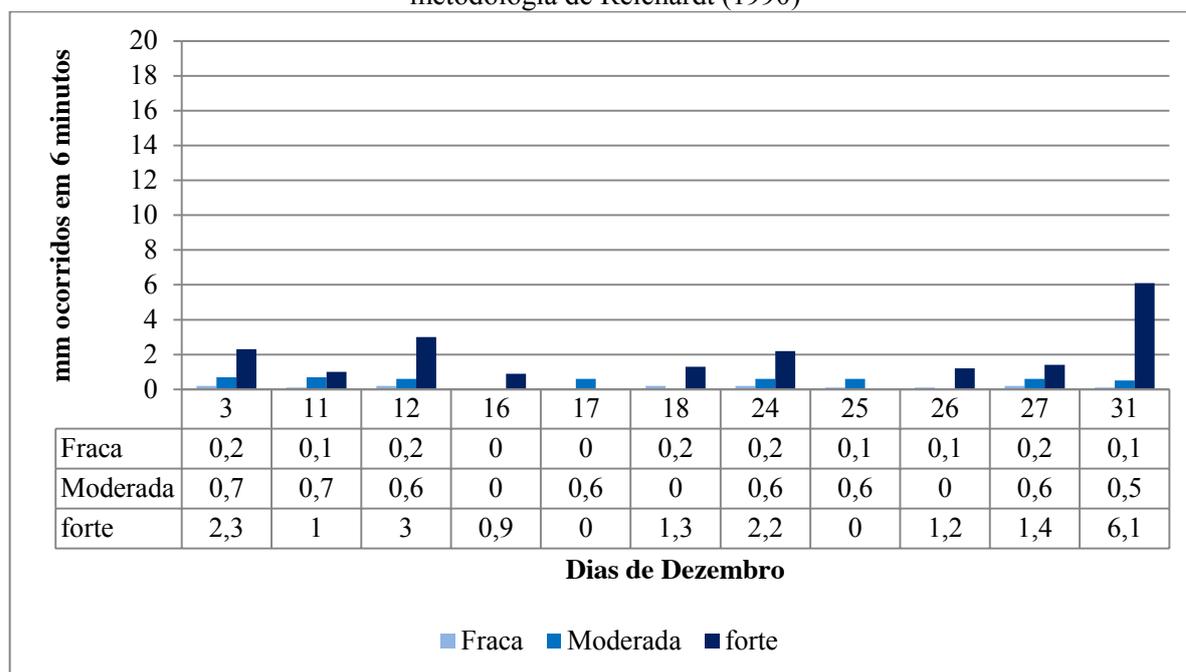
Ao comparar a metodologia do INMET (1999), para os dois municípios, verifica-se que a classe de intensidade fraca prevalece em ambas, mas as classes de chuva moderada e principalmente forte diferem em número de ocorrências. É visível que, em Apucarana (**Figura 32**), para o mês de dezembro, os eventos de chuva forte ocorreram somente nos dias 27 e 31 e, em Maringá (**Figura 33**), esses eventos ocorreram em grande parte dos dias com precipitação.

É importante salientar que os eventos de chuva forte ocorridos em Maringá diferem do total acumulado diário, ou seja, a ocorrência de chuvas fortes não está totalmente relacionada a uma grande quantidade de chuva. Isso pode ser verificado, no dia 12 (**Figura 33**), em Maringá, em que foi registrada a ocorrência de chuva moderada, no entanto prevaleceram somente chuvas fracas. O contrário pode ser visto nos dias 22 e 26, em que se registraram os volumes de chuva menores que no dia 12, mas ocorreram chuvas de forte intensidade.

Segundo a metodologia de Reichardt (1990), percebe-se, na **Figura 34**, referente à Apucarana, que as três classes de intensidade ocorreram em grande parte dos dias com precipitação, sendo os dias 3, 11, 12, 24, 27 e 31. O maior valor para a intensidade forte do dia 3 foi de 2,3 mm/6 minutos. O dia 12 apresentou maior valor de chuva forte com 3,0 mm/6 minutos, ao passo que, no dia 24, a maior intensidade das chuvas fortes foi de 2,2 mm/6 minutos.

No dia 27, houve o maior registro de chuva forte de 1,4 mm/6 minutos. É possível observar que neste evento específico, para a metodologia do INMET (1999), a classe de intensidade foi classificada como moderada. O dia 31 obteve o maior valor desta classe de intensidade de 6,1 mm/6 minutos. Houve, no mês de dezembro, um total de 61 chuvas fracas, 39 moderadas e 42 chuvas fortes.

**Figura 34** - Intensidade da precipitação (mm) para Apucarana, em dezembro de 2009, segundo a metodologia de Reichardt (1990)

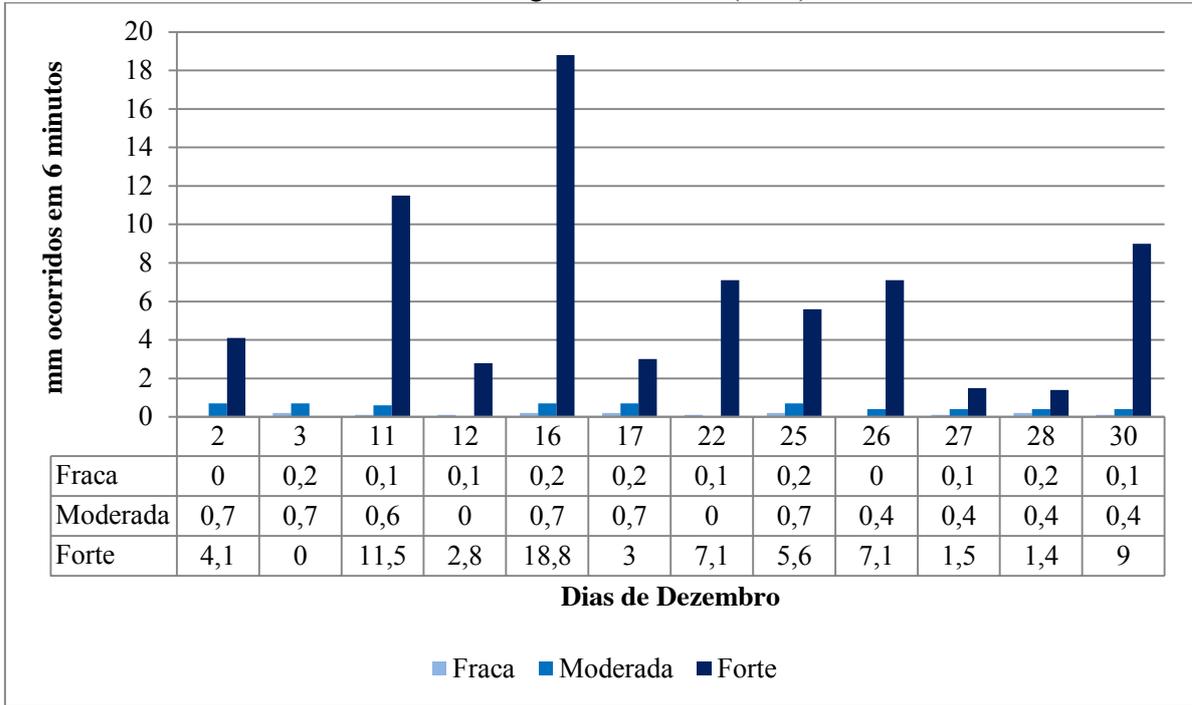


No município de Maringá (**Figura 35**), verificou-se um total de 70 chuvas fracas, 44 moderadas e 56 fortes. Para o dia 2, a intensidade registrada da chuva forte foi de 4,1 mm/6 minutos. No dia 3, prevaleceram somente chuvas fracas e moderadas, enquanto no dia 11 predominaram as três classes de intensidade, sendo o evento mais intenso de 11,5 mm/6 minutos.

Em janeiro de 2016, as chuvas fortes foram responsáveis pela elevação do nível do rio Pirapó, o que provocou a inundação da unidade de captação da água, e pela destruição da ponte sobre o rio, na PR-317. A quantidade de sedimentos na água fez com que houvesse a paralisação do funcionamento da Estação de Tratamento da Água, interrompendo sua distribuição e prejudicando cerca de 85% da população de Maringá. O mesmo fato foi verificado em Apucarana, onde 75% dos domicílios ficaram sem abastecimento de água (ODIARIO.COM, 2016).

Embora a precipitação do dia 16 seja uma das maiores no mês (**Figura 35**), houve apenas 1 evento de intensidade forte de 18,8 mm/6 minutos. Já no dia 17, o evento com maior intensidade foi de 3,0 mm/6 minutos. O dia 22 apresentou chuvas de intensidade fraca e forte com maior valor de 7,1 mm/6 minutos, ao mesmo tempo em que no dia 25 o evento de chuva forte foi de 5,6 mm/6 minutos. O maior pico de chuva forte ocorrido no dia 26 apresentou 7,1 mm/6 minutos, no entanto, o dia 30 registrou a intensidade de 9,0 mm/6 minutos.

**Figura 35** - Intensidade da precipitação (mm) para Maringá, em dezembro de 2009, segundo a metodologia de Reichardt (1990)



É importante salientar que, de acordo com a proposta de Reichardt (1990), toda precipitação superior a 0,75 mm/6 minutos é considerada como forte, o que justifica as maiores ocorrências desta classe de intensidade em relação aos eventos de intensidade moderada.

Observa-se que Maringá apresentou mais eventos de chuvas fortes do que Apucarana, mas o número de ocorrência das chuvas moderadas foi aproximado em ambos os municípios. Em relação à Maringá, foi possível observar que, somente no dia 3, não ocorreu precipitação de intensidade forte, no entanto, os dias 12 e 22 não apresentaram chuvas moderadas, já os dias 2 e 26 não registraram a classe de intensidade fraca. O mesmo pode ser verificado, em Apucarana, nos dias 17 e 25, em que não se verificaram chuvas fortes, enquanto nos dias 16, 18 e 26 não houve chuvas moderadas e nos dias 16 e 17 não ocorreram chuvas fracas.

Hoffmann et al. (2014) enfatizam que estudos sobre os eventos extremos de precipitação permitem visualizar a vulnerabilidade e sua relação com a gestão de riscos. Estes autores apontam que a área correspondente à bacia do rio Pirapó possui uma situação crítica, pois apresenta em sua maioria graus de vulnerabilidade classificados como “média a muito alta”, o que é preocupante devido a sua importância para a região.

Bonifácio (2013) identificou diferentes potencialidades e vulnerabilidades nas bacias do Ribeirão Sória e Ribeirão Alegre, afluentes da bacia do rio Pirapó. Seus resultados

demonstraram um aumento da fragilidade na área, a qual está relacionada à ocupação das culturas.

Entende-se aqui que os resultados referentes à intensidade da precipitação revelam, de modo particular, a sua estrutura, uma vez que as chuvas intensas não ocorrem isoladamente das outras classes de intensidade. Isso demonstra que a precipitação exerce grande influência nos múltiplos aspectos da vida cotidiana, bem como nas atividades econômicas, como a agricultura e o abastecimento de água. Em contrapartida, são os impactos gerados pelos eventos intensos que estimulam a investigação dessa importante variável climática.

É possível perceber que os impactos mais frequentes oriundos das chuvas intensas, citados por muitos pesquisadores, são as inundações e enxurradas nas áreas urbanas e rurais. Verifica-se, assim, que os impactos negativos gerados pelos eventos de chuvas intensas, citadas anteriormente, podem revelar questões quanto à vulnerabilidade de uma região, principalmente nas áreas urbanas, mas, sobretudo em bacias hidrográficas. Estas por si só, desempenham papel fundamental no desenvolvimento de diversas atividades, que vão além da disponibilidade de água, em virtude da sua relação com qualidade ambiental.

Graça et al. (2016), confirmam os apontamentos citados anteriormente por Hoffmann et al. (2014) e Bonifácio (2013). De acordo com estes autores, a análise conjunta da precipitação com outros elementos como o tipo de solo, cobertura vegetal e hipsometria resultou em um levantamento da vulnerabilidade socioambiental na bacia do córrego da Biquinha, no município de Barbosa Ferraz-PR. Os autores identificaram que a precipitação foi um elemento decisivo para a identificação da intensidade final da vulnerabilidade para cada área da bacia.

Observa-se que o conhecimento acerca da precipitação e principalmente sua intensidade contribui como um dos fatores de maior peso na identificação de graus de fragilidade ambiental em diversas regiões do Brasil. Dessa forma, a caracterização dos períodos de chuvas intensas, bem como do seu comportamento, permite o planejamento de ações frente à gestão de riscos, além da gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram compreender e analisar a intensidade, bem como a variabilidade pluviométrica para as diferentes escalas. Com relação às médias pluviométricas da série histórica de 1980 a 2014, conclui-se que Apucarana e Maringá, embora apresentem características climáticas semelhantes e estejam situadas no alto curso da bacia do rio Pirapó, demonstraram diferenças significativas quanto à variabilidade da precipitação.

Essas diferenças e semelhanças foram observadas também na análise que se refere ao padrão pluviométrico, uma vez que ambos os municípios apresentaram maior número de anos com padrão “normal”. Contudo, em relação ao padrão “tendente a seco” Maringá destacou-se, ao passo que o padrão “tendente a chuvoso” foi maior em Apucarana ao longo da série. Pode-se perceber que em relação aos valores médios na escala sazonal, Maringá apresentou maiores valores de precipitação em relação à Apucarana, e uma pequena inversão durante o outono e inverno. Nota-se que a precipitação é bem marcada durante as estações do verão e primavera, podendo ocorrer variações significativas durante o outono e inverno.

Por meio dos valores médios mensais da série de 2009 a 2013 entre os municípios, verificou-se que os trimestres de janeiro a março e outubro a dezembro são os mais chuvosos, porém o mês de junho obteve maior média mensal para Maringá em relação à Apucarana.

A análise da intensidade pluviométrica da série de 2009 a 2013 revelou resultados significativos em todas as escalas de análises e segundo as metodologias aplicadas. Na escala anual, foi observado que para Apucarana e Maringá, os valores de chuvas fracas foram superiores às classes de intensidade moderada e forte segundo a metodologia do INMET (1999). Contudo, a aplicação da proposta de Reichardt (1990) demonstrou a redução do número de ocorrência da classe de intensidade fraca, e que o número de ocorrência das classes moderada e forte foi aproximado.

Devido à concentração de maior precipitação durante o verão e primavera, percebeu-se que na escala sazonal foi registrado maior número de chuvas fracas, somente na metodologia proposta pelo INMET (1999), o que denota uma característica marcante tanto em Apucarana quanto para Maringá; o mesmo não foi constatado com o emprego da metodologia de Reichardt (1990), visto que essa metodologia demonstrou o predomínio de chuvas fortes nas estações do verão, outono e primavera.

Por meio dos resultados encontrados na escala mensal e segundo as metodologias empregadas, conclui-se que nos dois municípios o número de eventos de chuvas fracas foi semelhante, com uma leve mudança durante os meses para a metodologia do INMET (1999).

Entretanto, a aplicação da proposta de Reichardt (1990) também revelou maior número de ocorrência de chuvas fracas superior em Apucarana nos meses analisados, com exceção de fevereiro e outubro.

Segundo a metodologia do INMET (1999), a classe de intensidade moderada em Maringá foi superior à Apucarana. Em relação à proposta de Reichardt (1990), percebe-se que Maringá apresentou mais eventos de intensidade moderada, as quais foram caracterizadas por uma maior concentração durante os meses de janeiro, fevereiro e junho; no entanto, no caso de Apucarana, verificou-se uma certa regularidade, com valores de 54 chuvas moderadas em 2010, 54 em fevereiro de 2013 e 64 em junho de 2013.

Constatou-se que a ocorrência da classe de intensidade forte é inferior que a fraca e moderada, e que houve maiores ocorrências da intensidade forte em Maringá, com destaque para o mês de fevereiro em relação à Apucarana segundo a metodologia do INMET (1999). Na proposta de Reichardt (1990), percebeu-se que os números de ocorrência de chuvas fortes foram maiores nos dois municípios, com destaque para o mês de março, no qual Maringá apresentou mais eventos de chuva forte em relação à Apucarana.

Ao comparar a intensidade pluviométrica na escala diária do mês de dezembro de 2009 para os dois municípios, pode-se observar que para a metodologia do INMET (1999), ambos os municípios apresentaram a ocorrência das classes de intensidade fraca, moderada e forte durante os dias com chuva. Contudo, Maringá demonstrou maiores registros da intensidade fraca e forte em relação à Apucarana, principalmente a forte com 5 dias a mais com eventos desta classe.

No caso específico da proposta de Reichardt (1990), também nota-se a ocorrência das classes de intensidade fraca, moderada e forte para os dois municípios, embora os eventos de chuvas fracas e fortes tenham ocorrido na maioria dos dias chuvosos em Maringá.

A análise de dados diários, em especial do pluviógrafo, mostrou que em um evento de precipitação podem ocorrer diferentes intensidades, o que não pode ser verificado com dados de pluviômetro. Cabe destacar ainda, que a ocorrência de chuvas intensas não está relacionada com o total diário precipitado, ou seja, verificou-se que, em alguns dias do mês de dezembro com maiores volumes de chuva, houve o predomínio da classe de intensidade fraca tanto para Apucarana quanto para Maringá.

A aplicação das diferentes metodologias favorece uma análise mais acurada a respeito dos impactos que as chuvas podem provocar tanto nas cidades, como no campo. Entende-se que para a ocorrência de impactos é necessário um grande volume de chuva segundo a metodologia do INMET (1999), o que pode ser aplicado no espaço urbano. Contudo, a

proposta de Reichardt (1990), demonstra que valores inferiores de precipitação também podem contribuir para a ocorrência de impactos, principalmente escoamento superficial em áreas agricultáveis.

Foi possível perceber que não são somente os eventos de chuvas fortes responsáveis pela ocorrência de impactos negativos. No caso do ambiente urbano, os impactos são mais visíveis em uma escala de tempo menor devido à impermeabilização do solo e comprometimento de canais de drenagem da água pluvial. A observação de maiores impactos em Maringá está em consonância com a ocorrência mais concentrada desses eventos em comparação com o município de Apucarana. Entretanto, pode-se verificar que no campo os valores inferiores de intensidade, ou seja, a ocorrência de chuvas fracas e moderadas contribui para que haja impactos negativos, devido ao encharcamento do solo, favorecendo o escoamento superficial e conseqüentemente os processos erosivos.

Neste sentido, a aplicação da proposta de Reichardt (1990) pode demonstrar de forma mais detalhada tais processos, sendo mais adequada para fins agrícolas e ambientais por justamente estipular valores de intensidade menores do que a metodologia do INMET, já que à ocorrência de chuvas fortes são bem menores do que as chuvas fracas e moderadas segundo a metodologia do INMET (1999).

Observa-se ainda que o emprego de valores fixos em cada metodologia empregada dificulta a análise da intensidade que vão além da quantificação da ocorrência de chuvas fracas, moderadas e fortes. Isto pode ser verificado principalmente na metodologia do INMET (1999), onde revelam de forma detalhada os eventos pouco significativos e a proposta de Reichardt (1990), os eventos mais significativos. Conclui-se ainda que para ter uma análise mais pontual acerca da ocorrência das chuvas intensas, deve-se utilizar uma série histórica maior, pois poderia demonstrar o aumento ou não na tendência dos eventos intensos de precipitação.

Em relação à importância do conhecimento da intensidade pluviométrica para a gestão dos recursos hídricos, entende-se que deve ser considerada como um fator de peso na análise do grau de fragilidade de uma bacia hidrográfica. A ocorrência de chuvas intensas, aliada às condições físicas do solo, além do uso e manejo, podem acelerar os processos erosivos e conseqüentemente levar ao comprometimento das bacias hidrográficas.

Considera-se que há limitações na presente pesquisa, pois os erros no registro da chuva pelo pluviógrafo podem comprometer a leitura e, conseqüentemente, a verdadeira intensidade de precipitação ocorrida. Isso pode ser verificado nos registros pluviográficos da estação meteorológica de Apucarana pertencente ao IAPAR, sendo necessário não utilizar os

pluviogramas, mas sim os dados da rede do SIMEPAR para análise. Também é importante ressaltar que a falta de dados pluviográficos limitam a caracterização da intensidade, principalmente na aplicação da metodologia do INMET (1999).

Espera-se que os resultados obtidos na presente pesquisa possam contribuir para o entendimento da dinâmica da intensidade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pirapó, com vistas a identificar problemas que dificultam a gestão dos recursos da referente bacia e, por outro lado, ajudem a minimizar os impactos, já que a prática agrícola é importante para a região, além da utilização dos recursos para o abastecimento das cidades.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, D. B. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia do Distrito Federal. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.103-112, 2006.
- ALMEIDA, I. R. **O clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso**. Presidente Prudente, 2005. 119f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- ALMEIDA, C. O. S.; AMRIM, R. S. S.; ELTZ, F. L. F.; COUTO, E. G.; JORDANI, S. A. Erosividade da chuva em municípios do Mato Grosso: distribuição sazonal e correlações com dados pluviométricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p.142–152, 2012.
- ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. São José dos Campos, 2005, 187f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).
- ANDRADE, A. C. **Análise comparativa dos elementos climáticos: temperatura e pluviosidade para os municípios de Maringá e Apucarana-PR**. Maringá, 2009, 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá.
- ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003.165p.
- ANJOS, I. B.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J. T. Estudo da precipitação pluviométrica e balanço hídrico em Maringá. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 19, n. 1, p. 115-128, 2001.
- ANTUNES, A. S. **Fenômenos de precipitação pluvial intensa: análise da espacialidade e variabilidade na bacia hidrográfica do rio Piracicaba-SP**. São Paulo, 2015, 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- ALVES, Lincoln Muniz. Clima da Região Centro-Oeste do Brasil. *In*: CAVALCANTI, F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 236-241.
- ALVES, F. R. P. **Análise das precipitações intensas em Maringá nos anos de 1988, 1999 e 2009**. Maringá, 2014, 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- ALVES, M.; PEREIRA, S. Y.; VALÉRIO FILHO, M. Definição de áreas homogêneas para a disponibilidade de recursos hídricos baseada na abordagem da ecologia da paisagem. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 317-332, 2013.
- ARAÚJO, L. E.; SOUZA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, p. 162-169, 2008.
- ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed.Universitária/UFPel, 1996. 161p.

AZEVEDO, L. C.; NERY, J. T.; MARTONI, A. M.; ANDRADE, A. R.; ICHIBA, S. Análise da precipitação pluvial associada ao El Niño na bacia hidrográfica do rio Iguçu-PR. In: **XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, São Paulo, 2005.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A.; HOPPE, I. L. Distribuição da precipitação pluviométrica no período veranil e invernal de 2013/2014 na área urbana de Santa Maria-RS e seu Entorno. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 577-593, 2015.

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

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR**. Presidente Prudente, 2006. 172f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

BALDO, M.C.; DZIUBATE, E.R; GALIANI, D. L. A. Variabilidade da pluviosidade temporal e espacial na bacia do rio Pirapó-PR. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n.5, p.1159 – 1172, 2012.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 255-261, 2009.

BEREZUK, A. G.; SANT’ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 9-22, dez. 2006.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no oeste paulista e norte do Paraná**. Presidente Prudente, 2007, 379f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho”.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BERTONI, J.C.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 8 ed. São Paulo: Editora Ícone, 2012. 355p.

BONIFÁCIO, C.M. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, Norte do Paraná**: Proposta metodológica. Maringá, 2013, 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

BORSATO, V. A.; SANT’ANNA NETO, J. L. Caracterização e análise da produtividade do trigo relacionada à pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Boletim de Geografia**, n. 1, p. 33-57, 2002.

BORSATO, V. A., **A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006a. Tese (parcial), (Doutorado) Nupélia, Universidade Estadual de Maringá.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. A dinâmica atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 221-229, 2008.

BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica e a influência da massa polar atlântica nas termoisopletas do outono de 2008 em Apucarana-PR. In: **V ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**, Anais... Campo Mourão: 2010.

BORSATO, V. A. As chuvas de janeiro de 2010 em Maringá-PR e a dinâmica dos sistemas atmosféricos. In: **XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS**, Anais... Porto Alegre: 2010. 1 CD.

BORSATO, V. A.; HIERA, M. D.; MARCON, L. S. A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 11, jun. 2012.

BRAIDO, L. M. H.; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos extremos (chuvoso e seco): seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do Pontal do Paranapanema-SP. **Revista Formação**, v.1, n.17, p.13-34, 2011.

BRANDÃO, R. S.; FISCH, G. F. A zona de convergência do Atlântico Sul e seus impactos nas enchentes em áreas de risco em Guaratinguetá – SP. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 14, n. 2, 2008.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Presidência da República Federativa do Brasil, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, Distrito Federal. 8 de Janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acesso em: 12 de Abril de 2016.

BRITTO, F. P.; BORLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 35-51, dez. 2006.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976.

CALBETE, N. O.; CALBETE, S. R.; ROZANTE, J. R.; LEMOS, C. F. Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil. **Revista Climanálise**, São José dos Campos, 1996.

CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G. Análise sazonal dos SCM que geraram eventos severos no Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 481-491, set - dez. 2014.

CARDOSO, C. O.; SAMPAIO, C. A. P.; PRAZERES, C. S.; HACKBARTH, C. Análise sazonal dos padrões temporais das chuvas intensas para Lages-SC a partir de pluviogramas diários. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Anais. Guarapari, 2011.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. In: CAVALCANTI, F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 95-109.

CASSOL, E. A.; MARTINS, D.; ELTZ, F. L. F.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí-RS no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.15, n.3, p. 220-231, 2007.

\_\_\_\_\_, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja-RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.1239-1251, 2008.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.135-147.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PRUSKI, F. F.; HOLLANDA, M. P.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Revista Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 82-92, 2009.

CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 30, n.1, p. 81-88, 2015.

CLIMANÁLISE, 2009. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0109.shtml>>. Acesso em 14 set. 2016.

CLIMANÁLISE, 2009. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Disponível em:<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1009.shtml>>. Acesso em 14 set. 2016.

CLIMANÁLISE, 2013. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Disponível em:<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0613.shtml>>. Acesso em 20 out. 2016.

CLIMANÁLISE, 2013. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0613.shtml>>. Acesso em 13 set. 2016.

CLIMANÁLISE, 2013. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Disponível em:<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1013.shtml>. Acesso em 15 set. 2016.

CORREA, M. G. G. **Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR**. São Paulo, 2013. 104f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo.

CORREA, M. G. G. Correlação entre o Índice de Oscilação Sul (IOS), precipitação pluviométrica e vazão fluvial na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR durante o fenômeno ENOS (1997-1999). In: **XI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE**. Anais... Presidente Prudente: 2015. 1 CD.

CORREIA, J. L.; STEINKE, R. **Colonização do Norte do Paraná (1925-1960)**: Apontamentos acerca de seu estudo e da produção de um material didático. Secretaria de Educação do Estado do Paraná. 2008.

CORREIA, L. E. **Diagnóstico dos recursos hídricos superficiais das bacias do córrego Trajano e rio Guairaçá-Terra Rica, Paraná**. Maringá, 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica**: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. INPE-11237- RPQ/760. São José dos Campos: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2004. 30p.

DANTAS, C. E. O.; CIRILO, J. A.; NETO, A. R.; SILVA, E. R. Caracterização da formação de cheias na bacia do Rio Una em Pernambuco: análise estatística regional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 239-248, 2014.

DEFFUNE, G.; KLOSOWSKI, E. S.; SILVA, S. M. Concentração e intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. **UNIMAR**, v. 17, n. 3, p. 489-499, 1995.

DIBIESO, E. P.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio-SP. In: **XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS**, Anais... Porto Alegre: 2010.

DINIZ, J. M. T. Variabilidade da precipitação e número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba. **Revista Holos**, v. 3, p. 171-179, 2013.

DZIUBATE, E. R. **Análise da distribuição espacial e temporal da pluviosidade na bacia do rio Pirapó-PR**. Campo Mourão, 2013. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Coordenação de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

EDUARDO, M. F. O processo de modernização da agricultura no norte do Paraná: contradições na relação cidade-campo no contexto do programa “Vilas Rurais”. In: **XXI ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA**, Anais... Uberlândia: 2012.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p. 331–337, 2011.

\_\_\_\_\_, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B.; AMORIM, R. S. S. Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.6, p.647–654, 2013.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA: Solos e Florestas, ISSN 1517-2627, 2007. 95p.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M. H. Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño: zonas frontais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Pelotas, v.15, n.2, p. 57-72, 2000.

FERREIRA, S. R.; YOKOO, S. C.; BORSATO, V. A. Influência dos tipos de tempo nas fases fenológicas do milho safrinha no município de Campo Mourão-PR. In: **IX EPTC-ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**, Anais... Campo Mourão: 2014.

FERREIRA, V.; ANABOR, V. Climatologia de Sistemas Convectivos de Mesoescala ocorridos sobre a América do Sul no período de 2005 a 2006. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p. 17 –21, 2015.

GARÓFALO, D. T.; FERREIRA, M. C. Mapeamento de fragilidade ambiental por meio de análise geoespacial: uma aplicação na alta bacia dos rios Piracicaba e Sapucaí-Mirim, APA Fernão Dias-MG. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 29, p. 212 a 245, 2015.

GAZETADOPOVO.CO.BR, 2011. **Erosão engole ruas em Maringá**. Disponível em:<<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/maringa/erosao-engole-ruas-em-maringa-btercublrpshvq1gfdp7t90em>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

GAZETADOPOVO.COM.BR, 2009. **Chuva causa estragos**. Disponível em:<<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/chuva-causa-estragos-e-raio-mata-um-agricultor-clvxd8uxzwlud087wuesh1bv2>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

GLOBO.COM, 2016. **Chuva provoca estragos em várias cidades da região norte do Paraná.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/chuva-provoca-estragos-em-varias-cidades-da-regiao-norte-do-parana>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

GOULART, J. P. Distribuição espacial das chuvas intensas na região de pelotas-RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7, n. 1, p. 553-562, 1992.

GRAÇA, C. H.; SILVEIRA, H. Aspectos físicos e socioeconômicos como auxílio à análise da fragilidade ambiental na bacia do córrego Mandacaru, Maringá-PR. **Revista Geografia**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 66-86, 2011.

GRAÇA, C. H.; SILVEIRA, H.; TERASSI, P. M. B.; BALDO, M. C. Vulnerabilidade socioambiental na bacia do córrego da Biquinha, município de Barbosa Ferraz-PR. **FÓRUM AMBIENTAL: uma visão multidisciplinar da questão ambiental**. Tupã: ANAP, p. 123-135, 2015.

GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p.259-274.

HERREZUELLO, M. da C. G. **Un Estudio de la Variabilidad Climática en la Península Ibérica**. 2003. 344 p. Tese (Doutorado em Ciências Físicas). Universidad de Extremadura.

HOFFMANN, T. C. P.; MENDONÇA, F.; GOUDARD, G. Eventos climáticos extremos: inundação e gestão de riscos no Paraná. In: MEDONÇA, F. (Orgs). **Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014, p. 223-260.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default\\_uf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_uf.shtm)>. Acesso em 10 de maio de 2016.

INMET. **Manual de observações meteorológicas**. Ministério da Agricultura e do abastecimento. Instituto nacional de Meteorologia, Brasília, 2 ed. 1999.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). **Cadernos Municipais 2013**. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=30](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30)>. Acesso em 10 de maio de 2016.

JABUR, I. C.; SANTOS, M. L. Revisão estratigráfica da formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, Maringá, n. 2, p. 91-106, jan. 1984.

JENS, S. W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. **American Society of Civil Engineers**, New York, v. 107, p. 1039-1075, jan. 1942.

JORGE, F. V. **Fachada Atlântica Sul do Brasil: dinâmica e tendências climáticas regionais no contexto das mudanças globais**. Curitiba, 2009. 179 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná.

KONRAD, C. E. Synoptic-scale features associated with warm season heavy rainfall over the interior southeastern United States. **American Meteorological Society**, p. 557-571, 1997.

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013, p. 727-768.

LARENTIS, D. G.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da Qualidade de Água em Grandes Bacias: Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 5-22, 2008.

- LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, Dourados, n.6, p. 65-84, 2012.
- LEAL, A. C. Planejamento participativo de bacias hidrográficas: ações em desenvolvimento na UGRH Paranapanema-Brasil. **Revista Equador**. Piauí, v. 4, n. 3, p. 146-160, 2015.
- LEITE, M. L.; ADACHESKI, P. A.; FILHO, J. S. V. Análise da frequência e da intensidade das chuvas em Ponta Grossa, estado do Paraná, no período entre 1954 e 2001. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 57-64, 2011.
- LIMA, A. M.; ROCHA, J. R. R.; MARIANO, Z. F.; CABRAL, J. B. P. Intensidade das chuvas na bacia de Gaçu-GO. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 5, p.1089-1097, 2012.
- MAKSOUUD, H. **Hidrologia e possibilidades hidrenergéticas da bacia do rio de Contas, na Bahia**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1964. 196p.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; ROSA, L. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. In: CAVALCANTI, F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 199-212.
- MARTÍN-VIDE, J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. **International Journal of Climatology**, v. 24, p. 959-971, 2004.
- MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. Maringá, 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Geografia) do Programa de Pós-graduação em Geografia (Análise Regional e Ambiental) Universidade Estadual de Maringá.
- MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. Quantidade dos recursos hídricos. In: MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, v. 1, p. 531-566, 2001.
- MARTINS, V. M. S. **Análise do excedente e deficiência hídrica para o período de 1962 a 2008 no município de Apucarana – PR**. Maringá, 2009, 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá.
- MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 24, p. 57-79, 2012.
- MATOS, R.M.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, P.S.; FRANCISCO, P.R.M.; SABOYA, L.M.N. Variação climatológica da precipitação no município de Barbalha-CE. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, Anais... Fortaleza: 2015.
- MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L.F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas em Santa Rosa-RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.975-983, 2009.
- MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K.; SANTOS, L. J. V.; FRANCISCO, P. R. M. Análise climatológica da precipitação no município de Bananeiras-PB no período de 1930 a 2011

como contribuição a agroindústria. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, p. 10, 2012.

MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M. & DIDONÉ, I.A. Caracterização dos padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria-RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p.475-483, 2001.

MELLO, M. H. A.; ARRUDA, H. V.; ORTOLANI, A. A. Probabilidade de ocorrência de totais pluviais máximos horários em Campinas-SP. **Revista IG**, v. 15, n. 1, p. 59-67, 1994.

MELLO, C. R.; FERREIRA, D. F.; SILVA, A. M. Análise dos modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, n. 25, 2001.

MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.537-545, abr. 2007.

MENDONÇA, F. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Terra Livre**, São Paulo n. 20, p. 205-221, 2003.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Clima: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.207p.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Minerais do Paraná. Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba. 2006. 63 p.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011.

MINUZZI, R. B.; LOPEZ, F. Z. Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 697-706, 2014.

MOLION, L. C. B.; IMBUZEIRO, H. M. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Chuvas intensas no leste da Amazônia: fevereiro de 1980. **Climanálise**, São José dos Campos, n. 1, nov. 2006.

MONTE, B. E. O.; COSTA, D. D.; JÚNIOR, R. F. Eventos extremos de chuva na bacia hidrográfica do Mundaú. In: **XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, Anais... Bento Gonçalves: 2013.

MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: um estudo em forma de atlas. São Paulo: USP/Igeog, 1973.

\_\_\_\_\_, C. A. F. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, São Paulo: USP/IGEOG, n.28, 1976. 54p.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos**. Fortaleza, 2016. 257f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.713-725, 2003.

MORO, D. A. O êxodo rural e o crescimento da cidade de Maringá no período de 1970 a 1980. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 19-31, 1988.

\_\_\_\_\_. Aspectos geográficos da modernização agrícola no norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 13, n. 1, p. 79-93, 1995.

\_\_\_\_\_. Desenvolvimento econômico e dinâmica espacial da população no Paraná contemporâneo. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 1-56, 1998.

\_\_\_\_\_. **Maringá espaço e Tempo**: Ensaio de Geografia Urbana. Maringá - PR: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UEM, 2003. 238p.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **As chuvas no Paraná**: Variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos. 2013. 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

NERY, J. T.; BALDO, M. C.; KLOSOWSKI, E. S. Aplicação do coeficiente de variação na precipitação pluviométrica no estado do Paraná. **UNIMAR**, Maringá, n. 19, p. 1125-1131, 1997.

NERY, J.T.; BALDO, M.C.; MARTINS, M.L.O.F. O comportamento da precipitação na bacia do Itajaí - SC. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.22, n.5, p.1429-1435, 2000.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, p. 61-75, 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 422 p.

NUNES, P. A.; STEFENON, R. Desempenho setorial das microrregiões do norte central paranaense de 2000 a 2010. **Perspectiva econômica**, São Leopoldo, v. 11, n.1, p. 64-80, 2015.

OCCHIPINT, A. G.; SANTOS, P. M. **Análise das máximas intensidades de chuva na cidade de São Paulo**. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico-USP, 1965, 41 p.

O DIARIO, 2016. **Inundação da captação de água no rio Pirapó interrompe abastecimento em Maringá**. Disponível em:<<http://maringa.odiario.com/maringa/2016/01/inundacao-da-captacao-de-agua-no-rio-pirapo-interrompe-abastecimento-em-maringa/2061205/>>. Acesso em 15 nov. 2016.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. *In: Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Potafos, 1987. p.71-100.

PADIS, P. C. **Formação de uma economia periférica**: o caso do Paraná. São Paulo: Hucitec, 1981.

PARIZOTTO, T. M. **Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema**. Ourinhos, 2008, 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Universidade Estadual Paulista.

PEDRON, I. T.; KLOSOWSKI, E. S. Distribuição de frequência de chuvas diárias no Estado do Paraná. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 7, n.1-2, p. 55-63, 2008.

PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. *In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. 2 ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, p. 329-348, 1998.

PEÑALVA-BAZZANO, M. G.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1205-1217, 2007.

- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.3, 281- 290, 2013.
- PINHEIRO, G. M. **As chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru-SP: 1978 a 2008**. Curitiba, 2012, 264f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná.
- PINHEIRO, G. M. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. Curitiba, 2016, 274f. Tese (Doutorado em Geografia). Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná.
- QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONCALVES, 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**, São Paulo, v. 27, n.2, p. 287-294, 2012.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2009.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo. Editora. Manole, 1990. 188p.
- REIS-NAKASHIMA, M. S. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1547-1560, 2001.
- RIBEIRO, A. G. Caracterização termo-pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 90-135, 1987.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75 - 92, 2002.
- ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-73, 1994.
- RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.279-281,1986.
- RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n.1, p. 439-444,1993.
- SALA, M. G.; GASPARETTO, N. V. L. Fragilidade ambiental dos solos em bacias hidrográficas de pequena ordem: o caso da bacia do ribeirão Maringá-PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 113-126, 2010.
- SALGUEIRO, J. H. P. B.; PINTO, E. J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Tendência de índices pluviométricos na bacia do rio Capibaribe-PE e sua influência na gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n.5, p. 1002-1014, 2014.
- SAMAPAIO, M. V.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PINTO, L.M. Equações de chuvas intensas na região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.5, n.3, p.1-8, set. 2011.
- SANCHES, F. O.; BALEN, D. S.; SILVA, R. V.; ROSA, K. E.; RADUNZ, A. Chuvas no Rio Grande do Sul: um estudo sobre as precipitações acumuladas intensas no alto Uruguai gaúcho. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 15, p. 143-162, 2014.

SANTA'ANNA NETO, J. L. As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. 21 ed. Maringá: Eduem, 2000, p. 95-119.

SANTA'ANNA NETO, J. L. A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANTA'ANNA NETO, J. L.; MONTERIO, A. **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. Outras Expressões. São Paulo, 2013, p. 11-74.

SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; SILVA, D. D. Caracterização chuvosa para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Viçosa, n.1, p. 114-120, abr. 2007.

SANTIAGO, F. S.; FREITAS, R. R. L.; JALFIM, F. T.; BLACKBURN, R. M.; SILVA, N. C. G.; MOREIRA, I. C. G.; NANES, M. B. Distribuição pluviométrica em áreas da agricultura familiar no sertão do Apodi-RN. In: **XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, Anais... Bento Gonçalves: 2013.

SANTOS, E. P.; LEAL, A. C. Contribuição para o planejamento ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Rebojo-UGRHI Pontal do Paranapanema-SP. **Revista Geonorte**, Manaus, v.3, n.4, p. 791-802, 2012.

SANTOS, F. M.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Embirí-UGRHI Pontal do Paranapanema-SP. **Revista Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 14, v.1, p. 53-75, 2014.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

SANTOS, J. S.; RIZZI, N. E. Dinâmica de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Luís Alves, sub-bacia do rio Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 335-344, 2010.

SANTOS, L. C. A.; LEAL, A. C. Gerenciamento dos recursos hídricos no estado do Maranhão-Brasil. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.13, p. 39-65, jun. 2013.

SANTOS NETO, L. A. **Variabilidade da precipitação horária em Porto Velho-RO e suas tendências anuais e sazonais**. Porto velho, 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento regional e meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia.

SCHRODER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.15, 1956.

SEMA-SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**. 1 ed. Curitiba: Governo do estado do Paraná, 2010, 140 p.

SENTELHAS, P. C.; CRUCIANI, D. E.; PEREIRA, A. S.; NOVA, N. A. V. Distribuição horária de chuvas intensas de curta duração: um subsídio ao dimensionamento de projetos de drenagem superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 45-52, 1998.

SERRA, E. Os primeiros processos de ocupação da terra e a organização pioneira do espaço agrário no Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 10, n. 1, p. 61-94, 1992.

\_\_\_\_\_. Reflexões sobre a origem da crise agrária no norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 19, n. 1, p. 45-58, 2001.

SEVERO, D. L.; GAN, M. A. Anomalias de precipitação na região sul do Brasil: resultados preliminares. In: **XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, Anais... Fortaleza: 2004. 1 CD.

SEVERO, D. L. **Padrões de circulação anômala associados a episódios úmidos e secos no sul do Brasil**. São José dos Campos, 2008. 224f. Tese (Doutorado em Meteorologia). Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SILVA, B. C.; CLARKE, R. T. Análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, p. 265-272, 2004.

SILVA, L. L.; COSTA, R. F.; CAMPOS, J. H. B. C.; DANTAS, R. T. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p. 454-461, 2009.

SILVA, V. B. **A qualidade da água no alto curso do rio do Campo, município de Campo Mourão-PR**. Maringá, 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA, M. G. A. J. In: CAVALCANTI, F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 16-21.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013, p. 35-40.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação, Presidente Prudente**, v. 2, n.20, p. 23-53, 2013.

SIMÕES, J. C.; COSTI, J.; MAIER, E. L.B. Precipitação na América do Sul: médias climáticas e padrões da variabilidade no período entre 1979 e 2008. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.9, n.1, p. 32-46, 2016.

SISTEMA DE DEFESA CIVIL-SISDC. **Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasília, 2 ed. 1998.

SLEIMAN, J. **Veranicos ocorridos na porção noroeste do Estado do Rio grande do Sul entre 1978 e 2005 e sua associação às condições climáticas da atmosfera**. 2008. 164f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.

SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. Padrões atmosféricos associados a eventos extremos de precipitação sobre a região sul do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.20, p. 93-109, 2010.

SORIANO, B.M.A.; GALDINO, S. Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação para a sub-região de Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (EMBRAPA), n.34, 2002. 22p.

SOUZA, P.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J. T. Variabilidade de precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirapó. In: **XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, Anais... Foz do Iguaçu: 2002. p.1285-1290.

- SOUZA, P. **Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico**. Maringá, 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- SOUZA, V. A. S.; NASCIMENTO, R. K.; FURTADO, R. S.; ROSA, A. L. D. Análise de eventos pluviométricos extremos no município de Ji-Paraná, RO. **Revista Pesquisa & Criação**, v. 10, n. 2, p. 139-151, 2011.
- SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.
- SPECIAN, V.; VECCHIA, F. A. S. Distribuição da frequência mensal da precipitação para região oeste de Goiás: comparação entre dois postos pluviométricos. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 8, n. 1, p.200-214, abr. 2014.
- SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; GALLÁRRETA, G. C.; PRÉCHAC, F. G.; GARCÍA, M.; PETILLO, M. G. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 74-81, 2009.
- TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p.15-27, 1994.
- TEIXEIRA, N. F.; JAVIER, M. Influência do ENOS na distribuição das precipitações no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 12, p. 103-113, 2013.
- TERASSI, P. M. B. **Análise da estrutura espaço - temporal pluviométrica e o emprego dos sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR**. Maringá, 2012. 95f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 20, p. 111-12, 2013.
- TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; GRAÇA, C. H. Distribuição espaço-temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, n. 21, n.21, p. 136-158, 2014.
- TERASSI, P. M. B. **Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV-PR**. Maringá, 2015, 185f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- THOMAZ, S. L. Sinopse sobre a geologia do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.2, n.2, p.76-90, 1984.
- TOMMASELLI, J. T. G.; BALDO, M. C.; SILVEIRA, H. Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense. In: **VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Anais. Aracaju, p.1-9, 2004.
- TROMBETA, L. R.; SOARES, F. B.; GONÇALVES, V. S. Fragilidade potencial para processos erosivos da bacia hidrográfica do córrego do Cedro. **Revista Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 12, p. 119-132, 2012.
- TROPMAIR, H. Perfil Fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 8, n.1, p. 67-80, 1990.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013, 943p.

\_\_\_\_\_. Controle de enchentes. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2012, 943p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA - TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2011. 327 p.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; OLIVEIRA, D.; GRIMM, A. M.; DIECKOW, J. Erosividade de chuvas no estado do Paraná: Atualização e influência dos eventos “El Niño” e “La Niña”. **Boletim Técnico da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Curitiba, 2011, 38p.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.23, n. p.246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. **Agricultural Handbook**, Washington, n. 537, 1978, 58p.

VALVERDE, A. E. L.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; LEITE, H. G.; BRANDÃO, V. S. Análise Regional de Chuvas Intensas para a Bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 157-168, 2003.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 3, 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Instrumentos meteorológicos utilizados em estações de superfície**. 2 ed. Recife: SUDENE, 1973. 136p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, Pernambuco. Versão digital 2. 2006. 449p.

VIANA, D. R.; FERREIRA, N. J.; CONFORTE, J. C. Variabilidade sazonal na precipitação da região sul do Brasil. In: **XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, Anais... Guarapari: SBA, 2011. 1 CD.

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

VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R.; LIMA, S. O.; ALVES, M. V. G. Distribuição e potencial erosivo das chuvas no estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 49, n.2, p.125-135, fev. 2014.

ZANDONADI, L. **Proposta de caracterização edafoclimática para determinar o risco de queda de safra na bacia do Paranapanema IV-PR**. Maringá, 2006, 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba-PR**: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru. Curitiba, 2006, 272f. Tese (Doutorado em Meio ambiente e Desenvolvimento). Programa de Doutorado em Meio ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L. S. Impactos pluviais, risco e vulnerabilidades em Fortaleza-CE. In: MENDONÇA, F. **Riscos climáticos**: vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco Editorial, 2014, p. 115-136.