



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



JULIANA FONTINI DE SOUZA

**ESTIMATIVA DA DEFICIÊNCIA E EXCEDENTE HÍDRICO NAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO PARANAPANEMA III, IV E PIRAPÓ-PR**

**MARINGÁ,
2016**



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



JULIANA FONTINI DE SOUZA

**ESTIMATIVA DA DEFICIÊNCIA E EXCEDENTE HÍDRICO NAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO PARANAPANEMA III, IV E PIRAPÓ-PR**

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

Orientação: Prof. Dr. Hélio Silveira

MARINGÁ,

2016

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

S729e Souza, Juliana Fontini de
Estimativa da deficiência e excedente hídrico nas
bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e
Pirapó-PR / Juliana Fontini de Souza. -- Maringá,
2016.

103 f. : figs. col., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Silveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

1. Balanço hídrico - Paraná. 2. Bacia
hidrográfica - Paranapanema - Paraná. 3. Bacia
hidrográfica - Pirapó - Paraná. 4. Clima - Ano seco
e chuvoso - Bacias hidrográficas do Paranapanema e
Pirapó - Paraná. 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 23.ed. 551.6


GVS-003678

“ESTIMATIVA DA DEFICIÊNCIA E EXCEDENTE HÍDRICO NAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO PARANAPANEMA III, IV E PIRAPÓ-PR”

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 **06 de junho de 2016**.

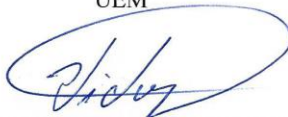
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Hélio Silveira
Orientador - UEM



Prof. Dr. Leandro Zandonadi
Membro convidado
UEM



Prof. Dr. Victor da Assunção Borsato
Membro convidado
UNESPAR

Dedico a meus pais...

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria e reconhecimento que agradeço a todos que direta e indiretamente foram muito importantes para a realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer de maneira especial ao meu professor e orientador Hélio Silveira, que gentilmente aceitou me orientar, deu-me todo o suporte acadêmico necessário e tornou-se um amigo em que pude contar nos momentos difíceis. A ele, o meu muito obrigado de forma muito especial.

A todos os professores que conheci e que tive a oportunidade de frequentar suas aulas.

Aos colegas Paulo Miguel de Bodas Terassi e Carlos Henrique da Graça, que tiveram uma participação fundamental nesta pesquisa.

A todos os colegas que fizemos disciplinas juntos, em especial a Daianne Patrícia Pulcinelli Tavares Ladchuk que dividiu comigo todas as angústias e momentos difíceis, tornando-se uma grande amiga.

A minha grande amiga Gabriela Calderon que gentilmente me convidou para fazer uma disciplina na UNESP de Presidente Prudente e carinhosamente recebeu-me em sua casa.

A querida e amável amiga Carine Medeiro Rosa, sua mãe Eunice Canuto de Medeiro e a sua irmã Aline Medeiro, como também, aos amigos/primos João Batista de Souza e sua esposa Deolinda Fontini que sempre mantiveram as portas de sua casa aberta para me receber sempre que necessário.

Aos meus colegas de trabalho Valdenir da Silva e Paulo Henrique da Silva, que sempre compreenderam a minha ausência.

Também quero deixar aqui meus profundos agradecimentos ao professor Victor da Assunção Borsato, o primeiro a passar-me os conhecimentos climatológicos, e que sempre acreditou em mim, motivando-me a seguir em frente, estando sempre à disposição para me ajudar. Pessoa pela qual tenho grande admiração e respeito.

A todos do programa de Pós - graduação-PGE, em especial a Mirian de Carlos que sempre, muito paciente, ajudou-me a dirimir todas as dúvidas e questões burocráticas.

E, por fim, de maneira muito especial, quero agradecer meus pais José Benedito de Souza e Sueli Aparecida Fontini de Souza, que com simplicidade, mesmo sem entenderem o que estava acontecendo, sempre me deram força para seguir em frente. E, o meu namorado, Nelson José Cortes, que nunca mediu esforços para me ajudar em tudo que necessitei.

A todos, citados ou não que fazem parte desta pequena história, desejo os meus sinceros e profundos agradecimentos.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi calcular o excedente e a deficiência hídrica nas bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e do Pirapó, segundo o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999). Para isso foram levantados dados de temperatura e precipitação pluviométrica no período de 1976 a 2014. Os dados de temperaturas entre 1976 a 2010 foram obtidos do banco de dados da UDEL (University of Delaware) Air Temperatura and Precipitation. Disponível em: http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDeI_AirT_Precip.html, e entre 2011 a 2014, as temperaturas foram adquiridas de cinco estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), e para os postos pluviométricos pertencentes ao Instituto das Águas do Paraná que não apresentavam temperaturas, realizaram-se as estimativas segundo a metodologia de Ometto (1981). Aplicou-se o balanço hídrico para as escalas anuais, sazonais e mensais para toda a série histórica de 1976 a 2014, e nas mesmas escalas para o ano seco (1988) e o ano chuvoso (2009), escolhido segundo a metodologia do ano padrão. Os resultados apontaram que as estações do ano receberam os maiores volumes de chuvas foram o verão com 33%, seguido da primavera com 31%. Já o inverno foi a estação mais seca com 16% do total e o outono com 20%. A técnica do ano padrão apontou os anos de 1984, 1985, 1988 e 1991 como secos, e os chuvosos foram 1976, 1983, 1990, 1998 e 2009. Os demais anos classificaram-se como tendendo a seco, tendendo a chuvoso e habitual. Os resultados dos excedentes e das deficiências hídricas foram apresentados por meio de mapas elaborados no programa ArcGis 10.2. Eles mostraram que a distribuição das chuvas está fortemente condicionada a dinâmica atmosférica regional e configuração do relevo, ou seja, as áreas que receberam mais chuvas registraram maiores excedentes hídricos e encontram-se nas maiores cotas altimétricas. As áreas que possuem as menores cotas altimétricas receberam menores volumes e por isso estão mais sujeitas a risco de seca, apresentando os maiores valores de déficits, e esse comportamento se aplicou para todos os anos e para todas as escalas de análise.

Palavras chave: balanço hídrico, bacia hidrográfica, ano seco e chuvoso.

ABSTRACT

The aim of the actual work was to calculate the hydro surplus and deficiency at watersheds of Paranapanema III, IV, and Pirapó, according to Thornthwaite and Mather's hydric balance, with the aid of a computer application developed by Sentelhas et al. (1999). Data of temperature and rainfall between 1976 to 2014, were collected. Temperature data from 1976 to 2010 were collected from UDEL (University of Delaware) database's Air Temperature and Precipitation, available at: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDeI> and from 2011 to 2014, the temperatures were collected from five weather stations belonging to: Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), National Institute of Meteorology (INMET) and Paraná Meteorological System (SIMEPAR). At the rainfall stations that were not possible to collect the temperature data, evaluations were done according to Ometto's methodology (1981). The rainfall data were collected at the Institute of Paraná Waters. The hydric balance was applied to the annual, seasonal and monthly scales to all historic series of 1976 to 2014 and the same scales for the dry year (1988) and the rainy year (2009), chosen according to the standard year's methodology. The results show that the stations that receive the highest amounts of rainfall were the summer with 33% followed by spring with 31%. But the winter was the driest season with 16% of the total and fall to 20%. The standard year of technical pointed the years 1984, 1985, 1988 and 1991 as dry and rainy were 1976, 1983, 1990, 1998 and 2009. The other years were classified as tending to dry, tending to rainy and usual. The results of the hydric surplus and deficiency were presented using maps elaborated by the computer program ArcGis 10.2. They show that rainfall distribution is strongly attached conditioned to the dynamic regional atmospheric and the relief form, in other words, the areas that received more rain registers the biggest hydric surplus and the areas that have the smallest altimetry quotas receive the smallest volumes, therefore subjected to dry risk, presenting biggest values of deficits, and this behavior applies to all years and for all scales of analysis.

Key words: hydric balance, watersheds, dry year, rainy year.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV- PR.	29
Figura 2 - Mapa de localização dos municípios que compõe as bacias hidrográficas do Pirapó, Paranapanema III e IV.	30
Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos	36
Figura 4 - Distribuição espacial dos postos e estações pluviométricas das bacias hidrográficas do rio Pirapó, Paranapanema III e IV.	37
Figura 5 - Distribuição anual da precipitação para a série histórica (1976-2014).....	44
Figura 6 - Distribuição sazonal da precipitação para a série histórica (1976-2014).	45
Figura 7 - Distribuição anual da precipitação para o verão.....	46
Figura 8 - Distribuição anual da precipitação para o outono.....	47
Figura 9 - Distribuição anual da precipitação para o inverno.	47
Figura 10 - Distribuição anual da precipitação para primavera	48
Figura 11 - Dendrograma para os 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – PR no período de 1976-2014.....	52
Figura 12 - Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV –PR.....	53
Figura 13 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.....	54
Figura 14 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	55
Figura 15 - Distribuição do déficit hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D), nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	57
Figura 16 - Distribuição do excedente hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	59
Figura 17 - Distribuição do déficit hídrico mensal para janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	60
Figura 18 - Distribuição do déficit hídrico mensal para maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica. ..	62

Figura 19 - Distribuição do déficit hídrico mensal para setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	63
Figura 20 - Distribuição do excedente hídrico mensal para janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	64
Figura 21 - Distribuição do excedente hídrico mensal para maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica. ..	66
Figura 22 - Distribuição do excedente hídrico mensal para setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.	67
Figura 23 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	69
Figura 24 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).....	70
Figura 25 - Distribuição do déficit hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	72
Figura 26 - Distribuição do excedente hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	73
Figura 27 - Distribuição do déficit hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) da precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	75
Figura 28 - Distribuição do déficit hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (B) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	76
Figura 29 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (B) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).....	77
Figura 30 - Distribuição do excedente hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	78

Figura 31 - Distribuição do excedente hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) agosto (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	79
Figura 32 - Distribuição do excedente hídrico da precipitação pluviométrica mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988).	80
Figura 33 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	81
Figura 34 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	83
Figura 35 - Distribuição do déficit hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	84
Figura 36 - Distribuição do excedente hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	86
Figura 37 - Distribuição do déficit hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	87
Figura 38 - Distribuição do déficit hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	88
Figura 39 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	89
Figura 40 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	90
Figura 41 - Distribuição do excedente hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	91
Figura 42 - Distribuição do excedente hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009).	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Pirapó-PR (IBGE 2010).	33
Tabela 2 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Paranapanema III-PR (IBGE 2010).....	34
Tabela 3 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Paranapanema IV-PR (IBGE 2010).	34
Tabela 4 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações metrológicas inseridas dentro e no entorno da bacia hidrográfica do Paranapanema III, Paranapanema IV e Pirapó-PR.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da pluviosidade em anos padrão, segundo a tipologia de Monteiro (1976), para os postos pluviométricos e as estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	51
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Gestão das bacias hidrográficas.....	16
2.2 As chuvas nas regiões tropicais.....	17
2.3 Uso e aplicação do balanço hídrico.....	20
2.4 A dinâmica atmosférica e a sua influência na área de estudo.....	25
3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
3.1 Localização da área de estudo.....	28
3.2 Aspectos físicos.....	30
3.3 Aspecto histórico e socioeconômico.....	32
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
4.1 Obtenção de dados.....	36
4.2 Estimativas de temperatura.....	38
4.3 Ano Padrão.....	39
4.4 Balanço hídrico.....	41
4.5 Métodos Estatísticos.....	42
4.6 Elaboração dos mapas.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
5.1 Distribuição anual e sazonal da precipitação nas bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e Pirapó.....	43
5.2 Variabilidade pluviométrica do período de 1976 a 2014.....	48
5.3 Classificação das áreas homogêneas para a Bacia do Paranapanema III, IV e Pirapó.....	52
5.4 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes hídricos para a série histórica.....	54
5.4.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes hídricos para a série histórica.....	55
5.4.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para a série histórica.....	59
5.4.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para a série histórica.....	63
5.5 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes hídrico para o ano seco (1988.....	67

5.5.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes hídricos para o ano seco (1988).....	70
5.5.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para o ano seco (1988).....	74
5.5.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para o ano seco (1988).....	77
5.6 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes para o ano chuvoso (2009).....	80
5.6.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes para o ano e chuvoso (2009).....	83
5.6.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para o ano chuvoso (2009).....	86
5.6.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para o ano chuvoso (2009).....	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS.....	95

INTRODUÇÃO

O clima é um componente muito importante para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, pois ele representa um dos recursos fundamentais para o planejamento da distribuição espacial e temporal destas atividades, principalmente as agrícolas.

Frente a isso, quando se fala em planejamento agrícola é preciso ter em mente que a influencia do clima, se faz sentir em todas as fases dos cultivos. Portanto se o agricultor estiver munido de informações atualizadas, tem maiores condições para se planejar e evitar perdas nas produções causadas pelas adversidades climáticas.

Sendo assim a análise do balanço hídrico climatológico é de suma importância para o planejamento dos cultivos agrícolas, e para o gerenciamento de todas as atividades econômicas e ambientais das bacias hidrográficas, porque permite monitorar a variação do armazenamento de água no solo, tornando-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região. Através dos dados do balanço hídrico se permite conhecer a ocorrência dos excessos e das deficiências da água no solo, caracterizando períodos de maior ou menor umidade.

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó, e a presente pesquisa é parte do projeto de pesquisa institucional e multidisciplinar “Rede de monitoramento da bacia do rio Pirapó, Paranapanema III e IV- Análise e monitoramento do comportamento hidrológico” desenvolvido pela Universidade Estadual de Maringá com a parceria da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), para fornecer informações para o uso e manejo racional das bacias hidrográficas.

Portanto esse trabalho, em específico, tem como objetivo geral calcular o excedente e a deficiência hídrica nas bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó, segundo o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999), e como objetivos específicos visou:

- Identificar os períodos de excedente e de deficiência hídrica na escala anual, sazonal e mensal;
- Aplicar o balanço hídrico para os anos secos e chuvosos escolhido segundo a metodologia de Monteiro (1976), nas escalas anual, sazonal e mensal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão das bacias hidrográficas

Os recursos hídricos são indispensáveis para a vida e para a maioria das atividades humanas, como na preparação dos alimentos, higiene pessoal, criação de animais, na agricultura, geração de energia entre outras. Embora exista uma grande preocupação com a falta de água, pouco se tem feito para preservar esse bem natural tão precioso. Para isso, Baldo et al. (2012) ressaltam que é muito importante fazer o manejo dos recursos hídricos dentro das bacias hidrográficas visando a sustentabilidade integrada a todas as atividades nelas existentes.

Frente a grande demanda dos recursos hídricos, Matzenauer (1998) destaca que o conhecimento de alternativas e métodos de estimativa das necessidades de água para as culturas agrícolas constitui-se de fundamental importância para o melhor entendimento das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, para o planejamento da época de semeadura, na elaboração de projetos de irrigação e para o aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos. Baldo et al. (2012) complementa que a análise das características do clima de uma bacia hidrográfica é importante por que permite fazer o planejamento de todas as atividades existentes nelas, e consideram que o planejamento hídrico se torne base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, permitindo, assim, o conhecimento das necessidades e disponibilidades hídrica no solo ao longo do tempo.

As bacias hidrográficas são definidas de acordo com Barth e Barbosa (1999), como uma determinada seção hidráulica de um curso d'água, ou seja: “a área de drenagem contida pelo divisor de águas definido pela topografia da região, sendo essa seção a única saída da água da chuva que escoando pela superfície do solo contribui para sua vazão”.

Assim, as bacias hidrográficas de acordo com Botelho e Silva (2004) permitem conhecer e avaliar seus diversos componentes, e os processos e interações que nela ocorrem. Frente a isso diversos estudos foram feitos tendo como base essas bacias.

Berezuk e Garcia (2011) estudaram a bacia hidrográfica do rio do Pardo, no estado do Mato Grosso do Sul, e puderam identificar uma tendência de sazonalização do ritmo pluviométrico desta bacia, que demonstra uma maior definição de períodos secos e a ocorrência de chuvas mais concentradas.

Azevedo (2006) estudou a influência do El Niño na vazão da bacia do rio Iguaçu-PR e constatou que a distribuição espacial da vazão tende a aumentar no sentido montante para

jusante, fato presente na maioria das redes de drenagem de uma bacia hidrográfica. Os menores volumes apresentados pelas vazões concentraram-se em anos com período de evento La Niña e as maiores vazões apresentaram em anos característicos de evento El Niño.

Borsato e Souza Filho (2010) realizaram a análise rítmica para a compreensão da dinâmica atmosférica e para caracterizar o clima da alta vertente do rio Paraná. Constataram que nas áreas de menor latitude predominam a atuação dos sistemas de baixa pressão relacionados às chuvas convectivas e na medida em que aumenta a latitude, aumenta a participação dos sistemas de alta pressão e a ocorrência de chuvas frontais.

Com o intuito de contribuir para o entendimento dos regimes dos rios e subsidiar as ações e planos relacionados a uso e apropriação dos recursos hídricos na bacia do rio Paranapanema, Araujo (2011) estudou a dinâmica fluvial e o regime hidrológico e pode observar que durante o século XX, o regime dos rios integrantes da bacia Paranapanema passou por alterações hidrológicas que mudaram o regime interanual dos débitos, verificando-se, por meio de testes estatísticos, que, a partir da década de 1970, houve um aumento das vazões medias anuais. Em algumas bacias, tais alterações podem ser observadas por aumentos entre picos máximos e mínimos mais intensos, demonstrando possivelmente uma fase transicional. As explicações sobre alterações no regime hidrológico apontam para um acréscimo das precipitações na bacia, somado as intensas alterações no uso e cobertura do solo, ao longo do século XX, nos Estados do Paraná e São Paulo. Outro fator relevante que singulariza os trechos da bacia está fortemente relacionado às mudanças nos padrões de fluxos, devido a regulação dos reservatórios/barragens, que colabora sinergicamente nas alterações hidrológicas, a jusante e montante das barragens.

2.2 As chuvas nas regiões tropicais

Os estudos climáticos de uma região permitem que se ampliem os conhecimentos da dinâmica da pluviosidade e do meio ambiente.

Para as áreas tropicais, as chuvas assumem tanto o papel de destaque na compreensão do clima, em escala regional, como pode ser considerado como o principal elemento de análise na organização e no planejamento territorial e ambiental, em função do elevado grau de interferência, impacto e repercussão no tempo e no espaço (SANT'ANNA NETO, 1998).

Nessas regiões, o elemento climático que mais influencia no desempenho e, conseqüentemente, na produtividade agropecuária são as chuvas. Santos (1995) acrescenta

que, pelas características da tropicalidade do Brasil, o principal fator condicionante das atividades agrícolas restringe-se a disponibilidade hídrica local ou a variabilidade das chuvas. Este, por sua vez, depende diretamente do regime de precipitação pluviométrica uma vez que o Brasil ainda possui poucas áreas irrigadas.

Na bacia hidrográfica do rio Pirapó, Terassi et al. (2012) realizaram uma análise da estrutura espaço-temporal da pluviosidade nas escalas anual, sazonal, mensal e diária, e constataram que a distribuição espacial em todas as escalas apresenta um padrão de maiores totais e frequência da pluviosidade na porção montante e uma redução significativa em direção à jusante. Inferiram-se, portanto, que as áreas com o maior risco de vulnerabilidade aos eventos de estiagem estão situadas na porção jusante da bacia hidrográfica.

Dentro da mesma temática Carmello e Sant'Anna Neto (2013), analisaram a variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema nas safras de 1999/2000 a 2009/2010. Constataram que os anos de 2009/10, 2002/03, 2006/07 e 2007/08 apresentaram bons resultados agrícolas, sendo estes, os anos considerados chuvosos. Os anos agrícolas de 1999/00, 2003/04 e 2008/09 foram considerados secos e extremamente secos, apresentando também dados que mostram uma diminuição na produtividade da soja. O ano agrícola de 2003/04 apresentou queda da produtividade assim como um período de déficit hídrico no mês de janeiro de 2004.

Anjos et al. (2001) estudaram a precipitação pluviométrica em Maringá no período de 1980 a 1999 e observaram que o regime da precipitação pluviométrica no município é sazonal, apresentando verão chuvoso e inverno seco. Esta sazonalidade está configurada por dois regimes de chuvas bem definidos, com sistemas frontais (frios) atuantes no inverno e sistemas convectivos no verão. A variabilidade interanual apresentou anos com significativas anomalias positivas (1983 e 1998-El Niño) e anos secos com anomalias negativas significativas (1985 e 1988- La Niña).

A regionalização das chuvas anuais na bacia do rio do Pardo - SP foi estudada por Fontão e Zavattini (2014) que buscaram analisar a distribuição temporal e espacial das chuvas, e regionalizar a distribuição pluviométrica na área, com a finalidade de se ter uma visão integrada do fenômeno pluvial e seus reflexos em outras esferas geográficas. Verificou-se, de maneira empírica, que nos setores Médio Mogi, Baixo Mogi e Baixo Pardo a distribuição temporal da precipitação apresenta um regime nitidamente distinto das outras áreas. O setor baixo Pardo apresentou, a noroeste, menor concentração dos volumes de chuva, entretanto, na porção de maior elevação do relevo (leste), concentrou-se maior quantidade de precipitação. Ainda, os setores Alto Pardo e Mogi apresentaram uma maior precipitação na

porção leste/nordeste, entretanto foi nitidamente distinta da porção oeste, que devido a um relevo mais aplainado, resultou em menores volumes de chuva.

Ávila et al. (2009) realizaram o mapeamento da precipitação mínima para o sul de Minas Gerais destacando que este mapeamento é uma importante ferramenta para subsidiar as práticas agrícolas. Com isso os autores verificaram uma considerável variabilidade da precipitação provável mínima mensal na região, ao longo do período chuvoso, com valores variando entre 34 e 253 mm, e os meses que apresentaram os maiores valores para as séries mensais foram dezembro e janeiro com, 253 e 245 mm, respectivamente.

Ao analisar a precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí - PR, Andrade e Nery (2011) observaram que esta bacia apresenta uma definição de períodos úmidos e secos, marcada. Os meses mais chuvosos estão concentrados no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro e os meses mais secos são junho/julho/agosto. Quanto à distribuição interanual, verificou-se que a precipitação pluviométrica é homogênea, ocorrendo variabilidade significativa nos anos considerados anômalos, explicados principalmente pela ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña. O que fica bem marcado é a ocorrência de máximos de precipitação nos anos de 1982, 1983 e 1998 e de mínimos nos anos de 1978, 1985 e 1988. As ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña podem explicar essa variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximas e mínimas precipitações são considerados anos da ocorrência de tais fenômenos, com significativa influência em toda dinâmica climática da região sul do Brasil. Foi verificado que a maior concentração da precipitação pluviométrica ocorreu na região centro sul da bacia, mais precisamente próximo aos municípios de Campo Mourão, Iretama e Mamborê.

Ao estudar a tendência do ritmo pluviométrico na bacia hidrográfica do rio Pardo-MS, Berezuk et al. (2011) verificou que existe uma tendência na definição de períodos secos e a ocorrência de chuvas mais concentradas. Porém, maior distinção de períodos secos e maior concentração temporal do ritmo pluviométrico, sejam eles no período chuvoso ou não, é um quadro que remete, logicamente, a um aumento dos números de eventos climáticos extremos que, porventura, poderá futuramente se converter em maior probabilidade de frequência de adversidades climáticas regionais.

Milanesi e Galvani (2011) estudaram a relação chuva versus relevo, ou seja, a ocorrência da chuva orográfica a barlavento da ilha de São Sebastião (Ilhabela-SP) nos anos de 2004 a 2005, e chegaram à conclusão que na ilha chove mais a barlavento, uma vez que os três pluviômetros dessa vertente acumularam 60,1% dos totais das chuvas. Os volumes de chuvas mais comuns foram acima de 300 mm/mês, sendo a única vertente que registrou

precipitações acima de 500 mm/mês, chovendo mais em qualquer estação do ano, cerca de 30%. Esses mesmos autores constataram também que chove mais em altitude. O posto situado a barlavento a 600m de altitude somou aproximadamente 25% da precipitação geral, acumulando 1334,9 mm a mais que o posto a 5m de altitudes. Ainda observaram que acima dos 300m de altitude é mais comum ocorrerem às chuvas superiores a 500 mm/mês, chegando ao máximo mensal acumulado de 708,5 mm, identificando as chuvas orográficas.

Macedo et al. (2011) monitoraram a intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande - PB, que se encontra numa zona de transição entre os climas do Litoral e do Sertão e por isso detém uma alta irregularidade pluviométrica. Esse monitoramento foi feito por meio do cálculo do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para os anos de 1962 a 2009. Os dados mostraram que os SPIs analisados não detectaram, segundo a intensidade média, categorias de secas e chuvas extremas na cidade de Campina Grande. Os anos que apresentaram maiores e menores índices de pluviometria foram detectados pelo SPI-12 meses e guardam uma boa relação com os eventos La Niña e El Niño, respectivamente, revelando uma boa representatividade em relação às condições reais da pluviometria local. As secas dos períodos de 1968 a 1971, de 1988 a 1989 e de 1997 a 2000 foram identificadas por todos os SPIs estudados. Da mesma forma, os períodos de 1963 a 1969 e de 2004 a 2005 foram detectados como chuvosos por todos os SPIs. Os autores destacam que nos últimos 50 anos ocorreram apenas três registros de precipitação anual abaixo de 500 mm, podendo afirmar que há garantia, com 94% de probabilidade de que as chuvas anuais na cidade serão superiores a 500 mm.

2.3 Uso e aplicação do balanço hídrico

O balanço hídrico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água do solo. Segundo Pereira et al. (1997), a partir do suprimento de água no solo, via precipitação ou irrigação, da demanda atmosférica e da capacidade de água disponível, fornece estimativas da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo, auxiliando na definição dos períodos secos e chuvosos, tornando-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma determinada região.

De acordo com Ometto (1981), existem diversos modelos de balanços hídricos, como o balanço hídrico real, o climatológico e o edafoclimático, cada um com a sua finalidade. O

balanço hídrico climatológico mais conhecido foi o proposto por Thornthwaite, em 1948, e posteriormente modificado por Mather em 1955, ficando conhecido como balanço hídrico de Thornthwaite e Mather, (1955).

Os estudos do balanço hídrico-climatológico segundo Aguilar et al. (1986), são úteis para caracterizar climaticamente uma região, tornando-se fundamentais na etapa de planejamento e definições de prioridades e na formulação de projetos de pesquisa em irrigação, permite ainda a classificação climática, a realização de um zoneamento agroclimático e ambiental, como também identificar período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, e possui maior interdependência com outros componentes e fatores ambientais.

Para determinar a macha anual da água disponível para as principais classes de solos em anos atípicos (secos e chuvosos) nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai, Graça (2011) aplicaram a metodologia do balanço hídrico edafoclimático elaborado por Ranzani (1971) e os resultados obtidos mostraram que os solos do basalto, tais como o Nitossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Eutroféricos apresentaram alta capacidade de água disponível, com 306,06 mm e 284,69 mm, respectivamente. Os solos formados do arenito, Argissolos e Latossolos Vermelhos de textura média, apresentam características estruturais mais fragilizadas devido à concentração de areia total (>60%), apresentando capacidade de armazenamento de água, com valores entre 123,86 mm e 148,04 mm, respectivamente.

Ainda, dentro desta proposta do balanço hídrico de Ranzani (1971), Braido et al. (2005) analisaram o padrão da distribuição das chuvas e da disponibilidade de água nas principais classes de solos encontrados na bacia hidrográfica do Paranapanema III – PR e mapearam os solos com os seus respectivos excedentes e deficiências hídricas. Verificaram ainda que nos setores que apresentaram as maiores precipitações médias anuais, maiores excedentes hídricos, menores deficiências hídricas e que podem ter os menores riscos para a produção agrícola, possuem solos com característica de textura argilosa que favorecem uma boa capacidade de retenção de água. Os setores que apresentaram às menores precipitações médias anuais, os menores excedentes hídricos, as maiores deficiências hídricas e podem oferecer maiores riscos para a agricultura são os setores com solos que devido a textura arenosa/média caracterizam-se por possuir baixa capacidade de retenção de água. Pode-se perceber que mesmo em setores que apresentam os valores pluviométricos mais elevados e os solos são de textura média e arenosa, as deficiências hídricas são muito elevadas.

Lima et al. (1978) complementam que nos solos de uma mesma região climática as diferenças hidrológicas são devidas as variações da capacidade que os solos apresentam de

armazenar água, principalmente aqueles formados por materiais geológicos muito distintos do ponto de vista químico, físico e mineralógico. O solo funciona como um reservatório de água, atendendo, durante períodos de estiagem, a demanda de água pelas plantas. De maneira geral esta disponibilidade de água depende do balanço entre o suprimento, decorrente geralmente das precipitações atmosféricas, e da demanda, resultante do processo de evapotranspiração e pela drenagem. Assim o aproveitamento de água armazenada pelo solo depende do comportamento dinâmico do sistema solo-planta-atmosfera.

Nunes et al. (2007) realizaram o zoneamento agroclimático da cultura do café na bacia do rio Doce - MG através da geoespacialização, para identificação das regiões aptas, restritas e inaptas ao cultivo do café (*Coffea arabica L.*), utilizando as temperaturas e déficit hídrico de 50 estações meteorológicas instaladas na bacia e em bacias próximas. Os dados de déficit hídrico foram determinados utilizando o balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955). Foram identificadas regiões equivalentes aproximadamente a um terço da área da bacia (regiões centrais e leste) inaptas ao cultivo do café, devido à ocorrência de um déficit hídrico maior que 150 mm e altas temperaturas ($> 23^{\circ}\text{C}$), e aproximadamente dois terços da área da bacia, localizada na parte mais alta, é apta ao cultivo do café ou possui alguma restrição térmica ou hídrica que pode eventualmente ser corrigida.

Estudos realizados por Ortolani et al. (1970) apresentaram dados que estabeleceram parâmetros climáticos para o cultivo do café nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e São Paulo, considerando as condições normais de balanço hídrico e de temperatura do ar. Os autores constataram que Franca, em São Paulo, apresenta tipo climático extremamente favorável à cafeicultura, concentrando excedentes hídricos (551 mm) de outubro a abril, apresentando condições adequadas de umidade durante o florescimento, frutificação e renovação foliar. Em Araçatuba - SP, embora as deficiências hídricas anuais não atinjam os 100 mm, existe grande possibilidade de seca nos meses de setembro, outubro e novembro, quando as temperaturas médias já ultrapassam os 24°C . No Estado do Espírito Santo as disponibilidades hídricas se assemelham as áreas cafeicultoras do Centro-Norte do Estado de São Paulo, com intensidade de seca anual superior a 200 mm, desde janeiro a outubro.

Segundo Ortolani et al. (1970), nas localidades paranaenses evidenciam distribuição mais uniforme de umidade, havendo maior equilíbrio entre evapotranspiração potencial e a precipitação. O mês de novembro, para Londrina-PR, mostra uma tendência de diminuição na precipitação, caracterizado como veranico. O regime pluviométrico nos meses de colheita e secagem do café, associada a elevada umidade do ar afeta desfavoravelmente a qualidade da

bebida. Em Governador Valadares-MG, com precipitação pluvial anual de 953 mm e evapotranspiração potencial de 1224 mm, o balanço hídrico acusa grandes deficiências hídricas (272 mm), sem nenhum excedente de água, mesmo na estação chuvosa. Já Caratinga – MG apresenta duas estações bem típicas quanto a disponibilidade hídrica, ocorre períodos úmidos de outubro a março, com excedente anual de 289 mm, seguido de períodos secos com deficiência anual de 81 mm de abril a setembro.

Dentro da temática dos zoneamentos agroclimáticos, Farias et al. (2007) realizaram o zoneamento para a cultura da soja no estado do Paraná, onde apresentaram as áreas de alto risco de ocorrência de veranicos durante as fases mais críticas (épocas de semeaduras) da cultura da soja, áreas em que os riscos são medianos, e áreas de menores riscos de ocorrência de déficit hídricos de acordo com cada tipo de classes de solos estipuladas. Os períodos mais favoráveis não indicam necessariamente os períodos de semeadura para obtenção dos maiores rendimentos de grãos, mais sim aqueles em que há menor possibilidade de perdas por ocorrências de déficit hídrico. Além da disponibilidade hídrica, outros fatores devem ser considerados para avaliar a viabilidade da exploração desta cultura com sucesso numa dada região.

Para analisar a produtividade do trigo relacionado a pluviosidade na bacia do rio Pirapó, Borsato e Sant'Anna Neto (2002) utilizaram-se do balanço hídrico Thornthwaite e Mather, (1955) e puderam observar que o elevado volume de chuvas registrados nos períodos de manifestação do El Niño (1997/1998), de maneira geral não foi a causa exclusiva da quebra de safras, exceto nas safras de 1997/1998 em que o excesso de chuvas durante os meses de colheitas prejudicou o rendimento e a qualidade. Por outro lado, constataram que nos meses de janeiro, fevereiro, junho e dezembro de 1997 e fevereiro, março e abril de 1998 foram os meses que registraram os maiores volumes de chuvas, e nos períodos que por meio do balanço hídrico se verificou a falta de água ocasionou a quebra da produtividade das safras de 1995/1996 e 1996/1997. Porém, observaram que a causa da baixa produtividade ou a quebra de safra foi atribuída à falta de chuva nos meses de março, abril, julho e agosto, períodos de germinação, floração e enchimento de grãos. Nestas fases é importante que não ocorra déficits hídricos, no entanto, os balanços de água no solo acusaram déficit para esse período, embora não seja a única causa que possa ter contribuído para quebra de safra.

Rossin e Tomaselli (2007) estudaram os efeitos do clima sobre a produção da cana-de-açúcar em Presidente Prudente-SP, elaboraram mapas e compararam a produtividade da cultura com a deficiência hídrica, extraída a partir da realização de um balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), de cada uma das safras estudadas. Ao analisar o

comportamento dos valores de deficiência hídrica do município de Presidente Prudente-SP e aqueles próximos do seu entorno, observaram que esses seguem a mesma variação de 0 a 500 mm em média. A alteração nas deficiências ocorreu conforme variou a pluviosidade em cada município, ou seja, de acordo com a posição geográfica em que cada um se encontra. Em relação às médias de produtividade da cultura da cana-de-açúcar não foi possível verificar grandes perdas de produtividade, elas caem no máximo 10 ton/ha de um ano para o outro. Contudo, a tendência para a cultura da cana-de-açúcar na região não foi a queda na produtividade, e sim o aumento, devido aos melhoramentos feitos com relação às técnicas de manejo para a cultura. Portanto, por meio da análise realizada, os autores constataram que as condições térmicas e hídricas da região favorecem o desenvolvimento dessa cultura na área, pois ocorrem poucas perdas de produtividade mesmo nos períodos de seca e de elevada umidade, além da não ocorrência de geadas.

Farias (2009) analisou a variabilidade do excedente e deficiência hídrica nas escalas anual e sazonal para o município de Paranavaí e verificou que a distribuição sazonal do excedente hídrico apresentou maior valor no verão, aproximadamente 200 mm e o inverno foi a estação que apresentou o menor valor de excedente hídrico entre 50 mm a 100 mm. No entanto, a distribuição sazonal da deficiência hídrica observada no inverno foi acima de 15 mm, comprovando um inverno bastante seco.

Para Zandonadi (2007), o resultado do balanço hídrico pode ser mais bem explorado quando se utiliza os sistemas de informação geográfica e a cartografia digital. O mesmo autor complementa que os dados utilizados para representação do balanço hídrico, quando espacializados, proporcionam uma visão ampla dos resultados, não se restringindo apenas ao ambiente local, e conclui que, unindo as diversas informações em apenas um mapa, consegue-se visualizar com mais clareza o comportamento hídrico de cada tipo de solo em resposta aos diferentes volumes de chuvas ao longo da bacia.

Portanto, identificar os períodos de excedente e de deficiência hídrica, dentro de uma bacia hidrográfica, é fundamental para gerenciar o uso de suas águas. O balanço hídrico permite não somente identificar esses períodos, como também, avaliar quais são os efeitos quantitativos e qualitativos dessas deficiências hídricas. Alfonsi (2000) complementa que o método do balanço hídrico pode constituir um bom indicador das potencialidades climáticas regionais, de grande valia na regionalização de culturas visando ao máximo o aproveitamento das mesmas. Esses conhecimentos mostram-se muito importantes, pois potencializa o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

2.4 A dinâmica atmosférica e a sua influência na área de estudo

A distribuição das chuvas na região Sul do Brasil é basicamente ligada às condições do clima tropical e subtropical, já que a área de estudo está localizada em uma faixa de transição climática onde os verões são chuvosos e os invernos são mais secos. Isso se deve, de acordo com Monteiro (1968), principalmente a penetração de sistemas frontais, mais precisamente a Frente Polar Atlântica, que tem maior intensidade no inverno e na estação do verão ocorre a expansão dos sistemas de baixa pressão, principalmente da Massa Equatorial Continental, que é um sistema de baixa pressão com presença de muita umidade.

Na estação do verão, em consequência do maior aquecimento solar, as massas de ar de baixa pressão se ampliam, principalmente a Massa Equatorial Continental (mEc) que, por sua vez, mais úmida, propicia condições de instabilidade além, da massa Tropical continental (mTc) e também atuam os sistemas Frontais (SF), cuja participação limita à invasões pouco frequentes na estação do verão, comparando-se com a estação do inverno, período que a participação se amplia e pode ficar acima de 20% , (BORSATO, 2006).

Ainda na estação do verão também ocorre a configuração Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), uma faixa de intensa nebulosidade que se estende da Amazônia ao interior do Atlântico Sul (QUADRO, 1994; NÓBILE TOMAZIELLO, 2010; SILVA DIAS, 1995).

Borsato et al. (2012) estudaram a participação da ZCAS na região de Maringá-PR nos verões de 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 e verificaram que a participação foi maior para os anos de La Niña, correspondendo a 19,1% do tempo cronológico. Como a ZCAS é uma faixa de intensa nebulosidade, ela contribui com a chuva na região.

No verão, atua também os sistemas de mesoescalas, denominado pela meteorologia como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), responsáveis pelos episódios de chuvas intensas no Sul do Brasil. Silva Dias (1987) afirma que os CCM se deslocam para leste a partir da região de origem e pode atingir até a região Sudeste do Brasil. Dessa forma, alguns episódios de chuva na região de estudo podem ser manifestação dos CCM.

Na circulação sinótica, destaca-se para a região Sul do Brasil a massa Polar Atlântica (mPa) que é um sistema anticiclônico que tem o seu centro de origem no Atlântico Sul, nas proximidades da Patagônia. Por essas razões, ela é uma massa de ar de alta pressão, baixa temperatura e baixa umidade. Para Monteiro (1968), a massa Polar atlântica é um sistema dotado de umidade em função da área de sua origem. O mesmo autor complementa que, essa

massa é mais potente nos seus avanços do Sul para o Norte. Mantém no Brasil Meridional uma interferência muito importante durante todo o ano, enquanto sobre outras regiões brasileiras seja mais expressiva no inverno.

A mPa tem dois trajetos principais, pelo continente e pelo oceano. Quando o seu trajeto é pelo oceano, ela ganha umidade ao se deslocar sobre água aquecida. Por outro lado, quando o seu trajeto é pelo interior do continente é mais seca.

Durante os dias de atuação no Sul do Brasil, a mPa prevalece com estabilidade atmosférica e forte resfriamento noturno. Para a região de estudo essas características são mantidas, ou seja, tempo estável (BORSATO, 2006).

Essa massa de ar avança na retaguarda dos sistemas frontais, responsáveis por mais de 50% das chuvas registradas na região (BORSATO, 2006). Portanto, as chuvas estão condicionadas à passagem do sistema frontal. Para o mesmo autor, na estação do inverno, os episódios de chuvas que ocorrem na região norte do Paraná são frontais.

Estudando a participação da massa Polar Atlântica (mPa) na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil, Borsato e Mendonça (2015) observaram que no verão é raro avançar pelo interior do continente e, quando avança, um ou dois dias depois, já deixou o continente ou perdeu suas características devido ao intenso aquecimento, propiciado pela perpendicularidade dos raios solares nessa estação do ano. Boin (2000) estudou a chuva e a erosão no Oeste paulista e verificou que em anos de pluviosidade elevada, as correntes do Sul, sob a forma de passagens frontais, são responsáveis por 70% das chuvas registradas naquela região.

Na estação mais fria, a mPa, às vezes chega ao sul da Amazônia (SERRA e RATISBONNA, 1942). O maior ângulo de incidências dos raios solares e a diminuição das horas de brilho refletem no menor aquecimento continental e, por isso, as características impostas pela mPa manifestam-se por vários dias consecutivos, de 3 a 7 dias na região de estudo.

Em estudos realizados para a região de Maringá, cidade localizada na borda da área de estudo, Borsato, Mendonça, (2015) verificaram que a participação da média mPa no inverno foi de 50,9% do tempo cronológico, e no verão, 21,4%. A participação no outono também foi ampla, 49,2%, e na primavera caiu para 32,4%. Considerando-se que essa massa é de baixa umidade e fria, sua atuação na região provoca estabilidade. Por isso, nas estações com mais participação, o volume de chuva é reduzido.

Outro sistema cuja participação é importante na dinâmica atmosférica para a área de estudo é a massa Tropical atlântica. Ela também atua intensamente na região. Como seu

centro de ação encontra-se no interior do Atlântico Sul, avança para o interior do Brasil. Essa massa de ar apresenta como características básicas temperaturas elevadas e muita umidade. Tem seu centro de origem do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, onde recebe calor e umidade, e por ser dotada de movimento no sentido anti-horário penetra para o interior, atingindo as regiões Leste, Sul e Centro-Oeste, atuando durante todo ano (MONTEIRO, 1968).

Ao estudar a variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí PR, Baldo (2006) observou que os episódios marcados pela falta de chuva devem-se à entrada da massa Tropical Atlântica alternada com a Tropical Continentalizada por vários dias consecutivos. O tempo fica estável, com temperaturas elevadas e baixa umidade relativa, as quais se intensificam principalmente no verão, inibindo a atuação dos sistemas frontais.

Para o verão, como o aquecimento do continente é mais intenso, propicia condições para a ampliação e expansão dos sistemas atmosféricos continentais e de baixa pressão. Mesmo assim é relativamente comum que a mTa se amplie e por meio de cristas avance para o interior do Brasil. Nesse estágio, ela contribui para dias ensolarados e de atmosfera estável. Segundo Monteiro (1968), no verão, devido ao forte aquecimento basal e o efeito orográfico, ela pode até desestabilizar a atmosfera. Por outro lado, no inverno, o resfriamento continental aumenta a estabilidade.

Quente e seca, a massa Tropical Continental (mTc) é originária na depressão do Chaco é resultante de anticiclone que precede da frente polar atlântica, com atuação bem definida no verão. Para Nimer (1989), a baixa umidade, aliada à forte subsidência da alta superior, dificulta a formação de nuvens de convecção sendo, portanto, responsável por tempo quente e seco. Essa massa de ar se caracteriza por apresentar pressão atmosférica baixa, elevada temperatura, com ventos predominantemente de norte e noroeste do Paraná (SANT'ANNA NETO, 1990).

A massa de ar mais importante que atua na região de estudo é a massa Equatorial continental, embora a participação seja relativamente reduzida. Considerando o tempo cronológico, segundo Borsato (2008) para a região de Maringá é de 20% do tempo para a estação do verão e responsável por aproximadamente 50% da chuva registrada na estação.

A Massa Equatorial Continental (mEc) tem seu centro de origem no interior da Amazônia e tende a manter-se durante todo o ano naquela zona, constituindo-se de ar quente de elevada umidade específica. No verão, é atraída pelos sistemas depressionários (térmicos e dinâmicos) do interior do continente, ela se expande e avança para o sul, sudeste ou ainda, para leste e, frequentemente atinge o Sul do Brasil (MONTEIRO, 1968).

A massa Equatorial Continental (mEc) é úmida porque recebe os ventos do alísio de nordeste. Esses ventos penetram no continente sul americano, na porção ao norte da linha do Equador. No continente, ganham calor e os movimentos convectivos se intensificam e a umidade é homogeneizada em uma espessa camada. Durante o verão, ela se amplia, principalmente para o Centro Sul do Brasil e às vezes chega ao sul do país. É a massa que exerce maior influência na distribuição das chuvas no Brasil. De acordo com Monteiro (1968), esse sistema forma-se sobre o continente aquecido, onde dominam os ventos fracos, sobretudo no verão. A repercussão na área de estudo é de umidade relativa elevada, temperatura acima de 30°C, queda na pressão atmosférica, sendo os ventos de norte, noroeste e oeste. A característica do tempo sob este sistema é de instabilidade.

Verifica-se, portanto, que a dinâmica dos sistemas atmosféricos tem grande importância nos tipos de tempo e clima da área de estudo.

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo está inserida na região Sul do Brasil, mais especificamente no Estado do Paraná e compõe a grande bacia hidrográfica do rio Paraná. Compreendem as bacias hidrográficas do Pirapó, Paranapanema III e Paranapanema IV, que se localizam entre as latitudes 22°30' S e 23°30' S e as longitudes de 51°00' W e 53°00' W, abrangendo as regiões Norte e Noroeste do Estado (**Figura 1**). É uma unidade de gestão de recursos hídricos denominada de Piraponema, cujo Comitê de Gestão foi instituído pelo Decreto nº 2.245/08, aprovado pelo CERH em 25 de fevereiro de 2008 – Resolução 055 (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

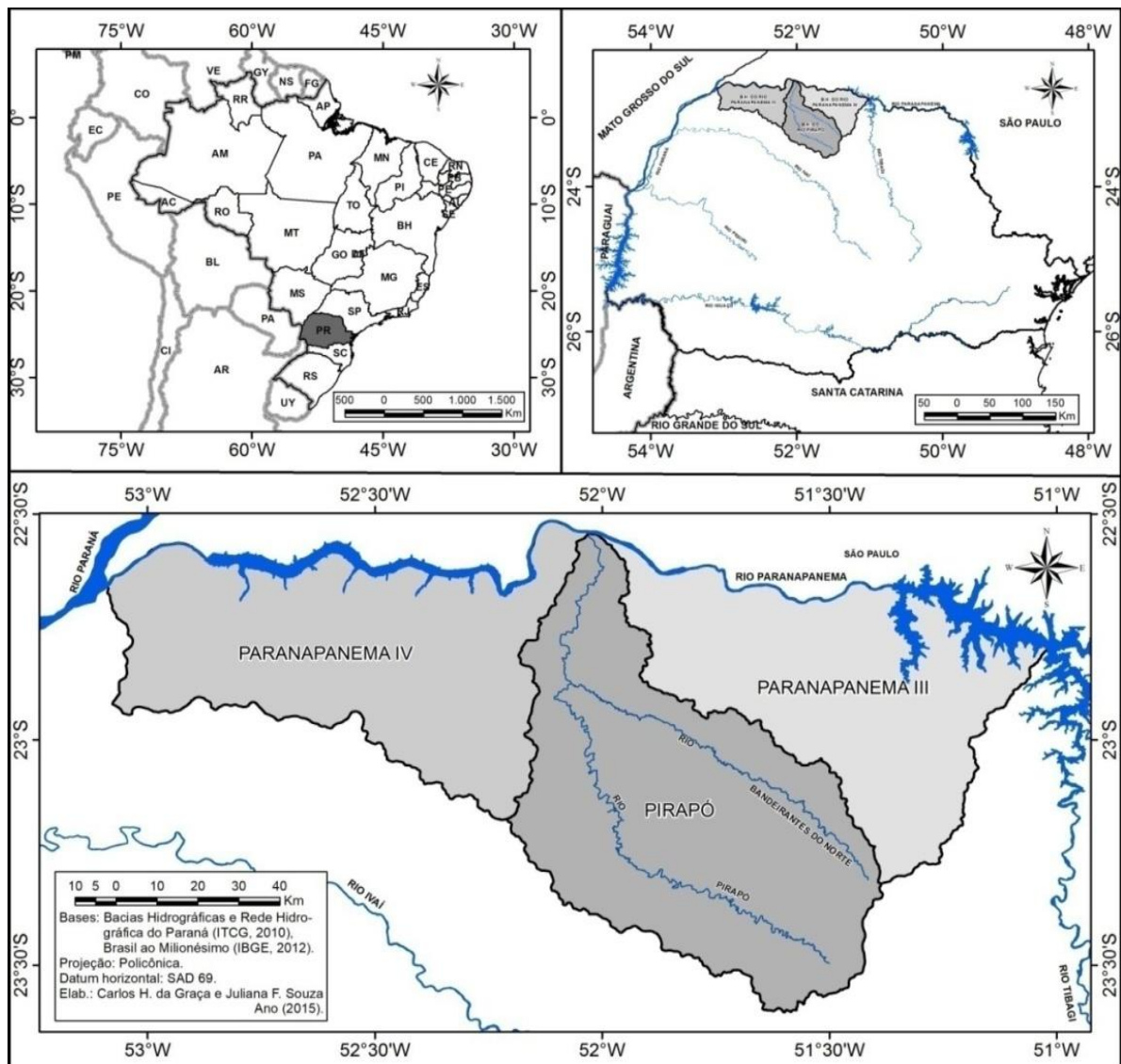
O comitê Piraponema é composto por 40 membros titulares e seus respectivos suplentes, sendo 16 representantes do Poder Público, 16 representantes dos Setores de Usuários de Recursos Hídricos e 8 representantes da Sociedade Civil (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

Esta unidade hidrográfica (Pirapó, Paranapanema III e Paranapanema IV), ocupa uma superfície de aproximadamente 1.315.795 ha, onde estão localizados 58 municípios (Figura 2) e possui 1.362.109 habitantes (IBGE 2010). Estima-se que 53% da água retirada das bacias sejam para o uso humano, segundo o Instituto das Águas do Paraná (2011).

A bacia do rio Paranapanema III é formada pela área de drenagem de 12 tributários que deságuam no rio Paranapanema entre a foz do rio Tibagi e a foz do Pirapó, possuindo uma área total de 3.745 km², abrangendo 18 municípios, localizados na porção Norte e Nordeste do Estado do Paraná entre as coordenadas geográficas de 22°33'15" a 23°04'33" de Latitude Sul e 51°08'48" a 51°56'18" de Longitude Oeste (PARANÁ, 1998).

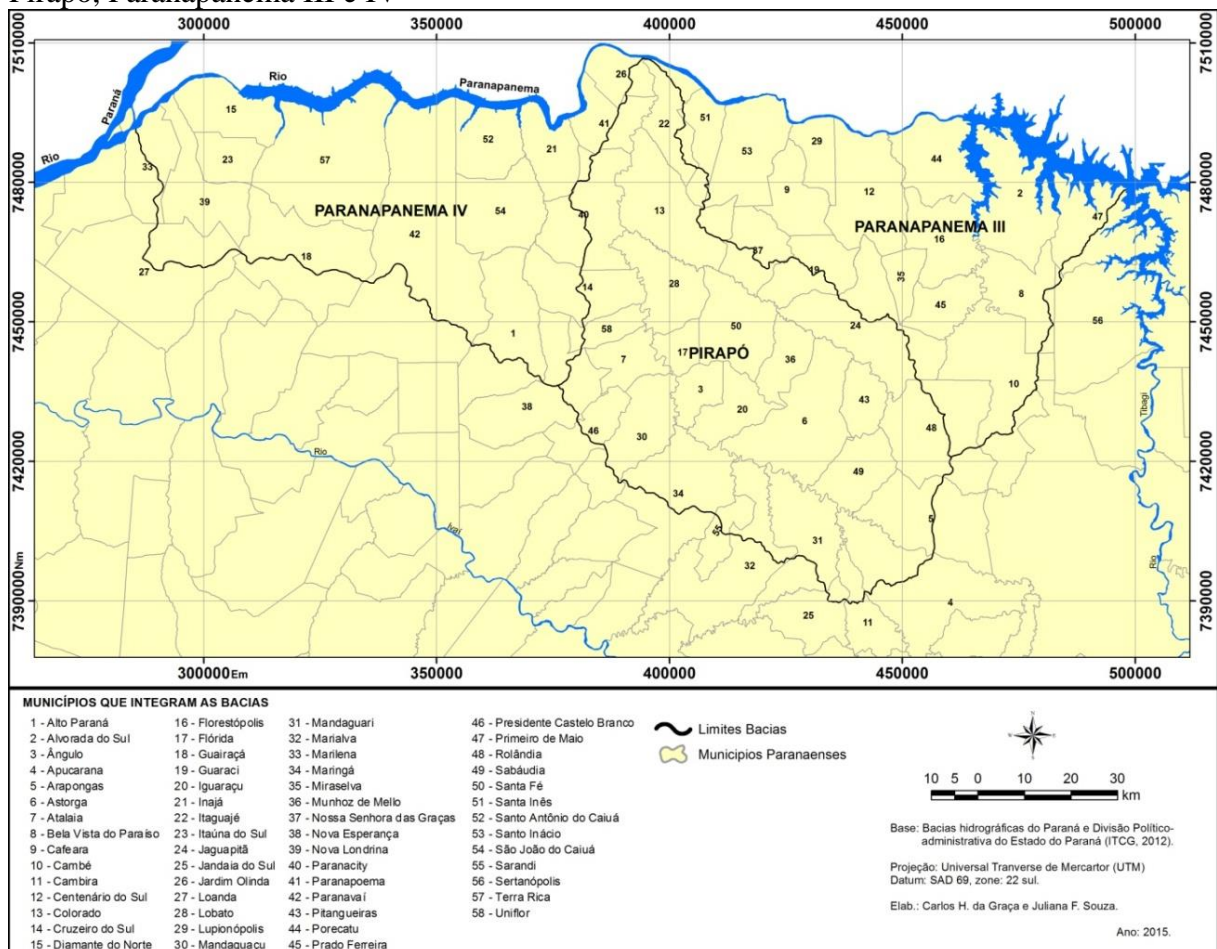
Na **Figura 1**, é possível observar que a bacia do Paranapanema IV se localiza a oeste do rio Pirapó, conta com uma área de drenagem de 4.149 km² correspondente à área da bacia de 15 afluentes do rio Paranapanema até a foz do Ribeirão do Tigre. É uma sub-bacia do rio Paraná e está inserido no Terceiro Planalto Paranaense, na porção Noroeste do Estado do Paraná, localizado entre as coordenadas geográficas de 22°36'11" a 23°10'45" de Latitude Sul e 52°03'30" a 53°02'49" de Longitude Oeste (PARANÁ, 1998).

Figura 1 - Mapa de localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV- PR



A bacia do rio Pirapó compreende uma área de drenagem de 5.076.352 km². O rio Pirapó nasce no município de Apucarana a 1000 metros de altitude, corre em direção norte numa extensão de 168 km até a sua foz e deságua no rio Paranapanema, a 300 metros de altitude, no município de Jardim Olinda. Situa-se na região norte do Estado do Paraná, entre o enquadramento de 22°33'e 23°36' de latitude sul e 51°23'a 52°13' de longitude Oeste, abrangendo uma área de 28 municípios, conforme mostra a **Figura 2** (PARANÁ, 1998).

Figura 2 - Mapa de localização dos municípios que compõe as bacias hidrográficas do Pirapó, Paranapanema III e IV



3.2 Aspectos físicos

As bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV estão localizadas sobre o Terceiro Planalto Paranaense compreendendo aos derrames de lavas básicas (a leste) da Formação Serra Geral, que compõe o Grupo São Bento, além das Formações Adamantina, Caiuá, Santo Anastácio, que são compostas por rochas areníticas pertencentes ao Grupo

Bauru, formadas no período Cretáceo da Era Mesozóica, e áreas de sedimentos Mesozóicos (à oeste), com depósitos aluviais do período Quaternário (MINEROPAR, 2001).

O relevo da região possui valores altimétricos bem diversificados que vão de 200 a 900 metros de altitudes. As maiores cotas são encontradas na bacia do rio Pirapó com altitudes entre 800 a 900 metros, na montante da bacia, e nas demais áreas desta bacia (porção média e inferior) os valores variam de 200 a 300 metros. A bacia do Paranapanema III tem seus maiores valores altimétricos entre 600 e 700 metros de altitudes. Já a hipsometria da bacia Paranapanema IV atinge suas maiores cotas entre 500 e 600 metros de altitudes, porém, o predomínio na região são cotas entre 300 a 400 metros (MINEROPAR, 2001).

Os solos predominantes nessa região abrangida pelas bacias hidrográficas do Pirapó Paranapanema III e IV, segundo Embrapa (2007), compreendem áreas com Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos e Neossolos Litólicos, todos de textura argilosas, originados de rochas básicas (basalto) da formação Serra Geral. Encontram-se também os Latossolos Vermelhos de textura média e Argissolos Vermelhos de textura média formada a partir das alterações de rochas areníticas das formações Adamantina, Caiuá e Santo Anastácio.

Por estar localizada entre as latitudes 22° e 24° , a região encontra-se em uma área de transição climática, onde de acordo Monteiro (1968), atuam os sistemas polares e tropicais. O clima, por sua vez, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cfa, subtropical, úmido mesotérmico, apresentando verões quentes e geadas pouco frequentes durante o inverno. Segundo a classificação de Nimer (1979), neste clima nenhum mês apresenta temperaturas médias inferior a 15°C , oscilando o mês mais frio entre 18°C e 15°C . Quanto a média das precipitações anuais a região possui cerca de 1250 a 1900 mm.

Entretanto, Terassi e Silveira (2013) realizaram estudos na bacia hidrográfica do rio Pirapó e identificaram as tipologias Cfa (Subtropical quente) nos setores acima de 650 metros e Ama (Tropical com inverno seco) nas porções de menores cotas altimétricas, nas quais a temperatura do mês mais frio encontra-se entre 18°C e 22°C e a do mês mais quente acima dos 22°C , com precipitação pluviométrica concentrada nos meses do verão e significativa redução nos meses do inverno, confirmando a diversificação da transição climática.

A cobertura vegetal original da região onde estão inseridas as bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e Pirapó, segundo Roderjan et al. (2002) encontra-se a floresta Estacional Semi-decidual, que está distribuída entre as regiões norte e oeste do Paraná. Essa floresta encontra-se nas áreas de temperaturas mais elevadas no estado do Paraná e estão presentes em áreas entre as altitudes de 800m e 200m. Cerca de 20 a 50% das árvores do

dossel da floresta perdem suas folhas na estação seca, modificando fortemente a fisionomia da vegetação. Assim, de acordo com Roderjan et al. (2002) as formações vegetais da floresta Estacional Semidecidual têm como principal característica fisionômica a semidecidualidade, na estação desfavorável. Esse fenômeno é praticamente restrito aos estratos superiores e tem correlação principalmente com os parâmetros climáticos.

3.3 Aspecto histórico e socioeconômico

O processo de colonização da região do Paranapanema III, IV e do Pirapó é o mesmo da colonização da região Norte paranaense. A primeira iniciativa para a ocupação foi resultado da política imperial de integração entre interior e litoral em meados do século XIX. Já o chamado “Norte Velho” foi colonizado entre 1860 e 1925 por paulistas e mineiros. Moro (2003) destaca que a ocupação do território paranaense, especialmente do Norte do Estado, foi marcada pelo processo agrário de distribuição de terras por meio de empresas loteadoras e pelo desmatamento e rápida ocupação das áreas loteadas, adquiridas pela Companhia Melhoramento Norte do Paraná que adquiriu junto ao Governo do Estado cinco glebas entre os rios Tibagi, Paranapanema e o rio Ivaí.

Segundo Tomazi (1997) essa ocupação possui três fases distintas, apesar de suas similaridades: a ocupação do Norte Velho, também conhecido como Norte Pioneiro, que é a região localizada no nordeste do Paraná, em que a ocupação iniciou-se em meados do século XIX e desenvolveu-se nas primeiras décadas do século XX, a do Norte Novo, abrangendo as terras que foram colonizadas pela companhia de Terras Norte do Paraná entre 1930 a 1947, indo do rio Tibagi até as proximidades de Maringá e a do Norte Novíssimo, compreendendo os territórios de Maringá até o rio Paraná. Toda a região norte foi ocupada por imigrantes de diversas regiões, principalmente por paulistas e mineiros, fruto do processo econômico vigente, dependente da cafeicultura.

Os solos férteis da região de Londrina e Maringá atraíram a produção cafeeira e estimularam a construção de estradas de ferro para o escoamento da produção de café e de outros produtos. Assim, Endlich (2006) destaca que a região foi a última fronteira de expansão da cafeicultura no Paraná, demarcando a ocupação produtiva e dinamizando a economia da região.

Com os eventos climáticos, tais como: “geada negra” em 1975, a seca e os incentivos fiscais do governo para erradicação dos cafezais fizeram com que ocorresse um declínio no ciclo econômico do café no Paraná e um avanço na modernização da agricultura, o que de

acordo com Serra (2009) trouxe um modelo de desenvolvimento no qual a atuação das cooperativas agropecuárias foram fatores decisivos para o processo econômico da região.

Atualmente, as áreas de estudos do Pirapó e do Paranapanema III e IV caracterizam-se como polos agropecuários e industriais do estado, destacando-se a produção de soja e milho, além de manter os maiores cultivos de cana-de-açúcar no estado do Paraná. A indústria da região é bem representativa, controlando grande parcela da economia dos municípios de Apucarana, Arapongas, Colorado, Jaguapitã, Rolândia, Santo Inácio e Maringá (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

Quanto à população da região, estima-se, segundo o senso de IBGE (2010), que os 58 municípios que compreendem as bacias hidrográficas do Pirapó e do Paranapanema III e IV possuem cerca de 1.390.750 habitantes, com 93% desta população habitando na área urbana (1.293.258). Os municípios mais populosos situam-se no alto vale das bacias, onde se concentram estruturas ferroviárias, rodoviárias, e a maior parte da atividade produtiva agrícola, principalmente próximo a Londrina e Maringá. Os municípios com maior população são Maringá (357.077), Apucarana (120.919), Arapongas (104.150), Cambé (96.733), Sarandi (82.847), Paranavaí (81.590) e Rolândia (57.862), conforme Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Pirapó-PR (IBGE 2010)

Município	População			Área do Município	Área do município na Bacia	% do município na Bacia
	Rural	Urbana	Total			
Ângulo	606	2.253	2.859	403,43	105,58	26%
Apucarana	6.821	114.098	120.919	556,63	172,73	31%
Arapongas	2.299	101.851	104.150	382,27	194,62	51%
Astorga	2.139	22.559	24.698	435,89	435,89	100%
Atalaia	566	3.347	3.913	137,18	137,18	100%
Cambira	1.761	5.475	7.236	163,23	42,92	26%
Colorado	1.152	20.585	21.737	403,53	354,00	88%
Cruzeiro do Sul	1.856	9.334	11.190	258,73	116,10	45%
Flórida	221	2.322	2.543	83,77	83,77	100%
Guaraci	1.027	4.200	5.227	211,94	96,53	46%
Iguaraçu	423	3.559	3.982	163,68	163,68	100%
Itaguaí	932	3.636	4.568	187,01	125,07	67%
Jaguapitã	1.451	10.234	11.685	477,20	282,48	59%
Jandaia do Sul	1.938	18.331	20.269	188,90	18,53	10%
Jardim Olinda	5.153	7.171	12.324	128,92	32,50	25%
Lobato	296	4.105	4.401	240,45	240,45	100%
Mandaguaçu	2.196	17.585	19.781	293,55	221,07	75%
Mandaguari	1.121	19.174	20.295	335,23	242,74	72%
Marialva	6.167	25.792	31.959	474,80	122,68	26%
Maringá	6.424	350.653	357.077	486,37	275,17	57%

Munhoz de Melo	698	2.974	3.672	137,04	137,04	100%
N. Senhora das Graças	103	752	855	185,48	72,90	39%
Nova Esperança	654	3.182	3.836	403,43	82,81	21%
Paranacity	529	2.140	2.669	347,58	209,05	60%
Paranapoema	2.791	2.500	61	177,56	71,93	41%
Pitangueiras	774	2.040	2.814	123,14	123,44	100%
P. Castelo Branco	587	3.015	3.434	154,93	82,67	53%
Rolanda	1.388	20.972	22.360	453,82	225,29	50%
Sabáudia	999	5.097	6.096	191,39	191,39	100%
Santa Fé	1.200	9.232	10.432	276,12	276,12	100%
Santa Inês	626	1.192	1.818	140,35	31,41	22%
Sarandi	459	60.238	60.697	103,43	43,99	43%
Uniflor	479	1.987	2.466	94,84	76,33	80%

Fonte - IBGE (2010) e ÁGUAS PARANÁ (2011).

Tabela 2 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Paranapanema III-PR (IBGE 2010)

Bacia do Paranapanema III						
Município	População			Área do Município	Área do município na Bacia	% do município na Bacia
	Rural	Urbana	Total			
Alvorada do Sul	2.945	7.338	10.283	427,10	427,10	100%
B. vista do Paraíso	883	14.196	15.079	245,41	220,22	90%
Cafeara	500	2.195	2.695	184,61	184,61	100%
Cambé	3.781	92.952	96.733	495,88	352,99	71%
Centenário do Sul	1.654	9.286	10.940	370,09	370,09	100%
Colorado	1.340	21.05	22.345	403,53	49,53	12%
Florestópolis	461	5.470	9.931	246,65	246,65	100%
Guaraci	1.238	4.959	6.197	211,94	115,41	54%
Itaguajé	183	41	224	187,01	61,70	33%
Jaguapitã	1.845	10.380	12.225	477,20	194,72	41%
Lupionópolis	513	4.058	4.571	121,52	120,27	99%
Miraselva	432	1.430	1.862	89,92	89,92	100%
N. S. das Graças	2.292	24.323	26.615	185,48	112,58	61%
Porecatu	2.197	11.442	14.189	291,13	291,13	100%
Prado Ferreira	419	3.015	3.434	152,79	152,79	100%
Primeiro de Maio	749	10.083	10.832	411,00	223,69	54%
Rolândia	3.113	54.749	57.862	453,82	152,96	34%
Santa Inês	546	1.735	1.735	140,35	108,94	78%
Santo Inácio	1.069	4.200	5.269	309,27	305,76	99%

Fonte-IBGE (2010) e ÁGUAS PARANÁ (2011).

Tabela 3 - População residente, área total e porcentagem da participação territorial dos municípios inseridos na bacia hidrográfica Paranapanema IV-PR (IBGE 2010)

Bacia do Paranapanema IV						
Município	População			Área do Município	Área do município na Bacia	% do município na Bacia
	Rural	Urbana	Total			
Alto Paraná	2.442	11.221	13.663	407,65	267,57	66%
Cruzeiro do Sul	1.159	3.404	4.563	258,73	142,63	55%
Diamante do Norte	965	4.551	5.516	242,31	241,76	100%

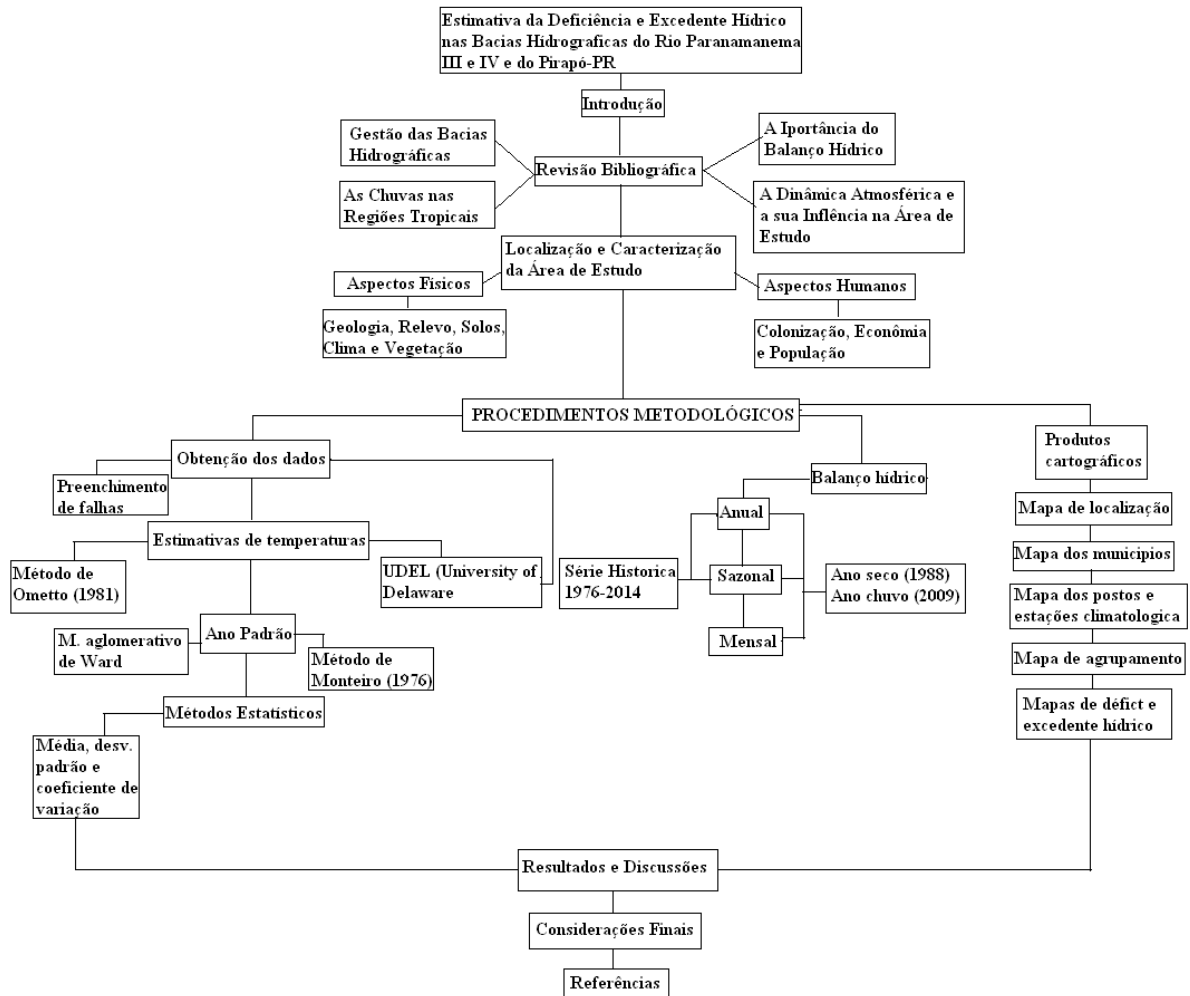
Guairaçá	716	4.935	5.651	495,77	309,35	62%
Inajá	227	2.761	2.988	193,77	192,48	99%
Itaúna do Sul	1.034	2.549	3.583	127,20	127,20	100%
Jardim Olinda	408	546	954	128,92	95,76	74%
Loanda	1.927	19.274	21.201	722,23	216,98	30%
Marilena	1.874	4.984	6.858	232,07	224,14	97%
Nova Esperança	654	3.182	3.836	403,43	93,00	23%
Nova Londrina	1.053	12.014	13.067	270,62	270,28	100%
Paramacity	781	9.469	10.250	347,85	138,80	40%
Paranapoema	291	2.500	2.791	177,56	105,37	59%
Paranavaí	3.862	77.728	81.590	1.196,21	777,17	65%
S. Antônio do Caiuá	604	2.123	2.727	226,59	220,34	97%
São João do Caiuá	872	5.039	5.911	305,28	305,28	100%
S. Pedro do Paraná	294	12	306	255,04	79,75	31%
Terra Rica	2.851	12.370	15.221	698,72	697,59	100%
Uniflor	-	-	2.466	94,84	18,51	20%

Fonte - IBGE (2010) e ÁGUAS PARANÁ (2011).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização da presente pesquisa foi necessário a utilização de vários procedimentos metodológicos, e para ajudar na compreensão das etapas foi elaborado um fluxograma conforme mostra a **Figura 3**.

Figura 3 - fluxograma dos procedimentos metodológicos



4.1 Obtenção de dados

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os dados da série histórica de 1976 a 2014. Os dados de precipitação foram obtidos junto aos postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná e nas estações meteorológicas de Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranavaí, pertencentes a rede do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), Maringá, referente a rede do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, e Apucarana, pertinente a rede do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná, (**Figura 4**).

Figura 4 - Distribuição espacial dos postos e estações pluviométricas das bacias hidrográficas do rio Pirapó, Paranapanema III e IV

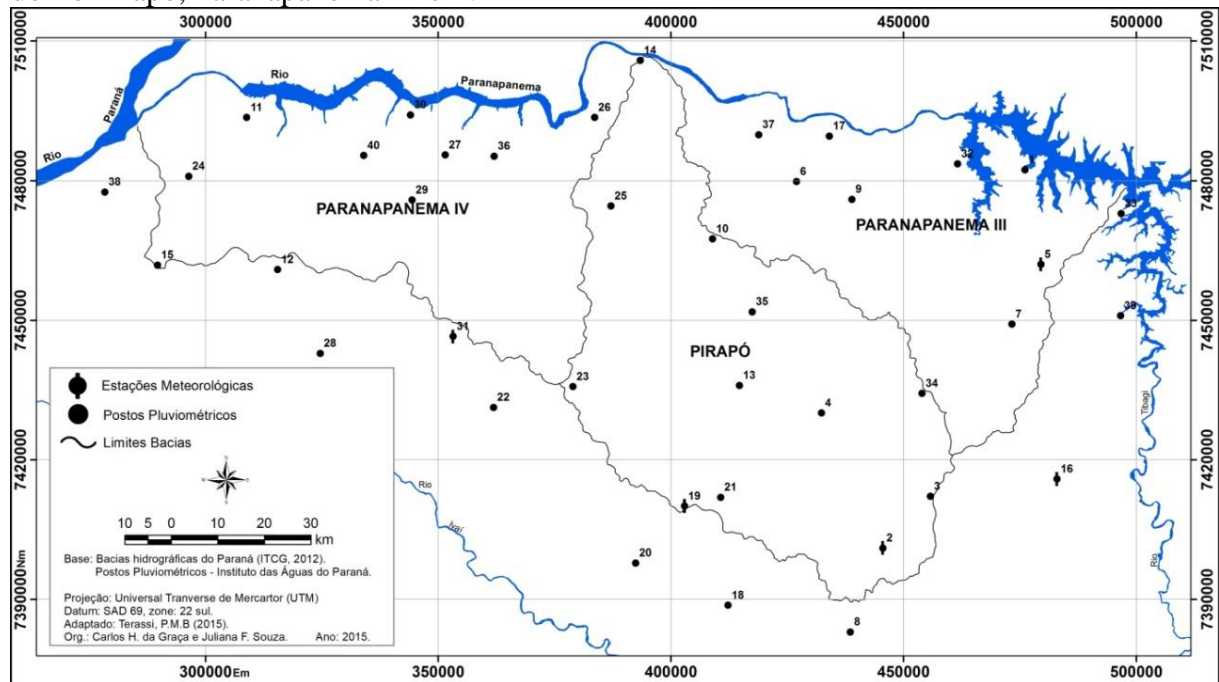


Tabela 4 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações metrológicas inseridas dentro e no entorno da bacia hidrográfica do Paranapanema III, Paranapanema IV e Pirapó-PR

Número	Código	Município	Posto Pluviométrico e Est. Meteorológica	Latitude S	Longitude W	Altitude m
1	02251038	Alvorada do Sul	Alvorada do Sul	22°46'00''	51°13'59''	373
2	02351008*	Apucarana	Apucarana	23°30'00''	51° 32'00''	746
3	02351048	Arapongas	Arapongas	23°24'00''	51°25'59''	793
4	02351051	Astorga	Astorga	23°14'14''	51°39'41''	572
5	02251027*	Bela Vista do Paraíso	Bela Vista do Paraíso	22°57'00''	51°12'00''	600
6	02251037	Cafeara	Cafeara	22°47'16''	51°42'41''	377
7	02351031	Cambé	Prata	23°03'58''	51°15'40''	438
8	02351043	Cambira	Cruzeiro	23°39'46''	51°36'09''	601
9	02251069	Centenário do Sul	Centenário do Sul	22°49'22''	51°35'44''	500
10	02251033	Colorado	Alto Alegre	22°53'53''	51°53'17''	487
11	02252015	Diamante do Norte	Diamante do Norte	22°39'15''	52°51'38''	329
12	02252025	Guairaçá	Fazenda Novo Matão	22°57'00''	52°47'59''	460
13	02351050	Iguaraçu	Iguaraçu	23°10'59''	51°49'59''	581
14	02252013	Jardim Olinda	Jardim Olinda	22°33'03''	52°02'11''	318
15	02253013	Loanda	Fazenda Erechim	22°56'18''	53°03'03''	446
16	02351003	Londrina	Londrina	23°22'00''	51°10'00''	585
17	02251042	Lupionópolis	Maira	22°41'59''	51°38'32''	377
18	2351029	Marialva	São Miguel do Cambuí	23°36'35''	51°51'36''	372

19	02352055	Maringá	Florianópolis	23°31'35''	52°03'13''	424
20	2351045	Maringá	Guaiapó	23°24'00''	51°52'26''	584
21	83767*	Maringá	Maringá - ECPM	23°25'00''	51° 57'00''	542
22	02352039	Nova Esperança	Ivaitinga	23°13'19''	52°20'59''	497
23	02352062	Nova Esperança	Nova Esperança	23°10'59''	52°10'59''	582
24	02252020	Nova Londrina	Nova Londrina	22°46'00''	52°58'59''	414
25	02252010	Paranacity	Vila Silva Jardim	22°49'59''	52°06'00''	250
26	02252019	Paranapoema	Fazenda Guanabara	22°39'39''	52°07'59''	299
27	02252023	Paranavaí	Cristo Rei	22°43'52''	52°26'47''	400
28	02352052	Paranavaí	Deputado José Afonso	23°06'49''	52°42'45''	383
29	02252027	Paranavaí	Fazenda Aurora	22°49'05''	52°31'00''	367
30	02252017	Paranavaí	Fazenda Santo Antônio	22°39'10''	52°31'05''	333
31	02352017*	Paranavaí	Paranavaí	23°05'00''	52°26'00''	480
32	02251023	Porecatu	Porecatu	22°45'17''	51°22'26''	425
33	02253002	Porto Rico	Porto Rico	22°46'00''	53°16'00''	240
34	02251039	Primeiro de Maio	Primeiro de Maio	22°51'06''	51°01'55''	370
35	02351053	Rolândia	Rolândia	23°12'00''	51°27'00''	653
36	02351065	Santa Fé	Santa Fé	23°02'25''	51°48'20''	485
37	02252024	Santo Antônio do Caiuá	Santo Antônio do Caiuá	22°44'04''	52°20'38''	327
38	02251041	Santo Inácio	Santo Inácio	22°41'47''	51°47'23''	373
39	02253008	São Pedro do Paraná	Leoni	22°47'42''	53°09'33''	419
40	02252022	Terra Rica	Terra Rica	22°43'50''	52°36'59''	437

*Estações climatológicas ou meteorológicas.

4.2 Estimativas de temperatura

Como os postos pluviométricos da rede do Instituto das Águas do Paraná não apresentam dados de temperaturas, esses dados foram obtidos da UDEL (University of Delaware) Air Temperatura and Precipitation. Disponível em: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html>. Acesso em 12 de maio de 2014, que é um banco de dados da UDE'L-University of Delaware (2014). Este arquivo digital contém as temperaturas médias mensais de todo o planeta, em formato de grade regular de 0,5° de latitude por 0,5° de longitude, do ano de 1900 até o ano de 2010, atualizado todo ano. Para este trabalho foram selecionados apenas os dados do retângulo envolvente à região de estudo (latitudes variando entre 22°30'S e 23°30'S e longitudes

variando entre 51°00'W e 53°00'W). Para isso foi utilizado um filtro onde se colocava os limites da bacia hidrográfica possibilitando a retirada dos dados desse arquivo.

Esse procedimento seguiu-se até o ano de 2010 utilizando a metodologia citada anteriormente, a partir daí, pela inexistência desses dados neste arquivo, foram coletados dados de 2011, 2012, 2013, 2014 de cinco estações meteorológicas: Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranavaí, pertencentes a rede do IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná, Maringá, da rede do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, e Apucarana, da Rede do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná.

Mediante os dados dessas estações foram estimadas as temperaturas para todos os postos pluviométricos ao longo das bacias (que não apresentavam temperaturas), por meio de uma estimativa de cálculo que considera uma variação de 0,65°C para cada 100 metros de altitude para os postos mais próximos das estações com condições topográficas semelhantes, conforme estabelece Ometto (1981). Esse cálculo se baseia numa regra de três simples organizadas em planilhas do Excel Office 2007.

Verificaram-se algumas falhas de coletas nos dados ao longo da série histórica nos postos pluviométricos e nas estações, e para os preenchimentos destes dados foram utilizados os tratamentos estatísticos com o auxílio de tabelas do programa Excel Office 2007. Esses dados faltantes foram preenchidos de acordo com o método de ponderação regional de Villela e Mattos (1975), tendo o cuidado de selecionar os postos com características de precipitação (mensal e anual) e altitudes semelhantes.

Para isso, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$P_x = \frac{\bar{P}_x}{3} \left(\frac{P_a}{\bar{P}_a} + \frac{P_b}{\bar{P}_b} + \frac{P_c}{\bar{P}_c} \right)$$

Onde:

O x é o posto pluviométrico ou estação meteorológica com dados pluviométricos faltantes; P_x é a precipitação do mês faltante; \bar{P}_x é a precipitação média mensal da estação x; P_a , P_b , P_c , são as precipitações mensais reais dos postos pluviométricos selecionados para o preenchimento; \bar{P}_a , \bar{P}_b , \bar{P}_c e, são as precipitações médias mensais destes mesmos postos.

4.3 Ano Padrão

Para a classificação da pluviosidade em ano padrão, foi utilizada a tipologia de Monteiro (1976) para os postos pluviométricos e para as estações, identificando os anos

tipicamente chuvosos e secos, utilizando os valores mensais de precipitação da série histórica (1976 a 2014).

A técnica do ano padrão consiste inicialmente em calcular o desvio da precipitação mensal, por meio da equação:

$$DP_m = p - NC_m$$

Onde: DP_m- Desvio da precipitação mensal (mm); p - Precipitação total mensal (mm); NC_m - Normal climatológica do mês (mm).

Em seguida, determinou-se o coeficiente de variação do índice de chuva, através equação:

$$CV_m = DP_m * 100 / NC_m$$

Onde: CV_m - Coeficiente de variação da chuva mensal (%); Dp_m - Desvio da precipitação mensal (mm); 100 - índice percentual; NC_m - Normal climatológica do mês (mm).

Com os valores do coeficiente de variação mensal das chuvas calculados realizou-se o cálculo do coeficiente de variação anual, utilizando a fórmula abaixo:

$$CV_a = \frac{\sum_{n=1}^n CV_m}{n}$$

Onde: CV_a - Coeficiente de variação da chuva anual (%) CV_m - Coeficiente de variação da chuva mensal (%); n - número de meses.

Por último, os valores anuais do coeficiente de variação das chuvas obtidos anteriormente foram submetidos às cinco categorias hierárquicas proposta por Monteiro (1976), que determinaram a classificação dos anos padrão em:

Ano normal - representado por anomalias dentro do intervalo de 15% positivo a 15% negativo;

Tendente a seco - representado por desvios negativos entre 15,1 a 30%;

Ano seco - representado por desvios negativo superiores a 30,1%;

Tendente a chuvoso - representado por desvios positivos entre 15,1 a 30%;

Ano chuvoso - representado por desvios positivo superiores a 30,1%.

Com o auxílio da tipologia de Monteiro (1976), foi escolhido o ano de 1988 como o ano padrão seco, e o ano de 2009 como o ano padrão chuvoso. A escolha destes anos como ano

padrão não se deve apenas aos valores serem os mais significativos, mas também foram os que melhor se especializam na área de estudo durante toda a série histórica.

4.4 Balanço hídrico

O balanço hídrico foi calculado de acordo com a proposta metodológica de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999), considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

De acordo com Sentelhas e Angelocci (2009), é muito comum a adoção de valores de CAD variando de 75 a 125 mm, para fins climatológicos, ou seja, para determinação do balanço hídrico climatológico e apenas para caracterização da disponibilidade hídrica regional.

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação do período de 1976 a 2014 para calcular o balanço hídrico para a série histórica nas escalas anual, sazonal (onde foi considerado o ano civil, janeiro, fevereiro e março, como verão; abril, maio e junho como outono; julho, agosto e setembro como inverno; e outubro, novembro e dezembro a primavera) e mensal. Nesta etapa, foram descartados os postos de coletas que se localizavam fora do limite da bacia hidrográfica.

O balanço hídrico também foi calculado para o ano seco (1988) e para o ano chuvoso (2009), escolhidos segundo a metodologia de Monteiro (1976) e analisados nas escalas anual, sazonal e mensal. Nesses anos, em específico, não foram utilizados os dados de todos os postos e estações, e o critério utilizado foi o método aglomerativo de Ward, conhecido também de método de inércia mínima, que possibilita a determinação da distância entre dois grupos a partir da soma dos desvios ao quadrado dos pontos aos centróides, sendo que a atribuição de um elemento a um grupo é feita de modo a minimizar a soma dos quadrados dentro dos grupos. Utilizou-se como medida de proximidade a distância euclidiana, pois se considera como a mais favorável para a representação da similaridade e dissimilaridade de postos pluviométricos e a mais comumente utilizada para a análise de variáveis quantitativas (JAIN; MURTYFLYNN, 1999).

Os postos pluviométricos e as estações climatológicas escolhidas após o agrupamento para o ano seco (1988) foram Apucarana, Astorga, Guairaça e Paranavaí (grupo 1); Diamante do Norte, Iguaraçu, Paranacity e Paranavaí- fazenda Santo Antonio (grupo 2); Bela Vista do Paraíso, Centenário do Sul, Colorado e Santo Antonio do Caiuá (grupo 3); e para o ano

chuvoso (2009) Araongas, Loanda, Maringá-Florianópolis e Paranaíba (grupo 1); Diamante do Norte, Iguaraçu, Paranacity, Terra Rica (grupo 2), Alvorada do Sul, Cambé, Jardim Olinda e Santo Inácio (grupo 3); conforme apresenta a **Figura 11 e 12**.

Após os cálculos do balanço hídrico para toda a série histórica (1976 a 2014) e para o ano seco (1988) e o ano chuvoso (2009), foram analisados os excedentes e deficiências hídricas nas escalas anual, sazonal e mensal, representados espacialmente com mapas elaborados no programa de computador Surfer 9.

4.5 Métodos Estatísticos

Aplicaram-se as técnicas estatísticas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para todos os dados nas escalas anuais, sazonais e mensais para toda a série histórica (1976 a 2014), e para o ano seco (1988) e o ano chuvoso (2009). Para a realização desses cálculos, recorreu-se ao programa de computador Excel 2007. O desvio padrão e o coeficiente de variação são índices que mostram a variabilidade dos dados analisados. Ele 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 que vale o resultado da divisão do desvio padrão pela média aritmética, cujo resultado mostra o quão maior ou menor o desvio é da média e, portanto, permite comparar os desvios de regiões com chuvas de diferentes magnitudes (ANDRIOTTI, 2003).

4.6 Elaboração dos mapas

Os produtos cartográficos foram elaborados utilizando os aplicativos ArcGis 10.2. Após essa etapa, os mapas foram finalizados utilizando o aplicativo Corel Draw versão X7. As bases cartográficas utilizadas foram das bacias hidrográficas do Paraná (ITCG, 2012) com as projeções Universais Transversa de Mercator (UTM) e o Datum SAD 69, zone 22 sul. Para a interpolação dos dados foi utilizado o programa Surfer 9.

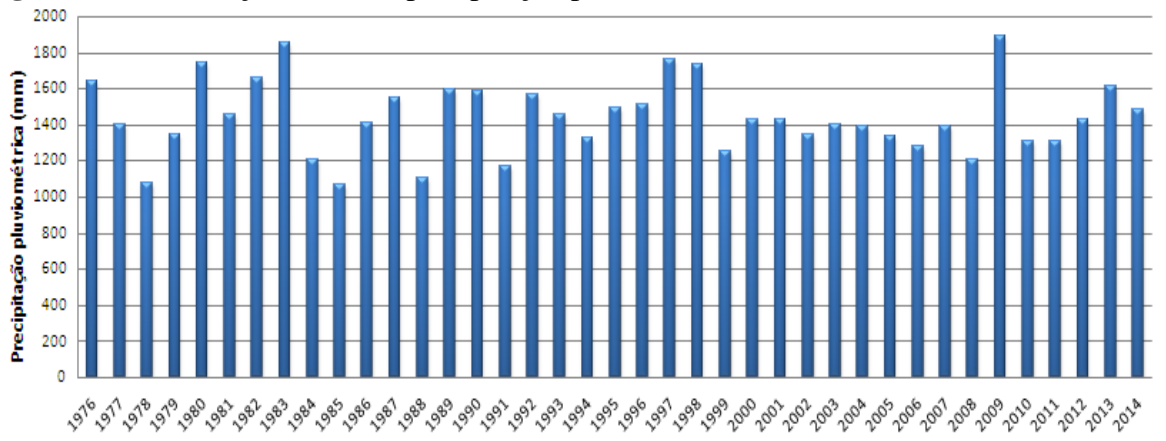
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Distribuição anual e sazonal da precipitação nas bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e Pirapó

Os resultados anuais da precipitação obtidos para a série histórica (1976-2014) mostram que ocorreram amplas variações durante os anos, tendo em vista que os valores oscilaram na média em torno de 1250 a 1900 mm. Os valores extremos encontrados para a série histórica foi de 1069 mm para o ano de 1985 e de 1887 mm para o ano de 2009. Os anos mais chuvosos (1976, 1980, 1981, 1997, 1998 e 2009) apresentaram valores de precipitação acima dos 1600 mm. Os anos mais secos e que tiveram acumulados abaixo de 1200 mm foram os anos de 1978, 1985, 1988, 1991, e 1999 (**Figura 5**).

Os valores alcançados para a série histórica ficaram próximos aos observados por trabalhos anteriores. Terassi (2012) observou na bacia hidrográfica do rio Pirapó uma pluviosidade média anual superior a 1660 mm para o setor sul, e inferior a 1300 mm para o setor norte. Ribeiro (1987) estudando a mesma bacia obteve uma média de precipitação pluviométrica superior a 1700 mm para o setor sul, onde apresenta as maiores cotas altimétricas, e valores inferiores a 1400 mm para o setor norte, de menores altitudes. Zandonadi, Braido e Silveira (2006) mostraram que a precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica Paranapanema IV é inferior a 1290 mm para os setores norte e noroeste, onde se encontram as menores altitudes, enquanto que os maiores valores médios anuais de chuvas, superiores a 1500 mm ocorreram nas porções sul e sudeste da bacia, nas porções mais elevadas.

Em Paranavaí – PR, município localizado na bacia do Paranapanema IV, Farias (2009) mostrou que a variação anual da precipitação no município, em relação à média histórica, é de 1487,4 mm. Observou-se que alguns anos apresentaram valores abaixo da média, como os registrados nos anos de 1978 e 1985, com 1043,0 mm e 977,2 mm, respectivamente, sendo que tais anos foram os que registraram menores os valores na série estudada (1976-2014). Na bacia Paranapanema III, que faz parte da área de estudo, Braido et al. (2008), indicaram uma pluviosidade média anual de 1415 mm para o setor sul e sudeste, e inferior a 1390 mm para o setor norte.

Figura 5 - Distribuição anual da precipitação para a série histórica (1976-2014)

O comportamento sazonal da distribuição da precipitação para a série histórica (1976-2014) na área de estudo, que compreende as bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó, mostrou que a estação do inverno apresentou o menor volume de chuvas com apenas 16% (224,7 mm) do volume total, a primavera e o verão tiveram os maiores valores com 31% (440,1 mm) e 33% (478,07 mm), respectivamente, e o outono registrou 20% (297,2 mm) do total da precipitação, conforme mostra a **Figura 6**.

Essa grande diferença sazonal ocorre porque a região de estudo se encontra numa zona de transição climática entre os climas Tropicais e Subtropicais, portanto, recebe a influência de quatro massas de ar: massa Equatorial continental, massa Tropical continental, massa Polar atlântica e massa Tropical atlântica. Ocorre que na estação do verão, em consequência do maior aquecimento solar, as massas de ar de baixa pressão se ampliam, principalmente a massa Equatorial continental (mEc).

Essa massa, por sua vez, mais úmida, propicia condições de instabilidade para a região. Também atuam os sistemas Frontais (SF), cujas participações limitam à invasões pouco frequentes na estação do verão, comparando-se com a estação do inverno, período que a participação se amplia e pode ficar acima de 20% (BORSATO, 2006). No inverno ocorre maior atuação da massa Polar atlântica que é uma massa de ar fria e de baixa umidade, por isso as chuvas diminuem consideravelmente nesta estação (MENDONÇA; DANNY-OLIVEIRA, 2007).

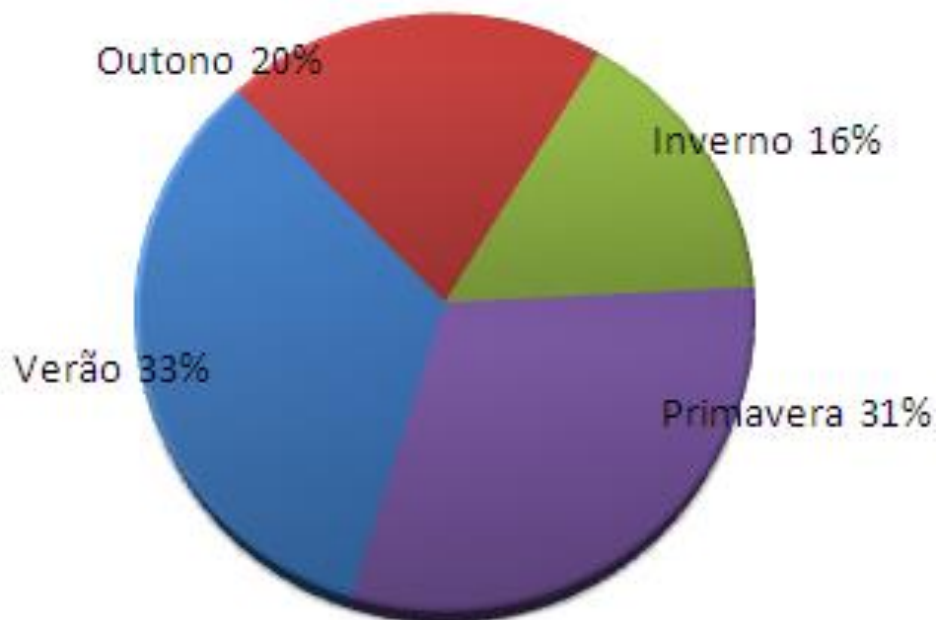
Ribeiro (1987) destaca que para a bacia do rio Pirapó os verões são sempre chuvosos e os invernos quase sempre úmidos. Embora seja comum um ou dois meses secos. Borsato e Souza Filho (2008), estudando a distribuição das chuvas na vertente oriental da bacia do Rio Paraná, observaram que nessa vertente, nos meses mais frios, predomina a atuação da massa tropical Atlântica e da polar Atlântica. Nos meses mais quentes, além de predominar a

atuação dos sistemas de baixa pressão equatorial continental, também atua a Massa Tropical Continental.

Anjos et al. (2001) destacam que o município de Maringá – PR, localizada no setor sul da bacia do Pirapó, também apresenta uma distribuição sazonal da precipitação pluviométrica, com verão chuvoso e inverno seco, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos e junho, julho e agosto os meses mais secos. Esta sazonalidade está configurada por dois regimes de chuva bem definido, com os sistemas frontais atuando mais intensamente nos meses mais frios e, conseqüentemente, prevalecendo as chuvas frontais.

Para a bacia do Paranapanema III, bacia que se localiza a leste das demais bacias da estudadas, Braido et al. (2005), observaram resultados semelhantes, com maior concentração de chuvas durante o verão e a primavera com um total de 34,3 e 31,5% respectivamente, enquanto que o outono e inverno representam 19,6 e 14,6%. Na bacia do Paranapanema IV, Zandonadi et al. (2005), destaca que os maiores valores de pluviosidade ocorreram no verão com 449,7 mm, seguido da primavera com 421,4 mm, o outono com 282,8 mm e finalmente, o inverno, com apenas 219,6 mm, ou seja, todos os autores citados registraram valores muito próximos dos apresentados para os períodos sazonais.

Figura 6 - Distribuição sazonal da precipitação para a série histórica (1976-2014)

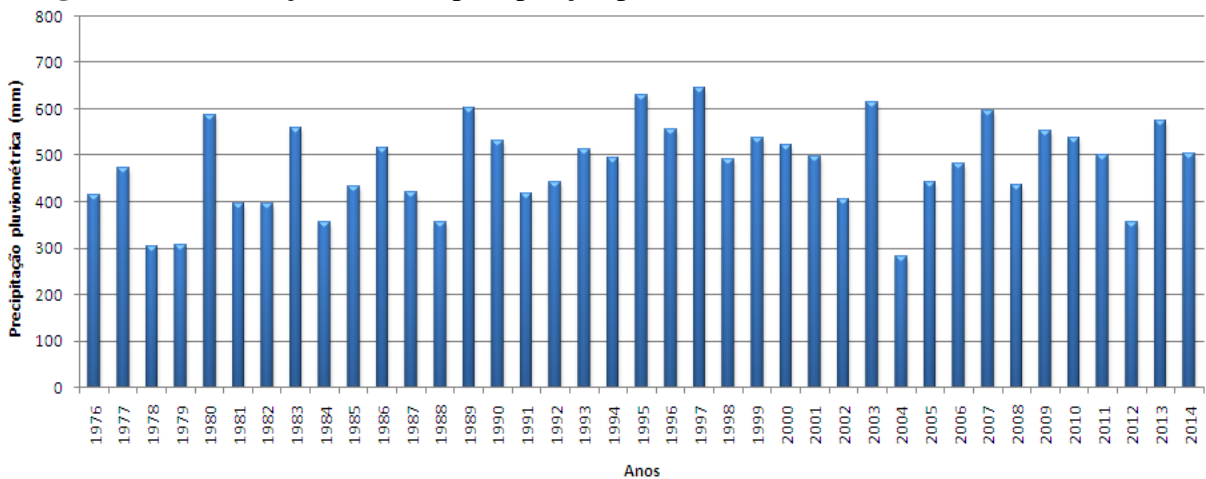


O padrão da distribuição das chuvas para o verão durante a série histórica (1976-2014) foi de 478,07 mm acumulados para a estação, representando 33% do total da precipitação. Os extremos foram obtidos para o ano de 2004, as chuvas foram inferiores aos 300 mm, enquanto

para os anos de 1995, 1997 e 2003 os volumes registrados foram superiores a 600 mm (**Figura 7**).

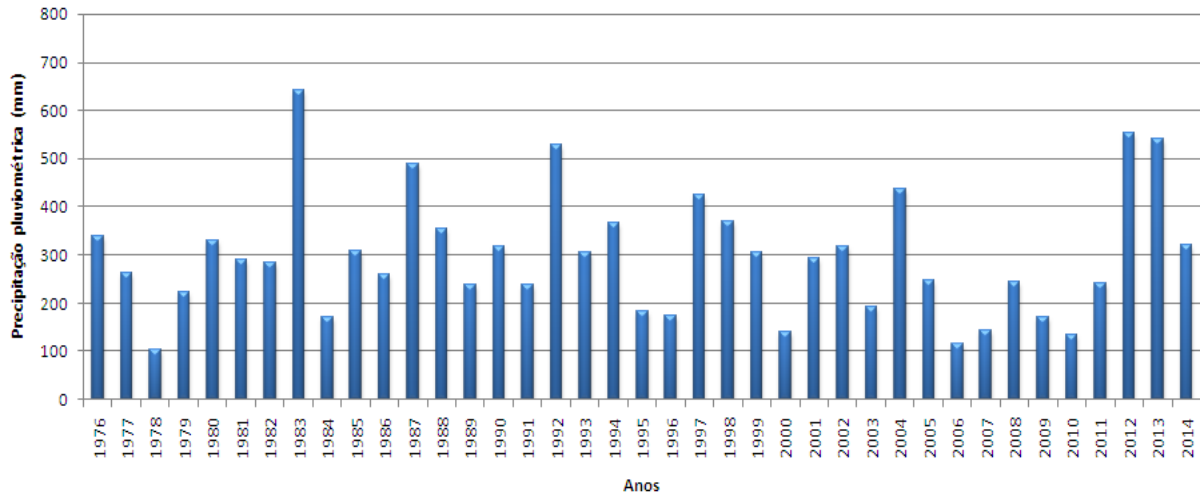
Segundo Quadros et al. (2012), as massas tropicais e equatoriais atuam no verão, formando as correntes de norte e nordeste, com sucessivos avanços e recuos, acompanhados da instabilidade dos sistemas frontais polares, possibilitando elevados valores de pluviosidade.

Figura 7 - Distribuição anual da precipitação para o verão



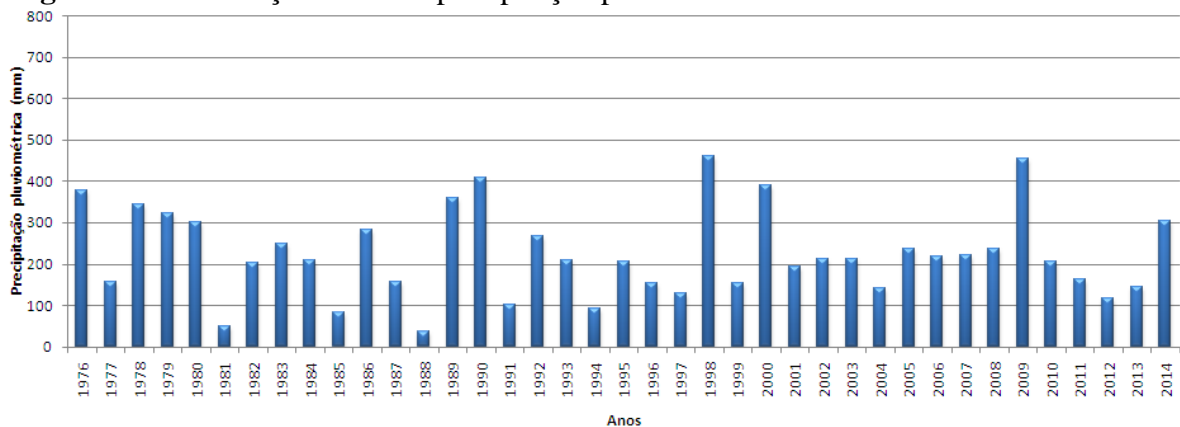
Na estação do outono, verificam grandes oscilações interanuais nos volumes registrados. O período obteve 20% das médias das chuvas anuais que correspondem a 297,26 mm. Os extremos foram para o ano de 1983 com volumes acima dos 600 mm; já em 1978 registraram-se apenas 100 mm (**Figura 8**).

Segundo Borsato e Mendonça (2012), com a gradativa diminuição da intensidade solar na estação do outono, os sistemas de alta pressão se intensificam. Por essa razão, ocorre a redução da participação da massa Equatorial continental, e o aumento da massa Polar Atlântica que se amplia em toda a região de estudo, sendo responsável por um tempo mais seco e mais frio, embora em alguns anos o outono registre valores de chuvas acima dos 500 mm, como é o caso dos anos de 1983, 1992, 2003 e 2013.

Figura 8 - Distribuição anual da precipitação para o outono

A estação do inverno registrou os menores volumes de precipitação (16% do total) para a série histórica (1976-2014) correspondendo a 224,73 mm para a estação. Para os anos de 1981 e 1988, os acumulados foram inferiores a 50 mm, enquanto que para os anos de 1998 e 2009, registraram-se mais 450 mm. Dessa forma, verifica-se que não há regularidade na estação. Para a maioria dos anos, 66,6% da série registraram menos de 250 mm, seguindo a tendência da região de um inverno menos chuvoso (**Figura 9**).

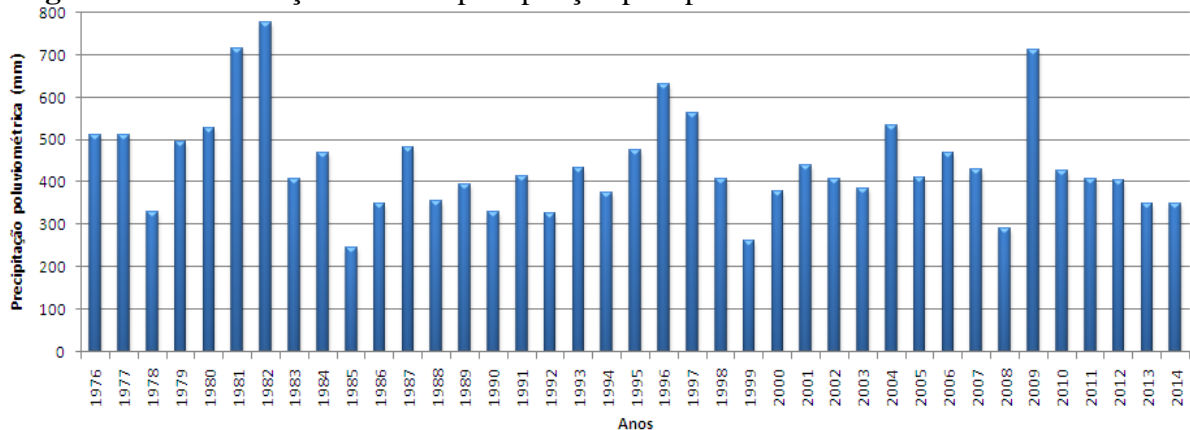
No inverno, Borsato e Mendonça (2012) destacaram que o Centro Sul do Brasil é dominado pelos sistemas de alta pressão, principalmente pela mPa, que avança a partir do Sul e pelo interior do continente, impondo suas características. Essa massa de ar frio e de baixa umidade provoca frio e tempo seco, podendo chegar até a latitude de 0°, provocando na Amazônia o fenômeno conhecido como friagem (MENDONÇA; DANNY-OLIVEIRA, 2007).

Figura 9 - Distribuição anual da precipitação para o inverno

A estação da primavera foi a segunda estação que recebeu os maiores volumes de chuva da série histórica (1976-2014), sendo 31% dos totais, com uma média de 440,16 mm acumulados. Os extremos registrados foram de 714 e 774 mm para os anos de 1991 e 1992, respectivamente. Os menores volumes foram para os anos de 1985 e 1999 com 244 e 263 mm, respectivamente (**Figura10**).

De acordo com Borsato e Mendonça (2012), esta é uma estação de transição, o fotoperiodismo se amplia até o último dia da estação quando chega no solstício de verão, data em que o Sol tangencia o Trópico de Capricórnio. Por isso, a partir da segunda metade da estação, o interior do continente já é dominado pelos sistemas continentais de baixa pressão, como a massa Equatorial continental que é quente e úmida provocando muita chuva na região principalmente no final da primavera nos meses mais quente, e a massa Tropical continental de característica quente e seca garante a região dias mais ensolarados (MENDONÇA; DANNY-OLIVEIRA, 2007).

Figura 10 - Distribuição anual da precipitação para primavera



5.2 Variabilidade pluviométrica do período de 1976 a 2014

A utilização da técnica de definição de anos padrão para a série histórica (1976-2014) apresentou resultados satisfatórios, sendo possível identificá-los no **Quadro 1**. Os anos que apresentaram maior número de estações ou postos considerados como seco foram os anos de 1984, 1985, 1988 e 1991. Os anos identificados como tendente a seco foram 1977, 1978, 1981, 1994, 1999, 2005, 2006, 2010. O ano de 1988, foi identificado como ano de La Niña forte e apresentou baixos valores de pluviosidade para a área de estudo (CEPETEC/INPE 2015).

Baldo (2012) estudou a bacia hidrográfica do rio Ivaí, e também identificou o ano de 1988 como ano seco. Destaca que os baixos valores pluviométricos estiveram mais relacionados com La Niña, que se manifestou com intensidade fraca na estação do inverno, mais intenso no verão e moderado no outono.

Os anos considerados como chuvosos (**Quadro 1**), foram 1976, 1983, 1990, 1998 e 2009. Os tendendo a chuvosos foram 1980, 1982, 1986, 1987, 1989, 1992, 1997, 2012 e 2013. Todos os anos foram identificados como anos de El Niños, variando na intensidade (fraco, moderado e forte), segundo (CPTEC/INPE, 2015).

Terassi (2013) enfatiza que na bacia do Pirapó foi possível identificar os anos em que a pluviosidade esteve relacionada aos eventos El Niño, com destaque para 1982-1983, 1997-1998 e 2009, de pluviosidade com significativa anomalia positiva, e os anos de 1985 e 1988, em que a atuação da La Niña resultou em uma redução dos totais pluviométricos.

Os anos classificados como habitual foram 1979, 1993, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007, 2008, 2011 e 2014, conforme mostra o **Quadro 1**. Analisando a precipitação da bacia do Paranapanema III, Braido et al. (2005) constataram no período de 1975 a 2003 que os anos mais secos e tendentes a secos foram 1978, 1979, 1984, 1985, 1988, 1991 e 1999. No entanto, os anos de 1978 e 1985 foram os que apresentaram menores valores de pluviosidade de toda a série analisada. Os anos identificados como sendo chuvosos ou tendentes a chuvosos foram os anos de 1976, 1980, 1982, 1983, 1987, 1990, 1997 e 1998. O ano que apresentou um comportamento mais chuvoso para todos os postos pluviométricos estudados foi o ano de 1983, seguido do ano de 1982. Esses anos foram identificados como anos de El Niño de forte intensidade. O ano que apresentou um comportamento menos chuvoso para toda a série estudada foi 1985, (CPTEC/INPE, 1998).

Para a bacia do Paranapanema IV Zandonadi et al (2005) identificaram que ocorreram variações de chuva muito abaixo da média anual obtida para a área estudada, como é observado para os anos de 1985 (977,7 mm) e 1988 (974,4 mm), considerando-se que ambos foram marcados por ocorrência do fenômeno La Niña, (CPTEC/INPE, 1988).

Da mesma forma, observa-se que na área de estudo, que correspondem às bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó, os anos que apresentaram os maiores valores pluviométricos foram marcados pela ocorrência do fenômeno El Niño, sendo desconsiderado apenas o ano de 1989. Os anos com maiores valores pluviométricos foram 1983 (1677,2 mm), 1989 (1644,5 mm), 1997 (1666,3 mm) e 1998 (1624,4 mm).

Tanto para os anos chuvosos ou para os anos secos, as variações dos totais das precipitações pluviométricas anuais estão relacionadas a atuação do El Niño e da La Niña, que

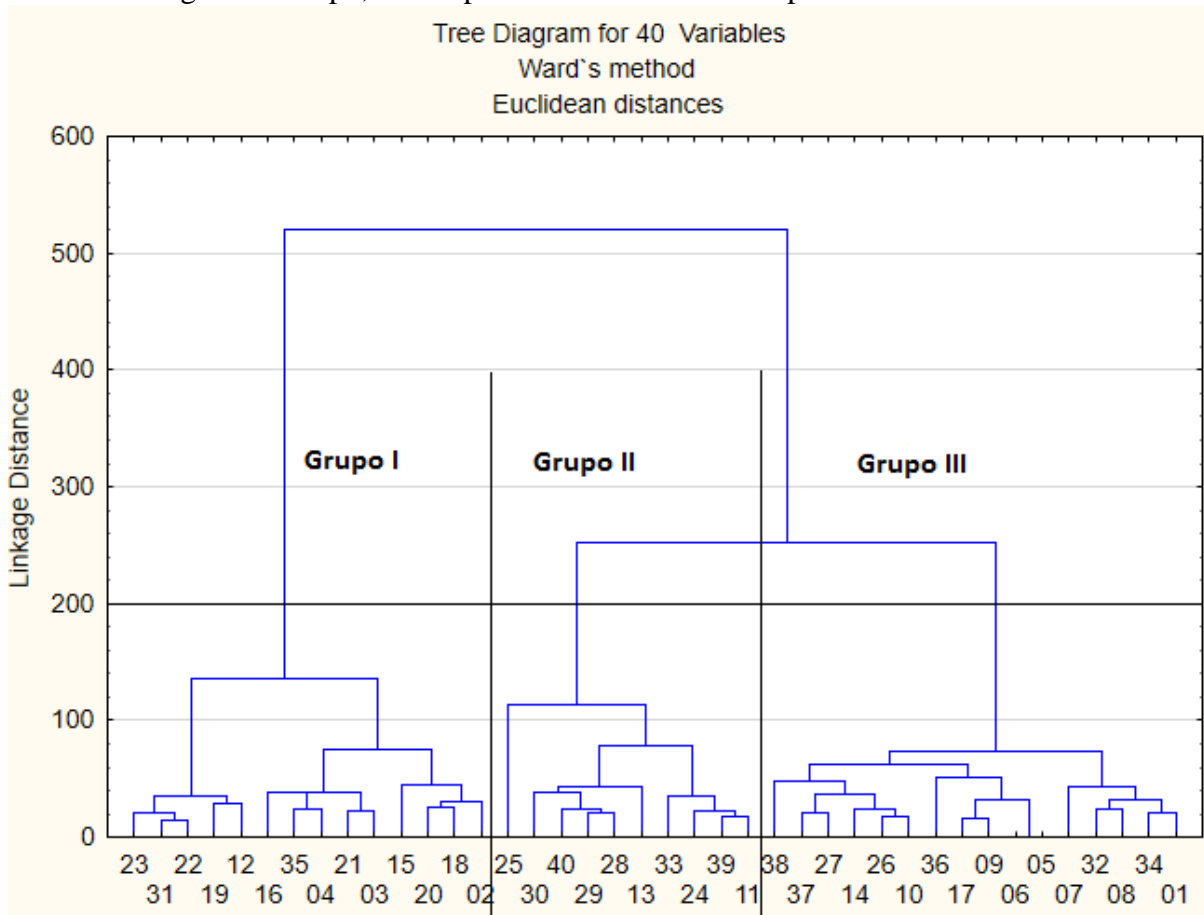
podem provocar alterações significativas no ritmo climático regional. De acordo com Souza e Nery (2002), a intensidade desses eventos, no caso do Brasil, vai interferir na distribuição anual da precipitação podendo proporcionar escassez de chuvas na porção norte da região Nordeste e Leste da Amazônia e abundância de chuvas para as regiões Sul e Sudeste, na sua fase positiva (El Niño) e na fase negativa (La Niña), o fenômeno é inverso, para ambas as regiões.

5.3 Classificação das áreas homogêneas para a Bacia do Paranapanema III, IV e Pirapó

A elaboração do dendograma possibilitou agrupar áreas que apresentaram uma similaridade no padrão pluviométrico, e forneceu uma visão geral da pluviosidade na área de estudo no período de 1976 a 2014 (**Figuras 11 e 12**).

É importante destacar que a interpretação do dendograma é subjetiva, sem nenhum método que determine a escolha dos grupos, e para isso levou-se em consideração os aspectos físicos das bacias para conseguir um resultado mais representativo da área de estudo.

Figura 11 - Dendograma para os 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – PR no período de 1976-2014.



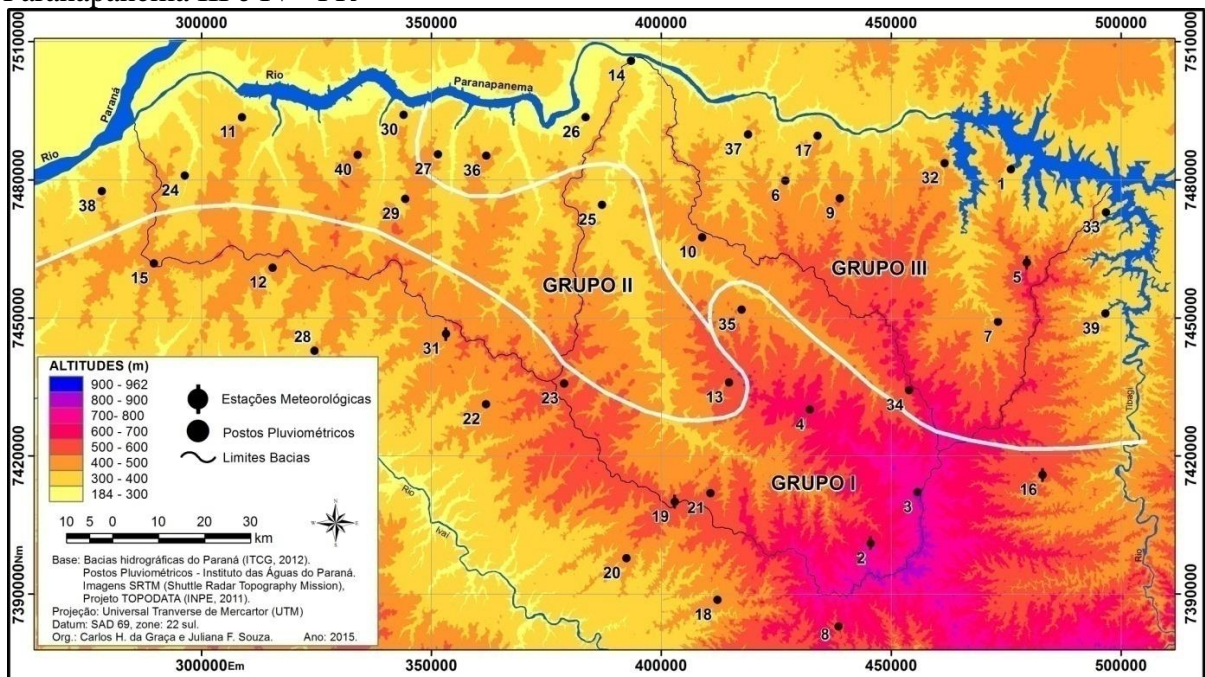
O grupo I abrangeu todas as áreas ao sul da bacia do rio Piapó e do Paranapanema IV. Para este grupo foi inserido 14 postos que tiveram valores de precipitação semelhantes. Este grupo possui as maiores cotas altimétricas da unidade hidrográfica, alcançando os 962 metros de altitude. A média de precipitação variou de 1450,7 a 1638,8 mm, as maiores médias espacializaram-se ao sul da bacia do Pirapó e as menores médias (1450,7) espacializaram-se no setor sul na bacia do Paranapanema IV (**Figura 12**). Nas áreas que delimitam com a bacia

do rio Ivaí, Baldo (2006) também encontrou valor muito semelhante de precipitação com valor médio de 1443 mm.

O grupo II incluiu 10 postos e abrangeu áreas centrais da bacia do Pirapó, mais precisamente os postos de Iguaraçu (posto 13), Paranacity (posto 25) e as áreas noroeste da bacia do Paranapanema IV. Nestas áreas as cotas altimétricas variaram de 184 metros na foz do Paranapanema IV a 400 metros de altitudes na porção mais ao sul da bacia do Pirapó. Os valores de precipitação nestas áreas variaram de 1243,5 a 1390,2 mm, ou seja, este foi o grupo mais seco da série estudada (1976-2014), conforme mostra a **Figura 12**.

O grupo III foi o que apresentou maior número de postos, 16 no total, e abrangeu toda a bacia do Paranapanema III, norte da bacia do Pirapó e noroeste da bacia do Paranapanema IV. As cotas altimétricas variaram de 700 metros de altitudes no sul da bacia do Paranapanema III e 184 metros na foz do Pirapó e na montante do Paranapanema IV. A média de precipitação para este agrupamento foi de 1324,5 a 1385,2 mm, embora a estação climatológica de Bela Vista do Paraíso, localizada no setor a leste da bacia do Paranapanema III, apresente cotas altimétricas de 700 metros de altitude e registrou 1513,8 mm de chuvas.

Figura 12 - Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV –PR



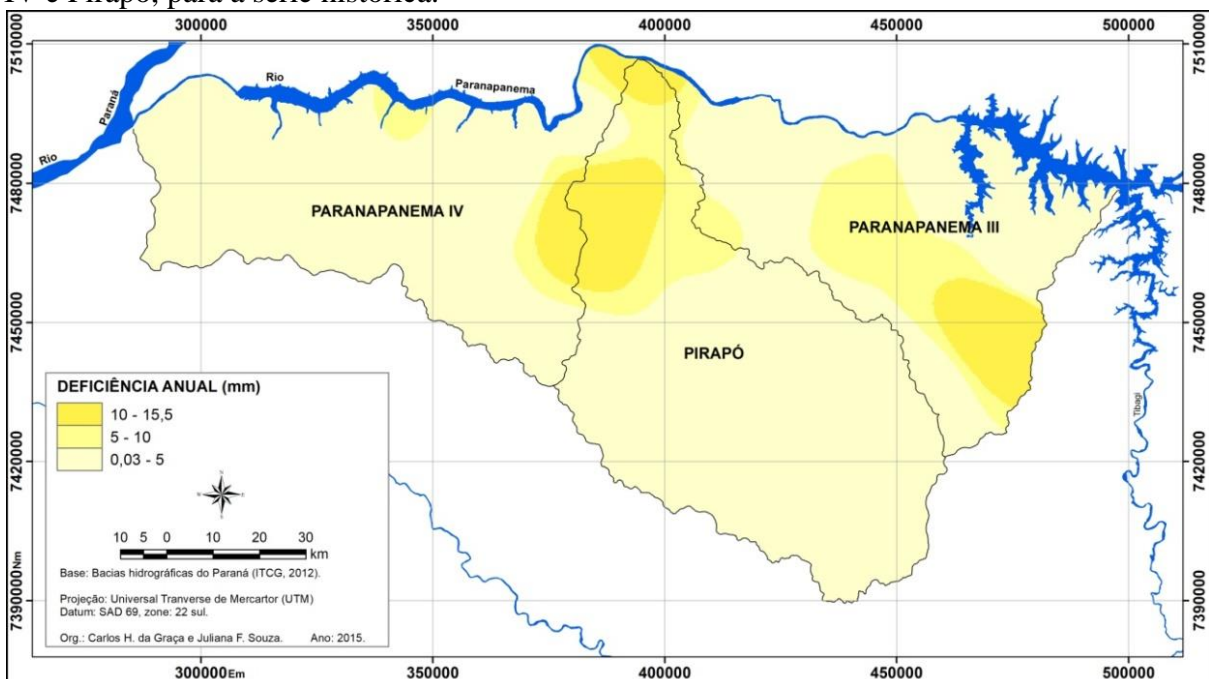
5.4 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes hídricos para a série histórica

Os dados da chuva e da temperatura foram submetidos aos cálculos do balanço hídrico. Os resultados para a série histórica (1976-2014) demonstraram poucos intervalos com deficiência hídrica e eles correspondem geralmente, ao período mais seco, o inverno (**Figura 13**).

Os valores de déficits oscilaram de 0,03 a 15,5 mm. Os déficits máximos (15,5 mm) ocorreram na região de Cambé, localizado na porção leste da bacia do Paranapanema III, enquanto que em Paranacity e Jardim Olinda, que estão localizados no curso baixo do rio Pirapó. mm. Considerando que a CAD para os cálculos foi de 100 mm, esses valores mostram que para alguns cultivares as deficiências não comprometeram o seu desenvolvimento nos municípios atingidos (**Figura 13**).

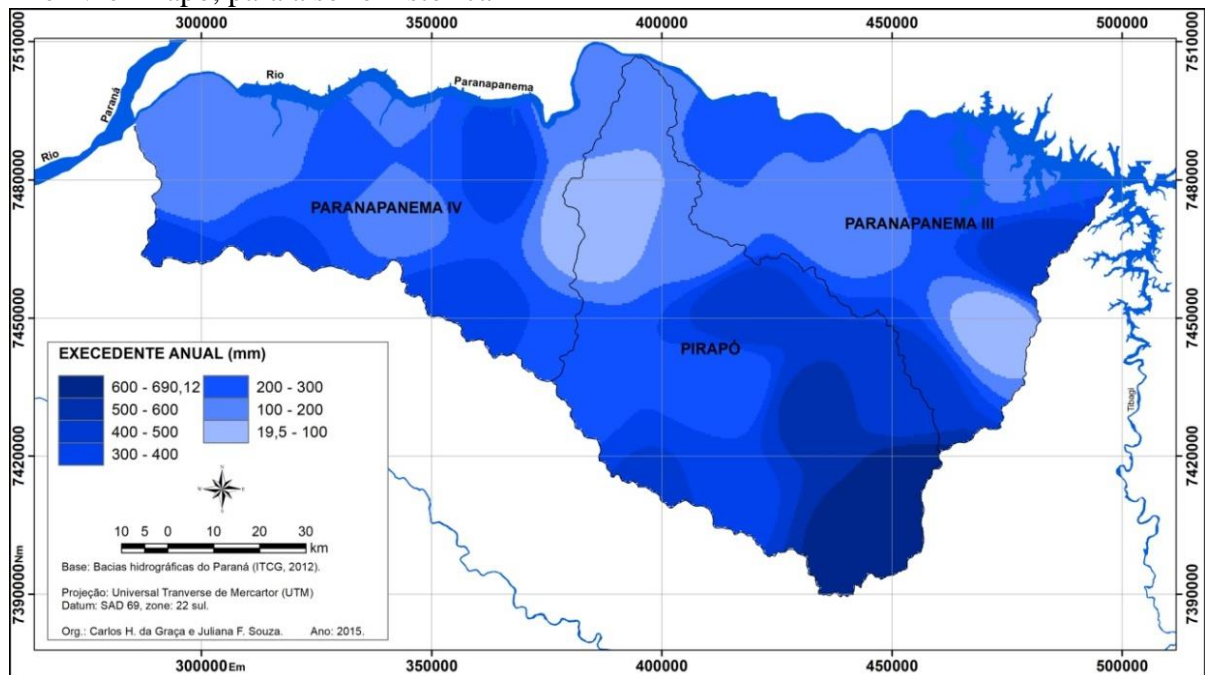
Zandonadi et al. (2006) aplicaram o índice de seca para a bacia hidrográfica do Paranapanema IV e observaram que mesmo durante o trimestre chuvoso, ocorreu situação de seca extrema, para toda a série histórica. Os casos de situação considerada normal não ocorreram em mais que 46,4% dos vinte e oito anos analisados; para o trimestre seco a situação é bem mais crítica, já que não houve ocorrência de situação normal em nenhum dos postos e em relação a série histórica, mesmo nos casos em que a seca foi menor, o índice de seca ocorreu em mais de 67,8% dos 28 anos analisados.

Figura 13 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica.



Os resultados obtidos por meio dos cálculos dos balanços hídricos para os excedentes na série histórica (1976-2014) demonstraram que os valores variaram de 19,5 a 690,1 mm anuais. Pode-se observar que os maiores excedentes ocorreram na região do alto curso do rio Pirapó, na estação de Apucarana. Ribeiro (1987) enfatiza que o efeito altimétrico controla a distribuição espacial das chuvas nesta região, ou seja maior altitude mais chuva (**Figura 14**). Terassi (2013) complementa que nessas mesmas áreas, a orografia também determina uma tendência de acréscimo dos totais pluviométricos e uma melhor distribuição ao longo do ano em relação às áreas de clima quente, com redução de chuvas nos meses de julho e/ou agosto (subseca).

Figura 14 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



5.4.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes hídricos para a série histórica

Nas escalas sazonais, os resultados obtidos com o balanço hídrico para os déficits podem ser observados na **Figura 15 A, B C e D**, que mostra déficit de 4,6mm para o verão, 1,8 mm para o outono, 10,8 mm para o inverno e 5,2 mm para a primavera.

Para o verão, as deficiências variaram de 0,1 a 4,6 mm, e os setores que apresentaram as maiores deficiências hídricas foram os setores próximos a Diamante de Norte, Loanda, na porção oeste da bacia do rio Paranapanema IV, na porção média superior da bacia do Pirapó e

nas áreas que vão de leste até toda região central da bacia do Paranapanema III (**Figura 15 A**). No outono, as deficiências encontradas foram pequenas, o mínimo registrado foi de 0,1 e o máximo de 1,8 mm. Os locais que apresentaram maiores deficiências de água foram próximo ao curso médio do rio Paranapanema IV, também nas porções média superior da bacia do Pirapó e nas áreas que vão de leste até áreas centrais das bacias do Paranapanema III (**Figura 15 B**).

A estação do inverno foi a que registrou os maiores valores de deficiência para a área estudada. Os valores variaram de 0,7 a 10,8 mm e praticamente todos os postos apresentaram deficiência hídrica, os maiores valores apontados pelo balanço hídrico foram encontrados no curso baixo do rio Pirapó, próximo aos municípios de Paranacity e Jardim Olinda. As demais áreas do Pirapó que correspondem a porção da montante e as áreas das Bacias do Paranapanema III e IV registraram valores que variaram de 0,7 a 5 mm de déficits acumulados na estação (**Figura 15 C**).

Na estação da primavera as deficiências hídricas registradas foram de 0,1 a 5,2 mm. Na bacia do Paranapanema IV as deficiências espacializaram por quase toda a área. Na bacia do rio Pirapó, as deficiências apareceram em áreas do curso baixo da bacia próximas ao município de Paranacity, sendo que, nesta área foi registrado o valor mais elevado de deficiência 5,2 mm. Para a bacia do Paranapanema III, os déficits espacializaram nas áreas a leste, chegando até a porção central desta bacia (**Figura 15 D**).

Observa-se que os maiores déficits foram registrados durante a estação considerada como a mais seca, que é o inverno (**Figura 15 C**), na porção norte da bacia do Pirapó, que recebe menos chuva, influenciada pelo relevo, segundo Ribeiro (1987), Terassi (2013), Zandonadi et al. (2004) Braidó et al. (2006), Borsato e Sant'Anna Neto (2001).

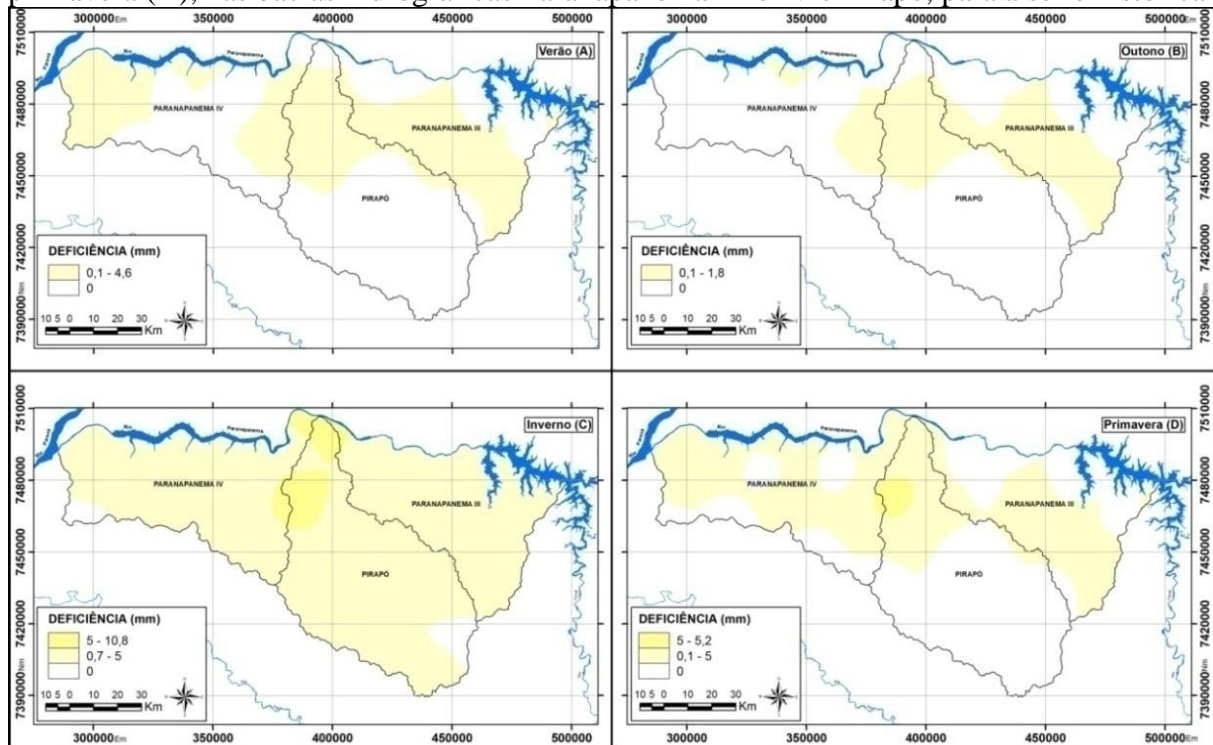
Terassi (2015) também observou que no inverno, para a bacia do rio Pirapó, as chuvas são mais abundantes nos setores à montante e diminui em direção à jusante. O inverno, a estação de menor pluviosidade, tem os menores valores no setor norte, com médias inferiores a 205 mm, e a maior pluviometria na porção sul, com médias superiores a 265 mm. O outono e o inverno tem redução da participação dos sistemas atmosféricos tropicais e a maior dependência dos sistemas polares, diminuindo a ocorrência das chuvas.

Na bacia do Paranapanema III e IV e do Pirapó, de maneira geral, no sentido jusante, que correspondem áreas ao norte do Trópico de Capricórnio, ocorre uma significativa redução da pluviosidade, principalmente nos meses do inverno, período em que segundo Nimer (1989) há o efeito da tropicalização climática, inerente ao clima do Brasil Central. Essas áreas ao norte do Trópico apresentam temperaturas mais elevadas, conseqüentemente maiores déficits

no balanço hídrico, uma vez que o mesmo considera o aumento das temperaturas provocando maior evapotranspiração. Os valores de déficits alcançados neste estudo para a bacia do Pirapó alcançaram o máximo de 10,8 mm, sendo a estação o inverno a mais seca.

Zandonadi (2004), por meio da análise sazonal, observou que na bacia do Paranapanema IV os maiores valores de pluviosidade ocorrem no verão, com valores médios de 449,7 mm, seguido da primavera com 421,4 mm, outono com 282,8 mm e inverno com 219,6 mm. No entanto, indiferente das estações do ano, podem ocorrer períodos com relativa falta ou excesso de chuva. Na bacia do Paranapanema IV os valores máximos de déficits alcançados foram de 5 mm para a série estudada.

Figura 15 - Distribuição do déficit hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D), nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



Os valores dos excedentes hídricos podem ser observados nas **Figuras 16 A, B, C e D**. A estação do ano que registrou o maior volume excedente foi o verão com 239,7 mm anuais. Para o outono o excedente foi de 211,9 mm, para a primavera o excedente foi de 186,8 mm. O inverno é a estação mais seca, por isso, verificam-se os menores valores de excedentes, 95,6 mm.

Na estação do verão, com exceção da área que está localizada na região central da porção norte da bacia do rio Pirapó não apresentou excedentes, os demais variaram de 21,2 a 239,7 mm espacializados em todas as áreas das bacias do Paranapanema III, IV e do Pirapó.

Os maiores valores registrados para esta estação encontram-se na porção sul da bacia do rio Pirapó, áreas onde estão localizados os municípios de Apucarana e Arapongas. Nesta localidade, os volumes alcançados foram de 239,7 mm de excedentes (**Figura 16 A**).

No outono, todos os postos registraram excedentes, os quais variaram de 19,5 a 211,9 mm. Os menores valores se espacializaram por todas as localidades ao norte das bacias estudadas, e nas áreas a sudeste da bacia do Paranapanema III. Na porção sul da bacia do Pirapó foi registrado o maior valor de excedentes 211,9 mm. As demais localidades que correspondem às áreas médias inferior das bacias do Paranapanema III e IV e do Pirapó registraram valores que variaram de 40 a 200 mm (**Figura 16 B**).

O inverno foi a estação em que ocorreu os menores valores de excedentes, por ser a estação comumente mais seca, e os valores oscilaram em torno de 0,1 a 95,6 mm. Os menores valores (0,1 mm) e também as áreas que não registraram excedentes correspondem as áreas ao norte das três bacias, iniciando pelo sudeste e toda a região central até o norte da bacia do rio Paranapanema III, atingindo toda a região média superior da bacia do Pirapó. Na bacia do Paranapanema IV, os menores valores se espacializaram da porção médio para a jusante do rio, atingindo áreas centrais e as localidades a leste. O maior valor de excedentes (95,9 mm) foi registrado na porção sul da bacia do rio Pirapó (**Figura 16 C**).

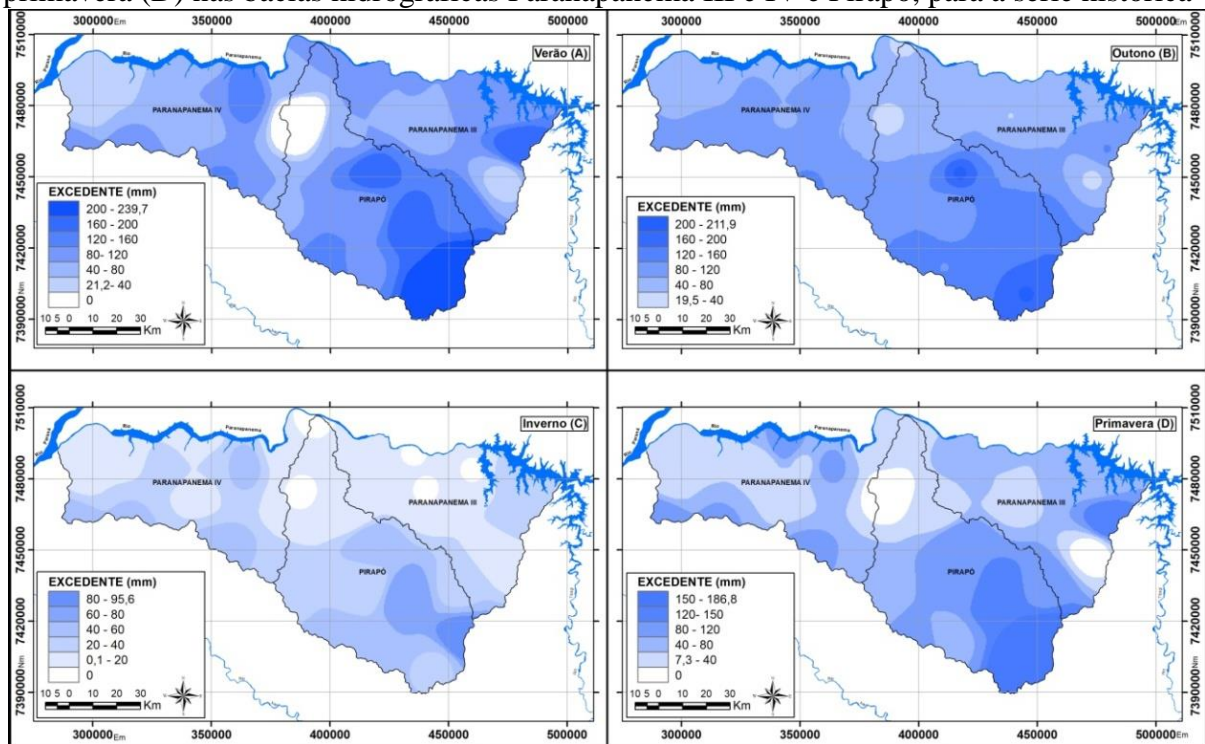
Na estação da primavera, os excedentes oscilaram entre de 7,3 a 186,8 mm. Na bacia do Paranapanema III, no setor a sudeste, não foram registrados excedentes, e o mesmo ocorreu na área central da porção médio superior da bacia do rio Pirapó. Os maiores volumes de toda a estação foram verificados no sul da bacia do Pirapó. Nas demais localidades das bacias do Paranapanema III e IV e também na do Pirapó os valores variaram de 7,3 a 150 mm de excedentes (**Figura 16 D**).

Farias (2009) também observou que no município de Paranavaí, localizado na bacia do Paranapanema IV, a distribuição sazonal do excedente hídrico no verão apresentou o maior valor, aproximadamente 200 mm e a estação do inverno foi a que apresentou o menor excedente hídrico, o qual oscilou entre 50 mm a 100 mm.

O mesmo comportamento foi o observado por Braido (2008) na bacia do Paranapanema III. A distribuição sazonal da precipitação evidencia que a maior concentração ocorre durante o verão e a primavera com um total de 34,3 e 31,5% das chuvas respectivamente, enquanto que o outono e inverno representam 19,6 e 14,6%, ou seja, as estações que recebem maiores volumes de precipitações, conseqüentemente, registram os maiores volumes de excedentes, e as que recebem menos precipitações (outono/inverno) registram déficits mais elevados.

Na bacia do Pirapó, Anjos et al. (2001) estudaram o município de Maringá, e destacaram que se pode estabelecer dois regimes de precipitação pluviométrica bem definidos: verão, denominado período úmido (sob o domínio essencialmente de bandas convectivas) e inverno, denominado de período seco (sob influência das massas polares). Muitas vezes o encontro desses dois sistemas sobre o Paraná origina nuvens Cúmulos Nimbus que provocam chuvas intensas, em curto período de tempo, ventos intensos, algumas vezes, chuvas de granizos e descargas elétricas sobre Maringá. De uma maneira em geral todas as áreas das bacias se mantiveram úmidas em todas as estações.

Figura 16 - Distribuição do excedente hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



5.4.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para a série histórica

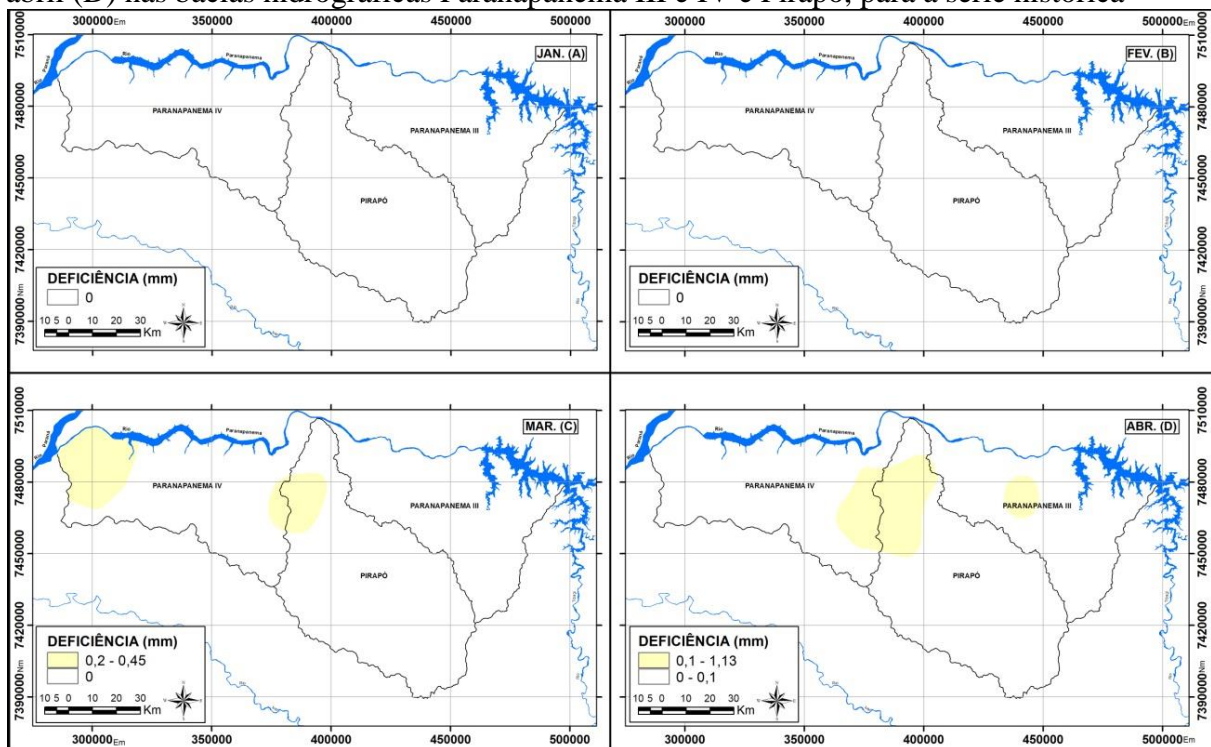
Analisando os valores dos déficits e dos excedentes hídricos mensais, pode-se observar que os meses de janeiro e fevereiro não apresentaram déficits hídricos, consequência da elevada altura da pluviosidade e também da regularidade das chuvas. Os déficits registrados para o mês de março foram de 0 a 0,5 mm, já o mês de abril registrou de 0 a 1,1mm, conforme mostra a **Figura 17**.

Observa-se que no mês de março, o último mês do verão ocorreu uma pequena redução na precipitação em relação aos meses anteriores (janeiro e fevereiro) com a ocorrência de um pequeno déficit que variaram de 0,2 a 0,45 mm, esses valores foram registrados a oeste da bacia do Paranapanema IV e na jusante deste mesmo rio, e no curso médio superior do rio Pirapó. Nas demais áreas destas duas bacias e em toda a bacia do Paranapanema III não ocorreram excedentes, conforme mostra a **Figura 17 C**.

Para o primeiro mês da estação do outono, abril marca a gradativa redução pluviométrica (102,4mm) própria da sazonalidade, por isso, o balanço hídrico acusou déficit de 1,13 mm em relação ao mês anterior. Terassi (2012) também observou essa redução no mês de abril, mesmo com uma pluviometria acima de 120 mm na porção à montante da bacia e abaixo dos 80 mm no setor jusante da bacia do rio Pirapó.

Para o mês de abril as deficiências foram registradas numa pequena área na região central da bacia do Paranapanema III e no curso médio superior da bacia do Pirapó se estendendo por uma faixa a leste da bacia do Paranapanema IV, nas demais áreas das três bacias não se verificaram déficits (**Figura 17 D**).

Figura 17 - Distribuição do déficit hídrico mensal para janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



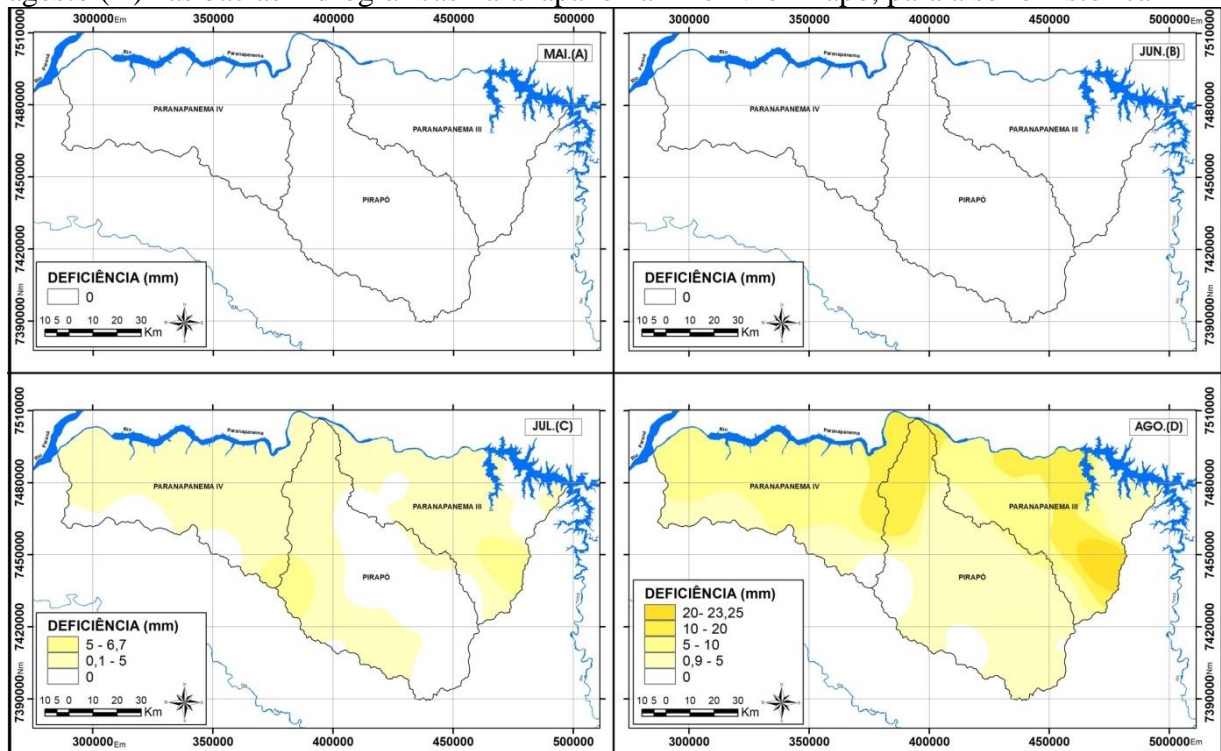
O mês de maio registrou um leve acréscimo na precipitação de 6,26 mm (108,3mm) (**Figura 18 A**), em relação ao mês anterior (abril) em que o volume foi 102,04 mm, portanto,

o balanço hídrico não acusou déficit. Este aumento na pluviosidade é explicado pela entrada das massas de ar polar para o interior da região Sul do Brasil com moderada intensidade, que ao se chocarem com massas mais aquecidas (tropical atlântica ou tropical continental), ocasionam zonas de instabilidade e elevam os valores de chuva (TOMMASELLI; BALDO; SILVEIRA, 2004; BALDO; SILVEIRA, 2009).

No mês de junho (**Figura 18 B**), também não apresentou nenhum valor de déficit, apesar do volume de chuvas registrado ter diminuído para 87,85mm de média. Seguindo a tendência da estação mais seca, o mês de julho (**Figura 18 C**), primeiro mês do inverno registra uma diminuição no volume de chuvas para 59,84 mm e uma deficiência hídrica que variou de 0,1 a 6,7 mm, espacializado por quase toda a bacia exceto em algumas localidades próximas aos limites sul da bacia do Paranapanema IV, áreas que vão do sul e leste da bacia do Pirapó até pequenas áreas a leste e oeste da bacia do Paranapanema III que não registraram déficits.

O mês de agosto (**Figura 18 D**) foi o mês mais seco de toda a série estudada, registrou uma média 48,45 mm de chuvas que se espacializaram por todas as bacias excetos em uma pequena área ao sul e no sudoeste da bacia do Pirapó, atingindo uma pequena área ao sul da bacia do Paranapanema IV que não verificaram déficits. As localidades que alcançaram os maiores valores de 20 a 23,25 mm foram na bacia do Paranapanema III, áreas que vão de sudeste passando pela região central até alcançar o curso médio do rio, nas áreas norte e noroeste da bacia do Pirapó alcançando áreas a leste da bacia do Paranapanema III.

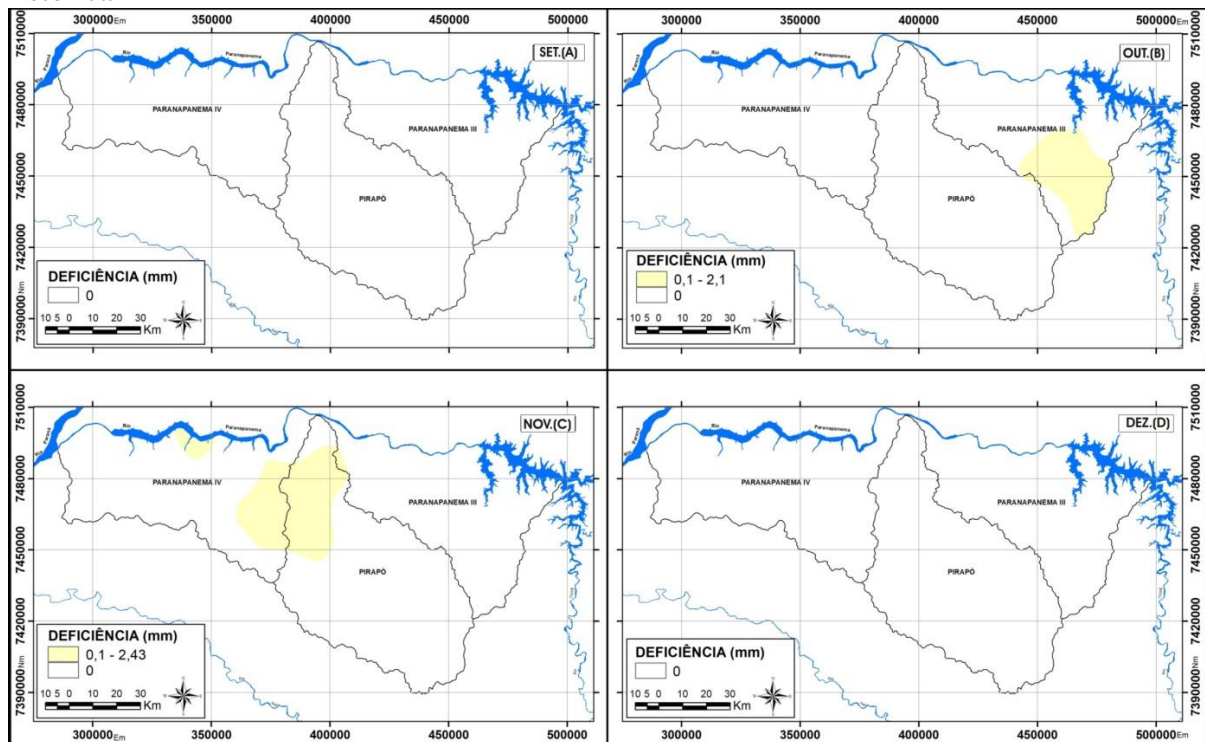
Figura 18 - Distribuição do déficit hídrico mensal para maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



Para os meses de outubro, novembro e dezembro, o balanço hídrico apontou poucos déficits (**Figura 19**). O mês de setembro não verificou déficits em nenhuma localidade das três bacias (**Figura 19 A**). O mês de outubro, a precipitação foi de 136,46 mm. Entretanto o balanço hídrico apontou apenas um pequeno déficit de 2,1 mm a leste da bacia do Paranapanema III, que possivelmente ocorreu devido a irregularidade das chuvas nesta estação (**Figura 19 B**).

Novembro manteve-se com chuvas acima dos 130 mm, e temperaturas médias de 24,47°C, com um pequeno registro de deficiência hídrica de 2,43 mm, localizado no curso médio e baixo do rio Pirapó que também atingiu parte das áreas a leste da bacia do Paranapanema IV e também em áreas do curso médio do mesmo rio. Na bacia do Paranapanema III não se verificou deficiência, bem como nas demais localidades das outras bacias (**Figura 19 C**). Para esse período pode ter ocorrido irregularidade nas chuvas por ser um período transacional em que é comum segundo estudos de Baldo e Silveira (2009) a ocorrência de frequentes choques de massas de ar tropical atlântica ou continental com massas de ar polar atlântica. Em dezembro, os volumes de chuvas alcançaram os 173,1 mm de médias, o balanço hídrico não acusou deficiência hídrica para a área de estudo (**Figura 19 D**).

Figura 19 - Distribuição do déficit hídrico mensal para setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



5.4.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para a série histórica

A distribuição mensal dos excedentes para as bacias do Paranapanema III e IV e do Pirapó apresenta padrões acompanhados dos ritmos das chuvas. Os meses mais quentes são aqueles que apresentam os maiores volumes de excedentes, ou seja, apresenta verões normalmente úmidos e invernos secos.

O mês de janeiro é o que recebe o maior volume de chuva, por isso obteve a maior média mensal de precipitação para toda a série histórica 192,74 mm, e conseqüentemente o maior excedente, 130,69 mm, seguindo a tendência do verão como sendo a estação mais chuvosa. O Setor sul e sudeste da bacia do rio Pirapó e áreas a leste da bacia do Paranapanema IV registraram os maiores valores de 130,36 mm de excedentes. As áreas que verificaram os menores valores de 25,9 mm foram encontradas no alto curso da bacia do rio Pirapó atingindo uma estreita faixa a leste da bacia do Paranapanema IV (**Figura 20 A**).

Para o mês de fevereiro, o volume de chuva foi ligeiramente inferior ao verificado em janeiro, o acumulado foi de 159,9 mm. Conseqüentemente, o excedente foi de 105,9 mm (**Figura 20 B**). A distribuição dos maiores volumes de excedentes ocorreu no setor sul da

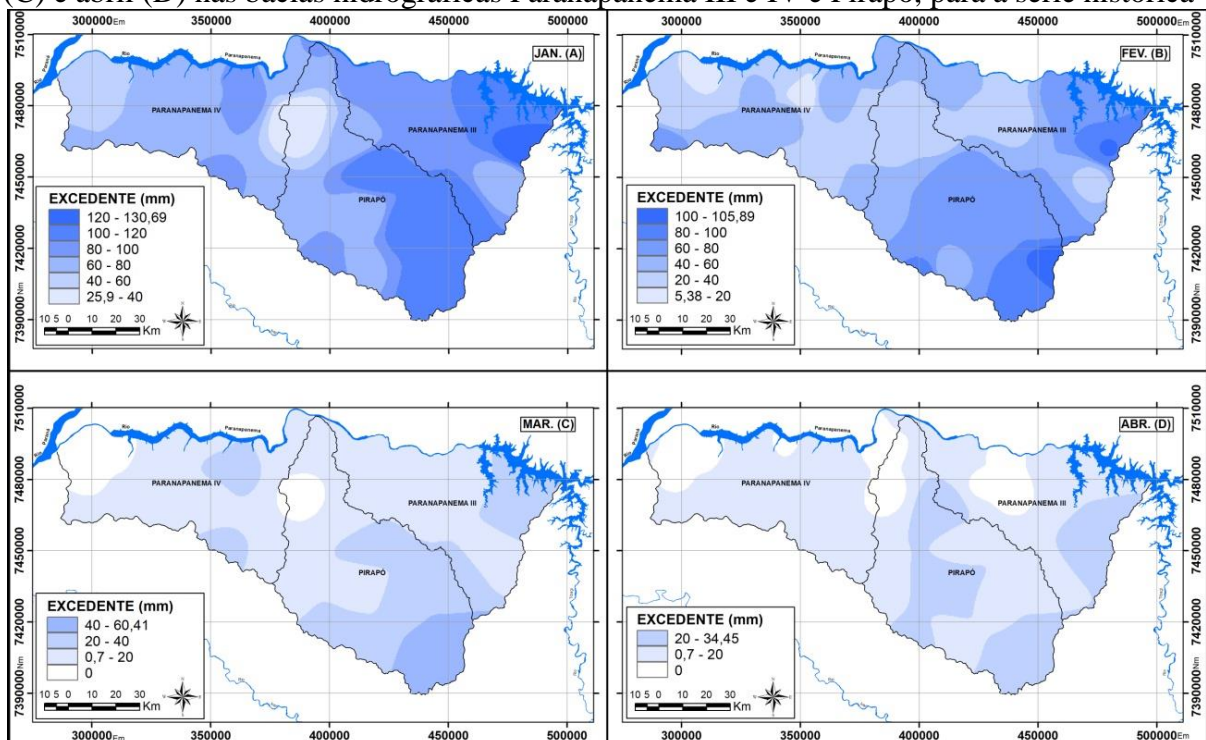
bacia do rio Pirapó e a leste da bacia do Paranapanema III. Os menores valores podem ser observados em pequenas áreas no setor ao norte da bacia do Paranapanema IV.

Para o mês de março, último mês da estação do verão, as chuvas ainda se mantiveram elevadas com 126,1mm, e o excedente hídrico diminuíram para 60,41 mm. Esse comportamento se dá pela região estar em uma área de transição climática, apresentando características tropicais mais marcantes no verão, com redução da pluviosidade para estação do outono e mais significativa para o inverno, Nimer (1989).

Os maiores valores de excedentes para o mês de março de 60,41 mm foram encontrados no setor sul da bacia do rio Pirapó. E nas áreas da porção médio superior da bacia do rio Pirapó e no setor leste da bacia do rio Paranapanema IV não foi verificado excedente (**Figura 20 C**).

Em abril, primeiro mês integralmente na estação do outono, o volume de precipitação foi de 102,04 mm o balanço hídrico acusou 34,45 mm de excedentes, mostrando que a estação do outono se apresenta mais seca se comparada com o verão. As áreas que obtiveram os volumem mais elevados de excedentes 34,45 mm foram no setor leste e sudeste da bacia do Paranapanema III, e na bacia do rio Pirapó nas áreas sul passando pela região central indo até o Nordeste. Nas áreas centrais do rio Paranapanema III, no norte e nordeste do Pirapó e em áreas a oeste e próximo a montante do rio Paranapanema IV não foram verificados excedentes (**Figura 20 C**).

Figura 20 - Distribuição do excedente hídrico mensal para janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



O mês de maio, como já foi apresentado anteriormente, registrou um aumento nas precipitações (108,3mm) em relação ao mês anterior (abril) e conseqüentemente o aumento do excedente hídrico para 76,26 mm. Os maiores valores de excedentes espacializaram-se a leste e numa faixa ao sul na bacia do Paranapanema III, nas áreas sul sudeste e nordeste da bacia do Pirapó e no setor sul e oeste da bacia do Paranapanema IV. Os menores valores de 1,12 mm foram encontrados na região central da bacia do Paranapanema III e nas localidades centrais do curso médio superior do Pirapó atingindo as áreas a leste da bacia do Paranapanema IV (**Figura 21 A**).

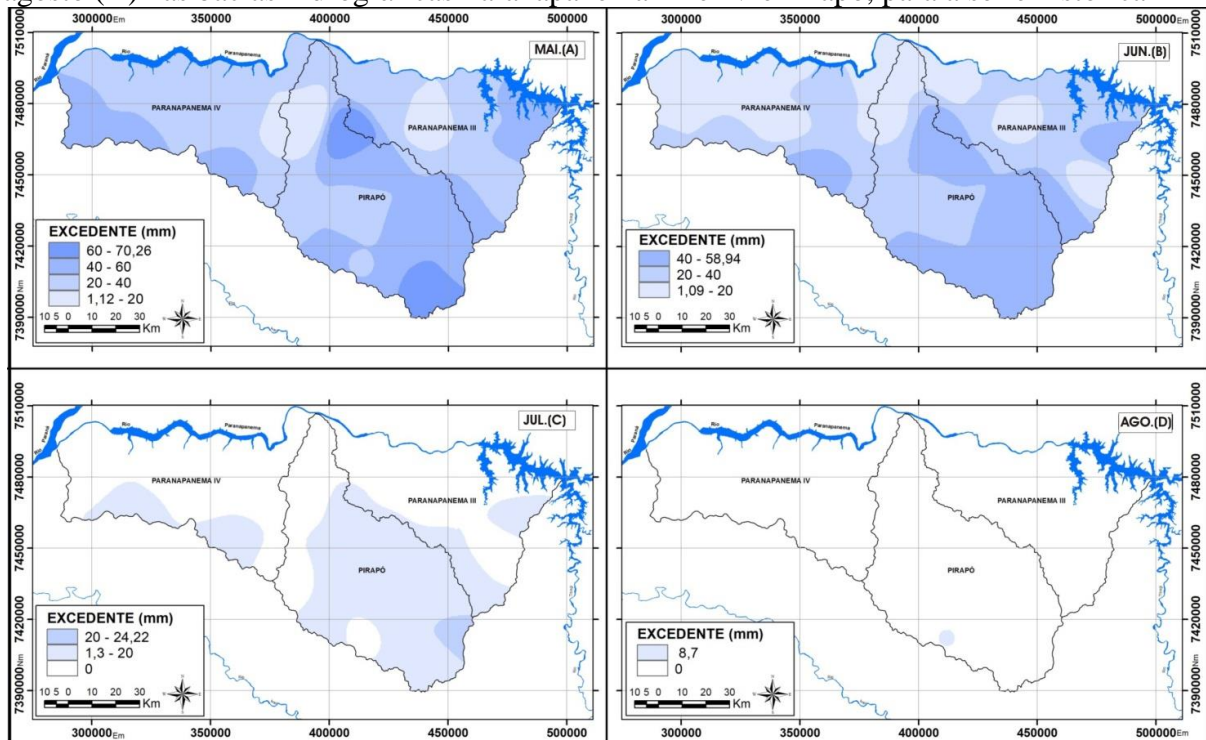
Junho último mês do outono, é o mês que transaciona para o inverno, estação habitualmente mais seca, cujos volumes de chuvas estão geralmente abaixo de 100 mm de médias mensais, embora o do balanço hídrico aponte 58,94mm de excedentes. Os maiores excedentes para este mês, espacializam-se pelo sul da bacia do rio Pirapó entre Maringá, Apucarana, Arapongas, alcançando as áreas a sudeste e nordeste. Na bacia do Paranapanema III, os maiores valores se especializaram a leste e numa faixa que vai do sul ao sudoeste. Na bacia do rio Paranapanema IV, os maiores valores são encontrados na parte sul da bacia. Os locais que tiveram os menores valores de excedentes foram a sudeste, na porção central e na jusante do rio Paranapanema III, na porção superior do Pirapó, na montante e na porção médio superior da bacia do Paranapanema IV (**Figura 21 B**).

Para julho, o valor médio registrado foi 59,4 mm de chuvas e o excedente hídrico de 24,22 mm. Na bacia do Paranapanema III, os excedentes foram espacializados a oeste e nos setores sul e sudeste, no Pirapó, os excedentes foram encontrados desde nordeste até toda a região sul da bacia. Na bacia do Paranapanema IV os excedentes foram observados ao sul da bacia. As demais áreas das três bacias não apresentaram excedentes (**Figura 21 C**).

A estação do inverno é marcada pela redução gradativa dos excedentes hídricos durante o mês de agosto, com menor excedente, voltando a aumentar no mês de setembro.

O mês de agosto foi o mais seco de toda a série histórica com 48,45 mm de média de chuvas e praticamente não apresentou excedente hídrico, apenas 8,7 mm em um ponto isolado na estação climatológica de Maringá ao sul da bacia do Pirapó, as demais áreas tanto da bacia do Pirapó como também das bacias do Paranapanema III e IV não apresentaram excedentes (**Figura 21 D**).

Figura 21 - Distribuição do excedente hídrico mensal para maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



A partir do mês de setembro (**Figura 22 A**), mês no qual termina o inverno, as chuvas voltam a aumentar, porém ainda não são uniformes e suficientes para gerar excedente significativo.

O mês de setembro obteve média de precipitação acima dos 100 mm e 45,8 mm de excedentes hídricos. O local como maior volume excedente foi próximo a Araçongas setor sul da bacia do Pirapó, enquanto que todas as localidades próximas ao rio Paranapanema III, a foz do rio Pirapó e a do rio Paranapanema IV não registraram excedentes.

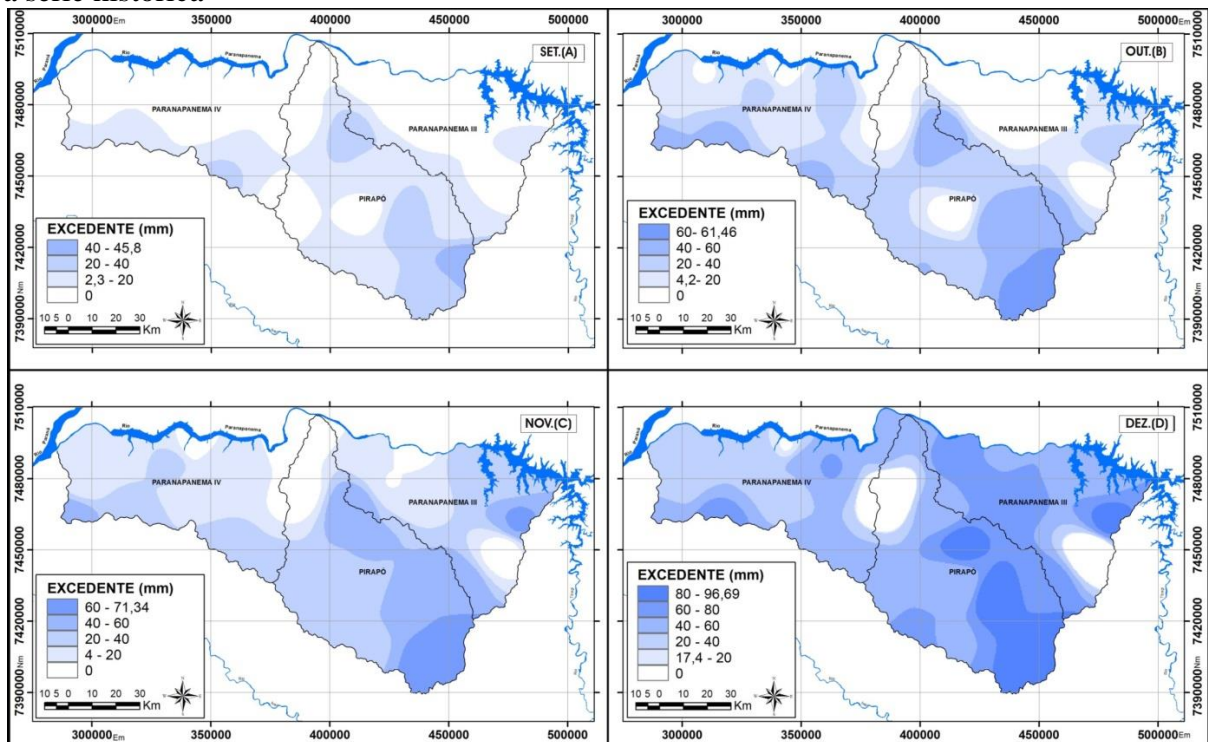
O mês de outubro com o incremento na precipitação, 136,46 mm favoreceu um significativo excedente hídrico de 61,46 mm, registrado entre os municípios de Apucarana e Araçongas setor sul da bacia do Pirapó. Na área a sudeste, porção central e curso médio superior da jusante do Paranapanema III não apresentaram excedentes. Na área central e na jusante do Pirapó também não foram verificados excedentes bem como nas áreas a leste e próximos a montante e em áreas do médio curso não apresentaram excedentes (**Figura 22 B**).

Para novembro, o extrato do balanço hídrico acusou 71,34 mm de excedente hídrico, para precipitação média de 132,04 mm. Verifica-se que para este mês, as chuvas foram regulares e bem distribuídas. Para a bacia do Paranapanema III, o mês de novembro registrou os maiores volumes a leste da bacia, já as áreas a sudeste e também no curso médio de rio não apresentou excedentes. O setor sul da bacia do Pirapó recebeu o maior excedente de toda a

unidade hidrográfica estudada, e na jusante da bacia do Pirapó não foi verificado excedente. Os maiores volumes de excedentes (60 mm) na bacia do Paranapanema IV distribuíram-se pelo sul da bacia, e a montante já no médio curso não apresentou excedentes (**Figura 22 C**).

Dezembro foi o segundo mês mais úmido de toda a série estudada registrando 173,13 mm de médias, o que gerou excedente hídrico máximo de 96,69 mm. Esses maiores volumes foram registrados no setor leste da bacia do Paranapanema III, no sul e nas localidades centrais da bacia do Pirapó e no sul e região central da bacia do Paranapanema IV. As áreas no setor sudeste da bacia do Paranapanema III, áreas na porção central do curso superior do rio Pirapó, na faixa leste e no curso médio do Paranapanema IV não apresentaram excedentes (**Figura 22 D**).

Figura 22 - Distribuição do excedente hídrico mensal para setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica



5.5 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes hídrico para o ano seco (1988)

Os dados da precipitação mensal e da temperatura para os anos classificados como seco foram submetidos aos cálculos do balanço hídrico, sendo que o primeiro da série foi o ano de 1988 que no geral apresentou deficiência hídrica que variou de 86,6 a 435,4mm (**Figura 23**).

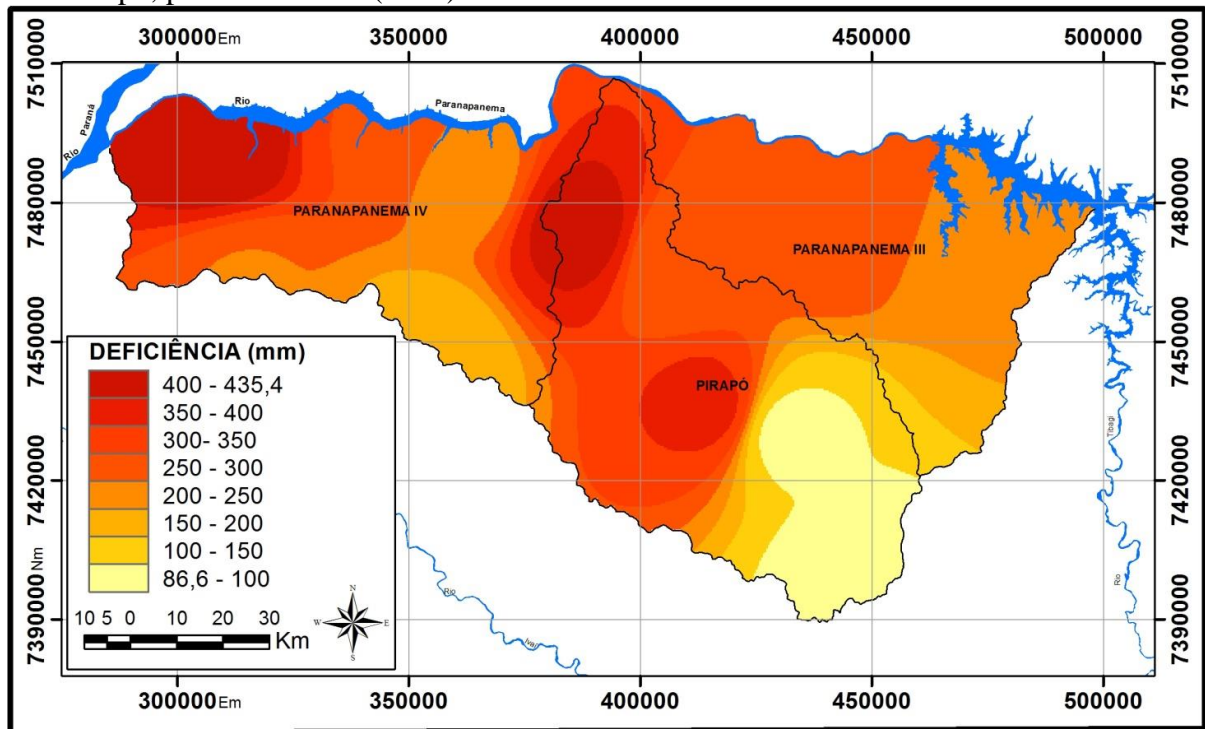
As áreas que atingiram os maiores valores (435,4mm) foi na região central do curso inferior do rio Pirapó e na região central do curso médio superior da mesma bacia, na jusante do Paranapanema IV. O menor valor de 86,6 mm foi encontrado no sul da bacia do Pirapó. Observa-se ainda uma redução nos déficits em áreas do nordeste a sul da bacia do Paranapanema III, áreas que se estende de leste a sudoeste do Pirapó e nas áreas central e sul do Paranapanema IV.

O padrão da distribuição espacial dos déficits para o ano seco (1988) foi bem semelhante ao padrão da distribuição para a série histórica, embora os valores encontrados fossem bem mais elevados para o ano seco. Para a série histórica os valores encontrados oscilaram em torno de 0,03 a 15,5 mm, enquanto que para o ano seco esses valores variaram de 86,6 a 435,4 mm anuais.

A espacialização dos valores para o ano seco na bacia do Paranapanema III foi semelhante ao da série histórica, os menores resultados espacializaram-se no sul da bacia e foram aumentando gradativamente em direção ao norte. Na bacia do Pirapó ocorreu o mesmo comportamento, os menores valores são observados no setor sul da bacia aumentado gradativamente no sentido ao norte, onde ocorre uma diminuição nos volumes de chuva como já foi observado em trabalhos realizados por Ribeiro (1987) e Terassi (2012), ou seja, mesmo sendo um ano de anomalia (1988) considerado como seco a distribuição das chuvas manteve o padrão já observado pelos autores que verificaram um acréscimo nos totais das chuvas a medida que aumenta o efeito orográfico.

Na bacia do Paranapanema IV, o comportamento não se assemelhou tanto com a média da série histórica. O ano seco (1988) apresentou déficits mais significativos no sentido leste para oeste e de sul para o norte, os valores variaram de 100 a 250 mm de leste para oeste. Conforme mostra os trabalhos de Zandonadi, Braido e Silveira (2006) a precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica Paranapanema IV foi inferior a 1290 mm para os setores norte e noroeste, onde se encontram as menores altitudes, enquanto que os maiores valores das médias anuais de chuvas, superiores a 1500 mm ocorreram nas porções sul e sudeste da bacia, nas porções mais elevadas.

Figura 23 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



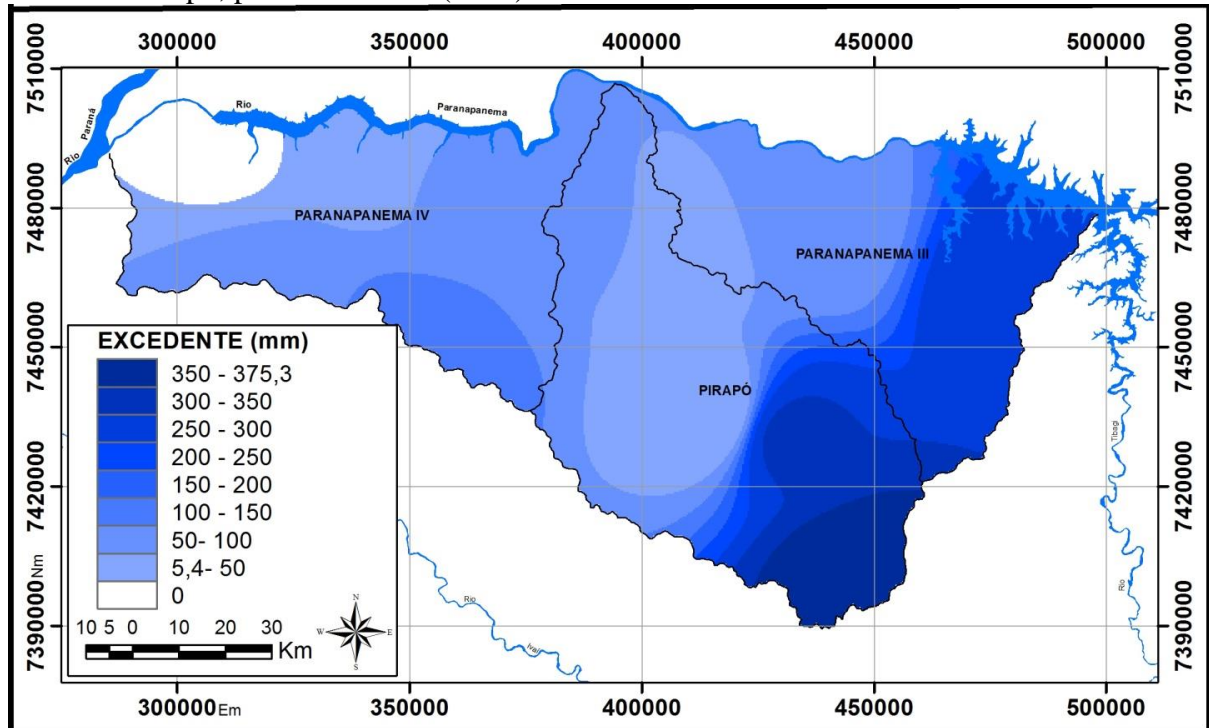
Os excedentes hídricos anuais registrados para o ano seco (1988) atingiram os volumes máximos de 375,3 mm, localizados no sul da bacia hidrográfica do rio Pirapó, e foram diminuindo gradativamente em direção a montante do rio, e nas áreas a leste da bacia do Paranapanema III, foram diminuindo em direção a oeste. Na bacia do Paranapanema IV, os maiores volumes foram distribuídos no sul da bacia e diminuindo gradativamente em direção a noroeste sendo que na baixa vertente não registrou excedentes.

Ao comparar com os resultados do excedente do ano seco (1988) com os resultados para a média da série histórica (1976-2014), observou-se certa semelhança dos resultados na distribuição espacial principalmente para a Bacia do rio Pirapó. Já os valores médios de excedentes para os resultados da série histórica foram bem distintos variaram de 19,5 a 690,12 mm, e para o ano seco os valores variaram de 0 até 300 mm, atingindo menos da metade do máximo para a série histórica. Na bacia do Paranapanema III, os valores para a série histórica apontaram o menor valor de excedente no sudeste da bacia que não apareceu na espacialização para o ano seco. Entretanto é válido ressaltar que para o ano seco de 1988 não se utilizou todos os postos da bacia, os postos foram escolhidos conforme o dendograma da **Figura 11**, isso faz com que as linhas não interpolem de forma semelhante.

Na bacia do Pirapó ambos os resultados espacializaram os maiores volumes no setor sul da bacia onde se encontram as maiores cotas altimétrica se foram diminuindo gradativamente

em direção a jusante do rio. Para a bacia do Paranapanema IV, tanto para a série histórica como para o ano seco, os maiores volumes de excedentes foram encontrados no sul da bacia, reduzindo na direção a noroeste (**Figura 24**). Apesar de ser ano seco as condições climáticas mantiveram-se úmidas atingindo os 1116 mm anuais acumulados.

Figura 24 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



5.5.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes hídricos para o ano seco (1988)

Os valores obtidos com o resultado do balanço hídrico climatológico para os déficits sazonais encontram-se na **Figura 25**. O verão foi uma estação que apresentou os valores mais elevados de déficits, atingindo os 220,5 mm acumulados. Os maiores índices foram observados no curso superior do rio Pirapó, e diminuindo em direção a montante, e a noroeste da bacia do Paranapanema IV. Os valores mais baixos foram encontrados no sul e sudeste da bacia do Pirapó, nas localidades centrais entre a bacia do Paranapanema III e Pirapó. Na bacia do Paranapanema IV, os menores valores (1,3) estão localizados de norte a sul da região central da bacia. Para o mesmo período da série histórica (1976-2014), os déficits registrados foram de 4,6 mm com um total de precipitação de 478,07 mm, ou seja, ano de 1988 obteve 215,6 mm a mais de déficit do que a série histórica (**Figura 25 A**).

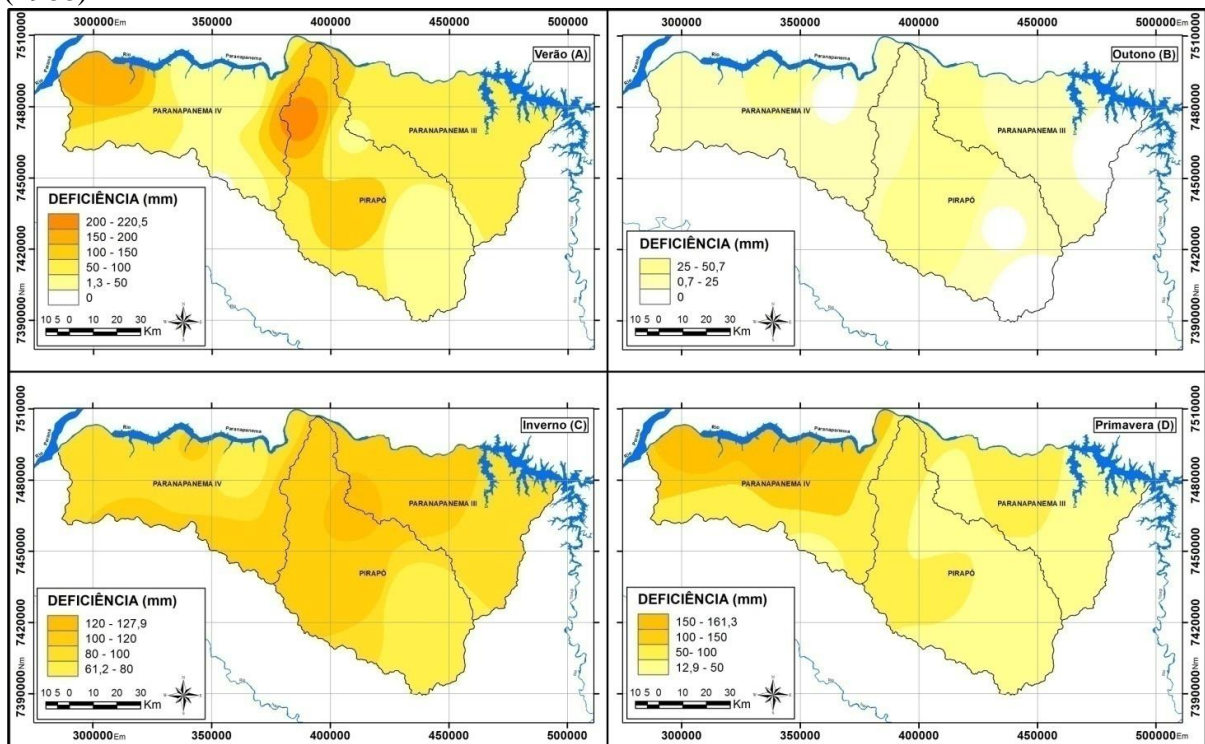
Para o outono, os déficits registrados foram os menores para todas as estações, variando de 0,7 a 50,7 mm espacializados de forma homogênea em toda a unidade hidrográfica. As áreas a leste da bacia do Paranapanema III, no setor sul do Pirapó e na região central próximo a montante do rio Paranapanema IV não ocorreram déficits. Comparado com a série histórica (1976-2014) o outono também obteve os menores valores de déficits 1,6 mm, e o ano de 1988 registrou 49,1 mm a mais de déficit que a série histórica (**Figura 25 B**).

No inverno os valores de déficits foram de 11,6 a 127,9 mm. Na bacia do Paranapanema III, os menores registros ocorreram a leste da bacia e os maiores a oeste. Na bacia do Pirapó, os índices mais elevados ocorreram nas localidades centrais da bacia e os menores na montante, do rio e na bacia do Paranapanema IV, os maiores valores estão espacializados na porção sul da bacia. A série histórica recebeu neste período 10,8 mm de déficits e 224,73 mm médios de chuva. O inverno do ano seco obteve 117,1 mm a mais do que o mesmo período da série histórica (**Figura 25 C**).

Para a primavera os valores alcançados foram de 161,3 mm de déficits. Os menores valores foram observados de leste da bacia do Paranapanema III e sul da bacia do Pirapó até as áreas mais centrais das bacias. Os valores mais significativos foram verificados no norte da bacia do Paranapanema IV, próximo ao leito do rio. A primavera durante a série histórica registrou apenas 5,2 mm de déficits e 440,16 mm de média de chuvas. Houve um aumento de 156,1 mm de déficits a mais para o ano seco (1988) em relação com a média da série histórica (**Figura 25 D**).

O ano de 1988 apresentou como seco, como pode ser observado em trabalhos elaborados por Braido et al. (2004), Baldo (2006) e Graça (2013). Baldo (2006) destaca que no inverno de 1988 atuou a La Niña de fraca intensidade e na primavera foi de forte intensidade.

Figura 25 - Distribuição do déficit hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



Para os excedentes hídricos sazonais os resultados do balanço hídrico climatológico podem ser observados na **Figura 26**. No verão os excedentes registrados foram baixos de 51 mm de máximo e 4,1 de mínimo. A área que registrou o maior excedente foi no setor sul da bacia do Pirapó. Os menores valores foram encontrados nas porções sul da bacia das três bacias. As demais áreas das três bacias não registraram excedentes para esta estação. Comparando com os resultados da série histórica (1976-2014) os resultados médios de excedentes para a estação foram de 239,7 mm, ou seja, 188,9 mm a mais que para o mesmo período do ano seco (**Figura 26 A**).

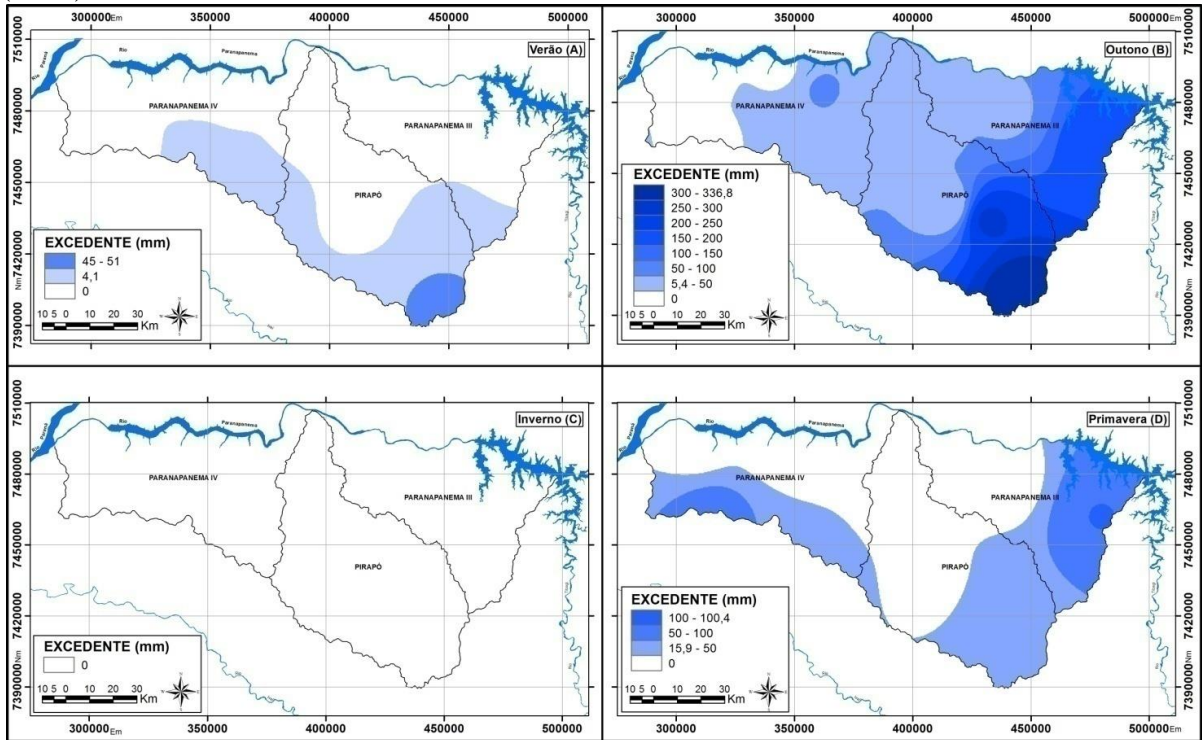
O outono foi a estação que registrou o maior valor de excedentes 336,8 mm. O setor que recebeu o maior volume foi o sul e sudeste da bacia do Pirapó, alcançando as áreas a leste da bacia do Paranapanema III. A mediada que se avança em direção para o norte e noroeste destas duas bacias partindo em direção do Paranapanema IV esses valores diminuem. Nas áreas a oeste do Paranapanema IV não ocorreram excedentes. No mesmo período a série histórica ocorreu 211,1 mm de excedentes, isso significa que o ano seco (1988) registrou 125,7 mm a mais de excedentes (**Figura 26 B**).

No inverno não foram registrados excedentes para nenhum local da unidade hidrográfica estudada durante o período de 1988 (**Figura 26 C**). Para a primavera os volumes

máximos de excedentes registrados foram de 100, 4 mm. Os valores mais elevados foram especializados na montante do rio Paranapanema III e no setor sul da bacia do Pirapó e do Paranapanema IV, chegando até o leste e sul da bacia do Paranapanema III. As áreas que vão de oeste da bacia do Paranapanema III, norte do Pirapó e norte do Paranapanema IV não verificaram excedentes. Comparando com os valores médios obtidos para a primavera da série histórica que foram de 186,8 mm, o ano seco recebeu 86,4 mm a menos de excedentes (**Figura 26 B**).

Observa-se que o comportamento sazonal da precipitação pluviométrica para a área de estudo é muito semelhante às regiões tropicais, onde o verão é chuvoso e o inverno geralmente seco, em alguns casos até extremamente seco. Isso ocorre devido à área encontrar-se, próximo da linha do Trópico de Capricórnio numa área de transição climática como foi mencionado por Monteiro (1968), Nimer (1979) e Tarifa (1973). Entretanto, na primavera ocorreu um período de seca mais acentuada devido à atuação da La Niña para este ano, conforme foi observado por Baldo (2006).

Figura 26 - Distribuição do excedente hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



5.5.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para o ano seco (1988)

O cálculo do balanço hídrico climatológico mensal para o ano seco (1988) está apresentado nas **Figuras 27, 28, 29**. Para o mês de janeiro os resultados do balanço hídrico mostraram uma deficiência hídrica que variou de 0,8 a 114 mm. Na bacia do Paranapanema III os valores encontrados foram de 0,8 a 50 mm, especializados por toda a bacia. Apenas uma pequena área a Noroeste que alcançou o valor mais elevado de 50 mm. Na bacia do rio Pirapó no setor sul, não foram verificados déficits, nas áreas centrais e na jusante do rio ocorreram os valores máximos de 114 mm. Na bacia do Paranapanema IV, os menores valores de déficits foram encontrados nos setores a leste e vão aumentando gradativamente em direção a noroeste (**Figura 27 A**).

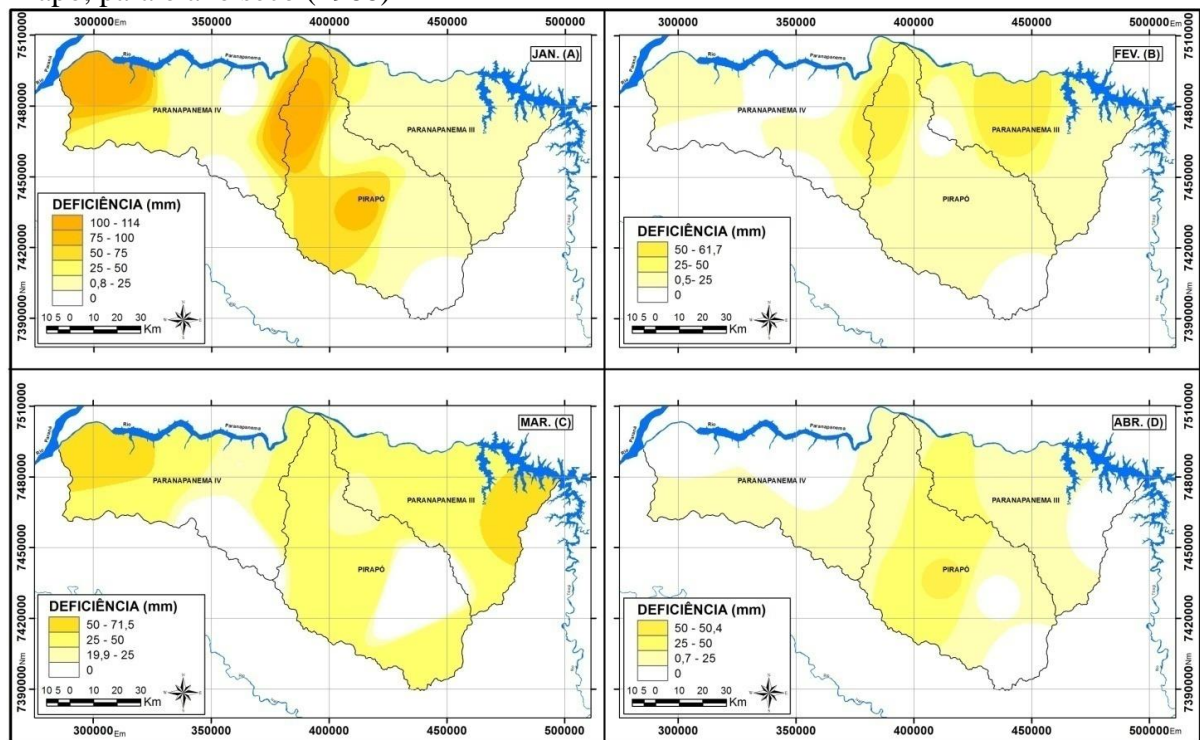
No mês de fevereiro os valores de déficits variaram de 0,5 a 61,7 mm. As localidades que alcançaram os volumes máximos foram no setor norte da bacia do Pirapó próximo a montante do rio, e no curso médio e central da bacia do Paranapanema III. As áreas no setor sul e no nordeste da bacia do Pirapó e áreas do sul e sudoeste, passando pelas áreas centrais e atingindo os setores ao norte da bacia do Paranapanema IV não apresentaram déficits (**Figura 27 B**).

O mês de março último mês do verão, obteve 19,9 mm mínimos de excedentes e 71,5 mm de máximo. As localidades com os maiores valores registraram de 71,5 mm a leste da bacia do Paranapanema III e a noroeste da bacia do Paranapanema IV. As áreas dos setores sudeste do Pirapó e do setor sul do Paranapanema IV não ocorreram excedentes (**Figura 27 C**).

Baldo (2006) ressalta que é importante destacar que a repercussão de um evento de El Niño ou La Niña apresenta diferenças no tempo e no espaço, porque a dinâmica atmosférica é muito complexa. Como são eventos que provocam mudanças na circulação atmosférica em escala regional e global, é necessária uma análise mais meticulosa para entender a variabilidade da precipitação pluviométrica de uma determinada região.

Para o mês de abril a variação de 0,7 a 50,4 nos totais de excedentes. As localidades que registraram os maiores índices de déficits foram áreas do setor sudeste da bacia do Pirapó, estendendo-se pelas áreas centrais da bacia até atingir as áreas a leste da bacia do Paranapanema III chegando até a montante deste rio. As áreas no setor sul e sudeste da bacia do Pirapó, áreas a leste da bacia do Paranapanema III e os setores norte na bacia do Paranapanema IV não apresentaram déficits (**Figura 27 D**).

Figura 27 - Distribuição do déficit hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) da precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



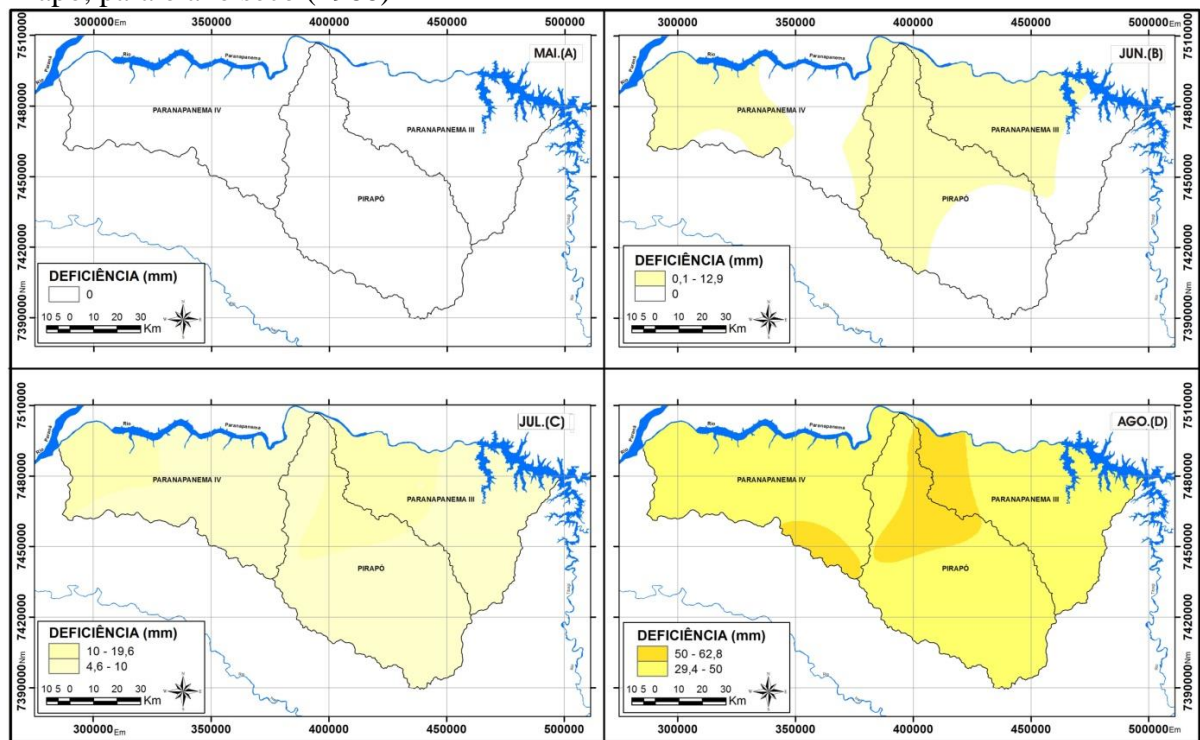
A **Figura 28** mostra a deficiência hídrica para os meses maio, junho, julho, e agosto que apresentou valores de 0 a 62,79 mm. Pode-se observar que o mês de maio (**Figura 28 A**), não foi registrado nenhuma deficiência hídrica, porque acumulou em média 169,9 mm de chuvas.

No mês de junho, os valores registrados foram relativamente baixos variando de 0,1 a 12,9 mm. Uma grande parte da bacia das áreas a leste do Paranapanema III até ao sul da bacia do rio Pirapó e grande parte da bacia do Paranapanema IV não apresentaram déficits (**Figura 28 B**).

Para o mês de julho, os valores registrados também foram baixos variando de 4,6 a 19,6mm. Os índices mais altos de 19,6 mm podem ser encontrados na parte superior da bacia do Pirapó no setor nordeste avançando para os setores a leste da bacia do Paranapanema III chegando até as localidades centrais da bacia, e nas áreas da bacia do Paranapanema IV. As demais áreas das três bacias os valores encontrados oscilaram de 4,6 a 10 mm (**Figura 28 C**).

No mês de agosto os registros apontaram 29,4 mm mínimos e 62,8 de máximos. Os índices mais altos foram acusados na porção superior da bacia do Pirapó no setor nordeste avançando para os setores a leste da bacia do Paranapanema III e no setor sudeste da bacia do Paranapanema IV (**Figura 28 D**).

Figura 28 - Distribuição do déficit hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



Para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 1988 (ano seco) a os valores de déficit registrados foram de 5,9 a 88,8 mm conforme a **Figura 29**.

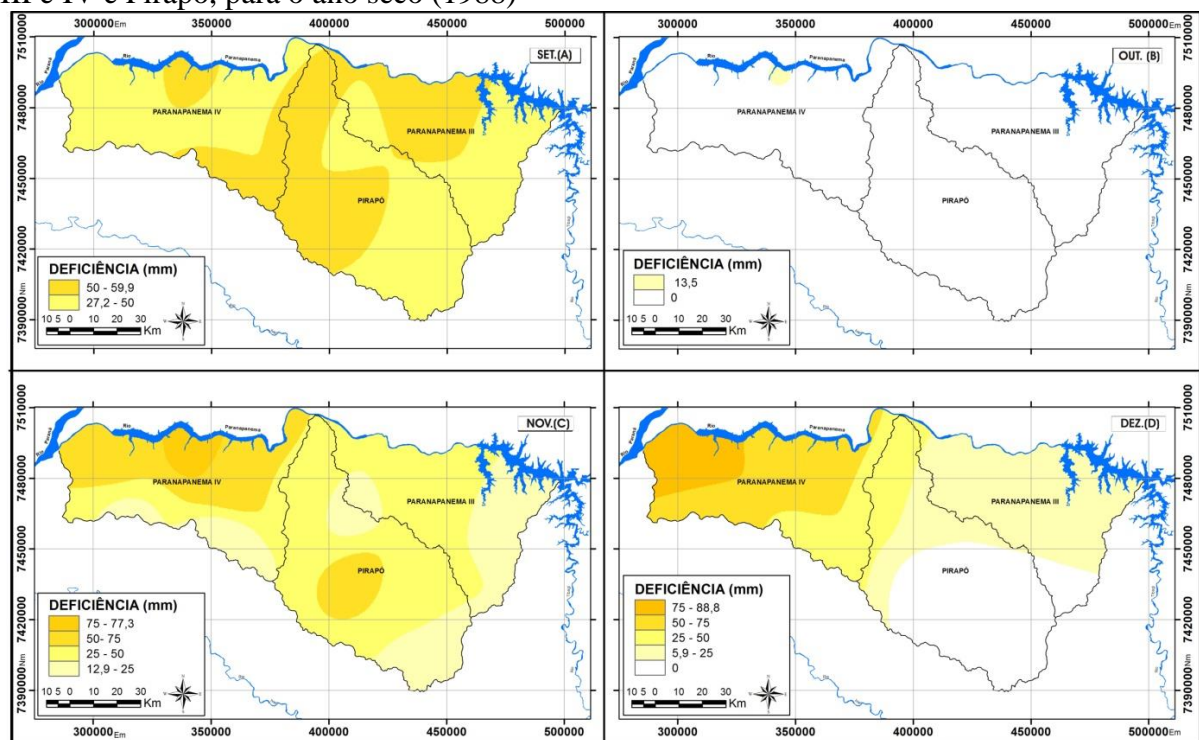
O mês de setembro registrou 27,2 a 59,9 mm de déficit. Na bacia do Paranapanema III, os valores mais elevados de 59,9 mm se encontraram no curso médio e superior rio, estendendo-se pelas localidades centrais das bacias, enquanto que os menores valores se localizaram mais a leste da mesma. Na bacia do Pirapó, a distribuição dos maiores valores iniciou-se pelo sudoeste da bacia atingindo áreas centrais do setor inferior, passando pelas áreas a noroeste da porção superior até alcançar o setor norte até a foz do rio Pirapó. Os menores valores foram distribuídos pelos setores nordeste, sudeste e sul da bacia. No Paranapanema IV, os maiores valores espacializaram por uma pequena porção a leste da bacia alcançando os setores ao sul da mesma e também em áreas próximas ao curso médio do rio, nas demais áreas desta bacia os valores encontrados ficaram entre 27,2 e 50 mm (**Figura 29 A**).

Para o mês de outubro os déficits aparentados pelo balanço hídrico foram de apenas 13,5 mm acumulados, em um único ponto da bacia, próximo ao curso médio do rio Paranapanema IV, nas demais áreas desta unidade não ocorreram déficits (**Figura 29 B**). Para o mês de novembro, os valores de déficit variaram de 12,9 a 77,3. Os índices mais elevados

podem ser observados nas localidades centrais da bacia do Pirapó, e em toda parte superior da bacia do Paranapanema IV. As áreas com menores valores podem ser observadas no setor a leste da bacia do Paranapanema III seguindo até o sul do Pirapó, também entre os limites superiores da bacia do Pirapó e do Paranapanema IV e nas porções sul da bacia do Paranapanema IV (Figura 29 C).

Por fim, o mês de dezembro registrou déficits que oscilaram de 5,9 a 88,8 mm, os maiores valores de 88,8 mm foram encontrados no setor a noroeste da bacia do Paranapanema IV a mediada que se avança para leste na bacia os valores diminuem para 50 mm de déficits e ao alcançar a bacia do Pirapó e do Paranapanema III, esses valores diminuem de 9,9 a 25 mm de déficits. Nos setores sul e sudeste do Pirapó e no sul do Paranapanema III não ocorreram déficits (Figura 29 D).

Figura 29 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



5.5.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para o ano seco (1988)

Os resultados dos excedentes hídricos para o ano seco (1988) podem ser acompanhados nas Figuras 30, 31 e 32. Mesmo sendo considerado o ano de (1988) como seco ocorreram

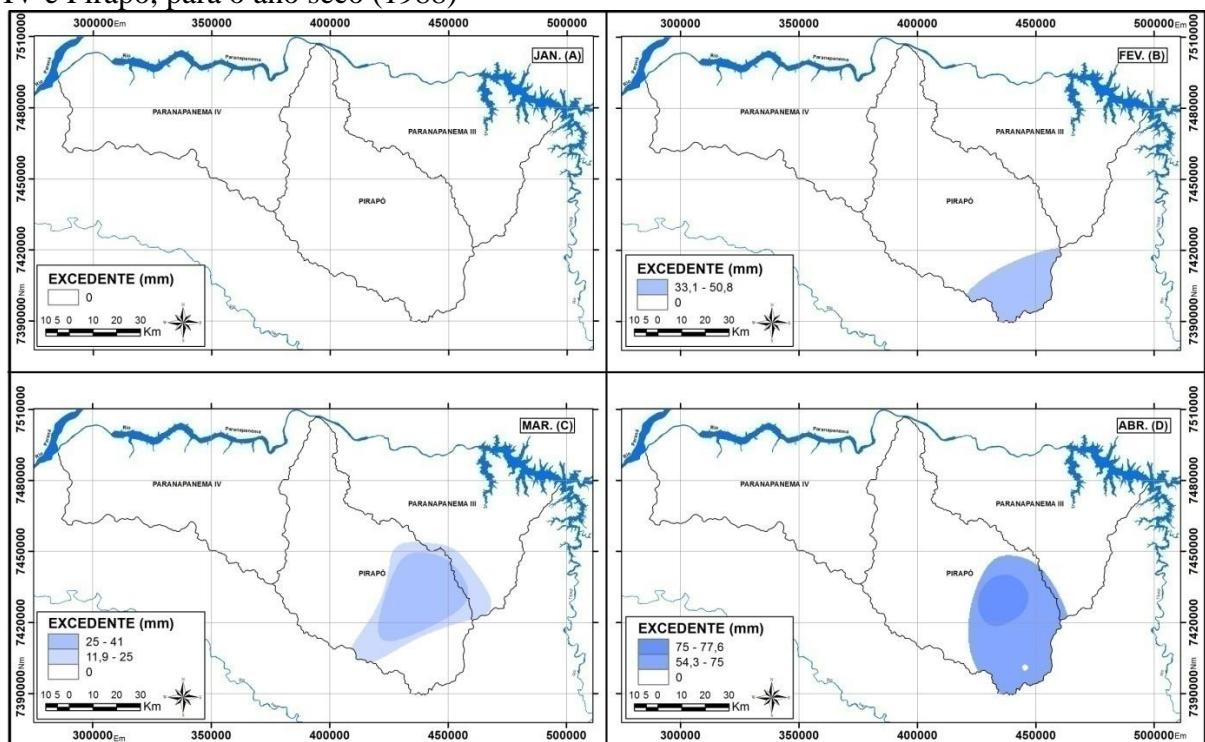
excedentes hídricos nas áreas norte e noroeste do Paraná, porções onde a dinâmica atmosférica apresenta características de clima Tropical, de habitual concentração de chuvas no período do verão e primavera e redução significativa no outono e no inverno mais sem uma estação seca bem definida conforme apontam os trabalhos apresentados por Simões (1954) e Nimer (1989).

Para este ano o mês de janeiro não apresentou excedentes para os posto da área de estudo (**Figura 30 A**). No mês de fevereiro, os excedentes foram registrados apenas no setor sul da bacia do Pirapó, as demais áreas não obtiveram excedentes (**Figura 30 B**).

Em março, os valores de excedentes variaram de 11,9 a 41 mm, registrados nas localidades a sudeste da bacia do Pirapó, alcançando uma estreita faixa sul e sudeste do Paranapanema III, e para as demais áreas destas duas bacias e para a bacia do Paranapanema IV não ocorreram excedentes (**Figura 30 C**).

Para o mês de abril, os valores foram de 54,6 a 77,6 mm, especializados no setor sul da bacia do Pirapó, as demais áreas desta bacia e as áreas do Paranapanema III e IV não apresentaram excedentes (**Figura 30 D**).

Figura 30 - Distribuição do excedente hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) abril (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)

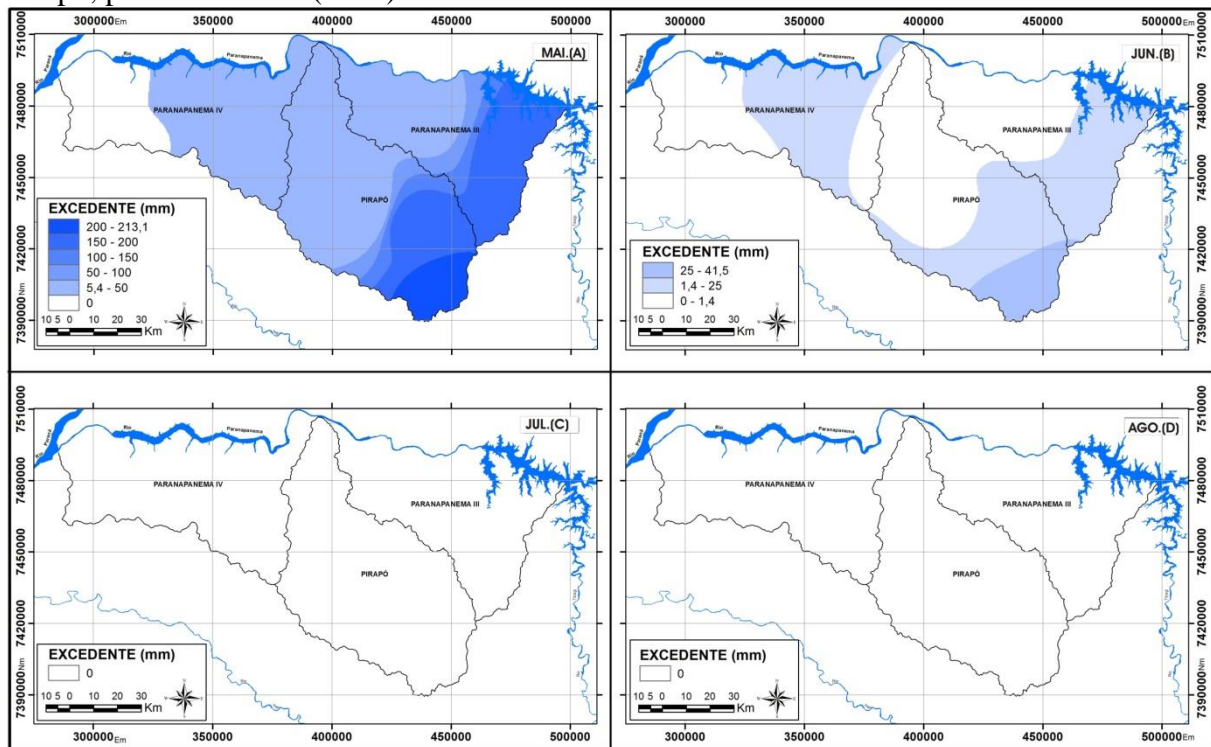


Na **Figura 31** têm-se os resultados dos excedentes hídricos para os meses de maio, junho, julho e agosto de 1988 (ano seco). O mês de maio apresentou o maior excedente (**Figura 31 A**) entre todos os meses desse ano, com 213,1 mm, devido a seus altos valores de precipitações mensais, de 169,9 mm. Entretanto, os valores de excedentes variaram de 5,4 a 213,1 e as localidades mais úmidas da faixa leste da bacia do rio Paranapanema III até ao sul da bacia do rio Pirapó, que correspondem Apucarana e Arapongas que registraram os índices mais elevados de excedentes. Toda a porção que fica a oeste da bacia do rio Paranapanema IV não apresentou excedentes.

Para o mês de junho, os excedentes registrados variaram de 1,4 a 41,5 mm. Os valores mais elevados (41,5 mm) foram verificados no setor sul da bacia do Pirapó, e os valores entre 1,4 e 25 mm foram espacializados na porção leste da bacia do Paranapanema III, sul do Pirapó e áreas centrais da bacia do Paranapanema IV (**Figura 31 B**).

O mês de junho (**Figura 31 C**) e o mês de agosto (**Figura 31 D**) não apresentaram valores de excedentes para os postos da área estudada para o ano de 1988.

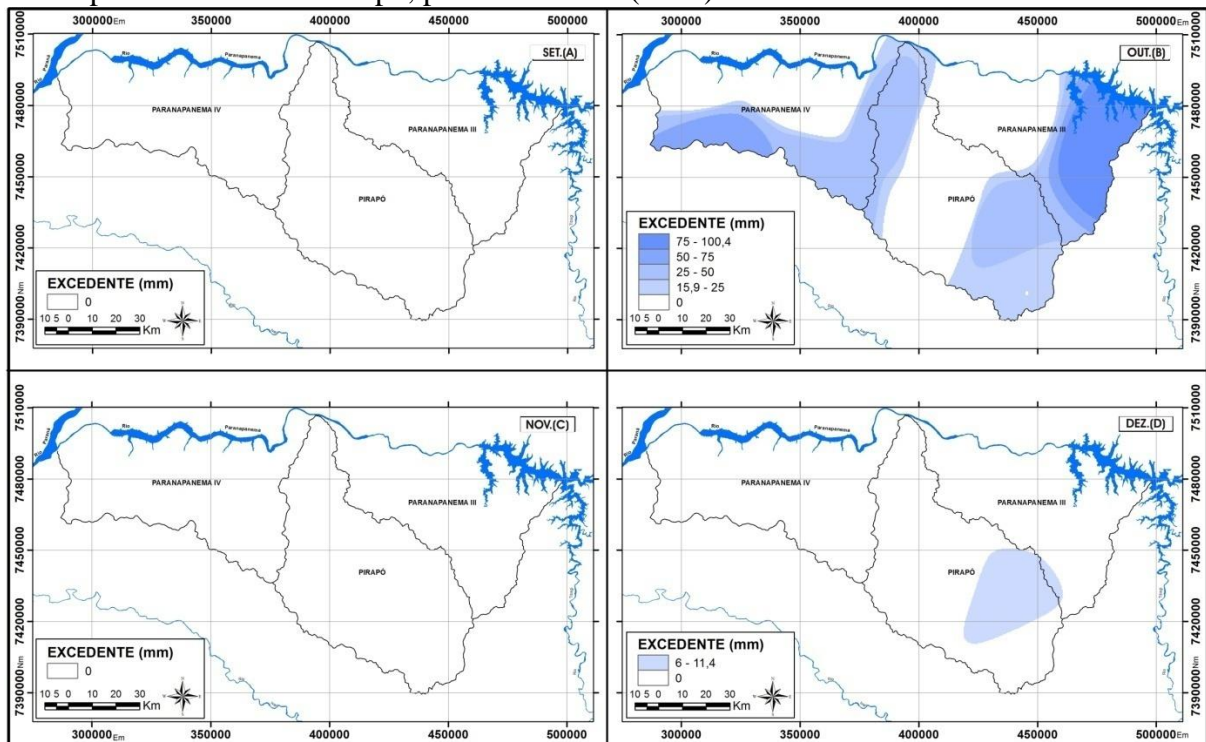
Figura 31 - Distribuição do excedente hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) agosto (D) da precipitação pluviométrica mensal nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



Na **Figura 32**, estão apresentados os valores dos excedentes hídricos para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. Os valores registrados para esses meses foram de 0 a 100,4 mm acumulados mensalmente.

O mês de setembro não registrou excedentes para a área estudada (**Figura 32 A**). Em outubro, os valores acumulados foram de 15,9 a 100,4 mm, verificados sobre a porção leste da bacia do rio Paranapanema III, o local em que foram verificados os maiores índices de excedentes estão na porção sul e ao norte da bacia do rio Pirapó, e na faixa sul da bacia do rio Paranapanema IV. Nas demais áreas não foram verificadas déficits (**Figura 32 B**). Em novembro não registrou déficits para nenhum setor das três bacias (**Figura 32 C**). No mês de dezembro obteve registro 11,4 mm de déficits na localidade a sudeste da bacia do Pirapó, as demais áreas da bacia do Pirapó e todas as áreas do Paranapanema III e IV não apresentaram excedentes (**Figura 31 D**).

Figura 32 - Distribuição do excedente hídrico da precipitação pluviométrica mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano seco (1988)



5.6 Distribuições anuais dos déficits e dos excedentes para o ano chuvoso (2009)

Os resultados obtidos com o balanço hídrico para o ano chuvoso (2009) estão apresentados a seguir.

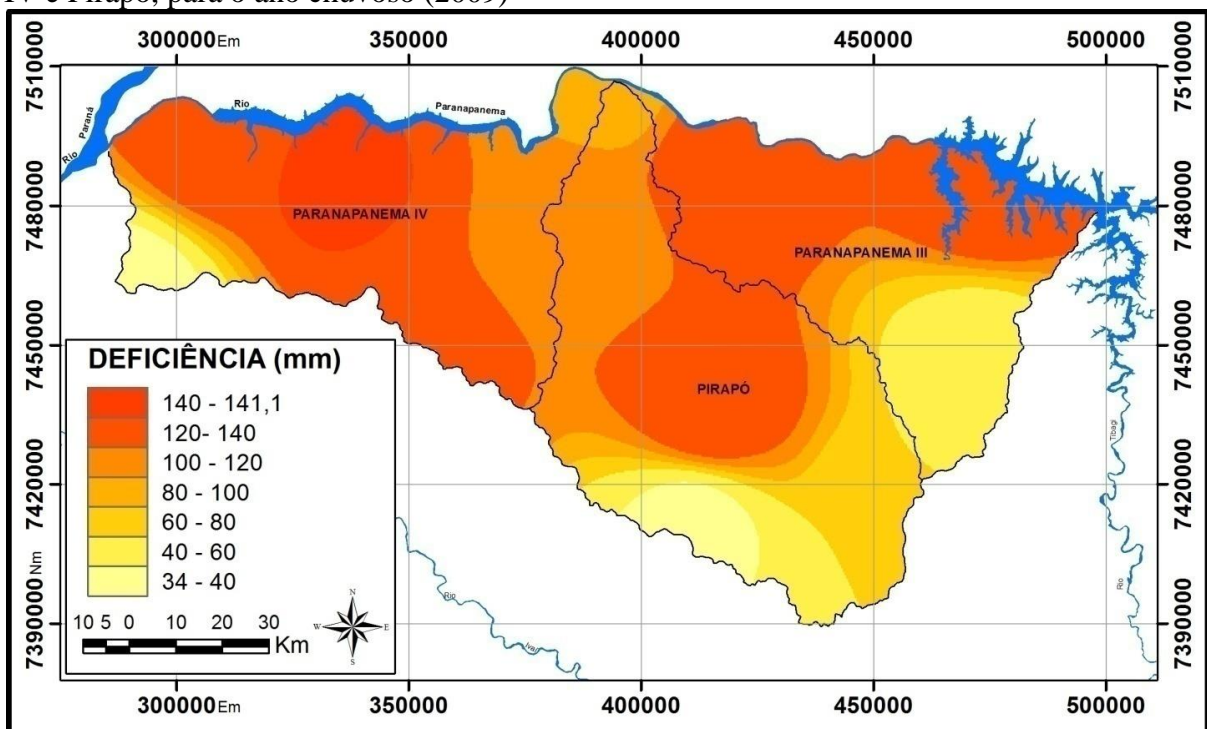
Os déficits anuais para 2009 apontaram 34 mm de mínimo e 141,1 mm de máximo. Na bacia do Paranapanema III maiores valores (141,1 mm) dos déficits foram encontrados do setor norte da bacia, estes valores diminuem gradativamente à medida que se avança em

direção ao sul onde se encontra os menores desta bacia de 40 mm. Para o Pirapó os menores valores (34 mm) foram observados no setor sul da bacia, aumentando gradativamente em direção as áreas centrais da bacia. Paranapanema IV recebeu os menores valores (34 mm) nos setores a oeste da bacia, aumentado em direção a leste e nas áreas no curso médio do rio e alcançaram os valores máximos de 141,1 mm acumulados anualmente (**Figura 33**).

Ao se comprar os resultados dos déficits de 2009 (chuvoso) com os resultados da média para a série histórica (1976-2016) (**Figura 13**) observa-se que mesmo sendo o ano chuvoso, o ano de 2009 apresentou resultados de déficits bem mais elevados que a série histórica.

Para a série histórica, os valores encontrados foram de 0,03 a 15,5 mm e para o ano de 2009 os resultados foram de 34 a 1141,1 mm acumulados anualmente. Quanto à distribuição desses valores das bacias hidrográficas do Paranapanema IV e do Pirapó mostraram de forma bem semelhante aos resultados verificados para a série histórica e o ano chuvoso de 2009, exceção foi para a bacia do Paranapanema III, que na média da série histórica recebeu mais chuvas para os setores sudeste do que no ano chuvoso.

Figura 33 - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



Para os excedentes hídricos no ano de 2009 (chuvoso), os valores do balanço hídrico demonstraram de forma geral, características de um ano úmido onde os excedentes hídricos

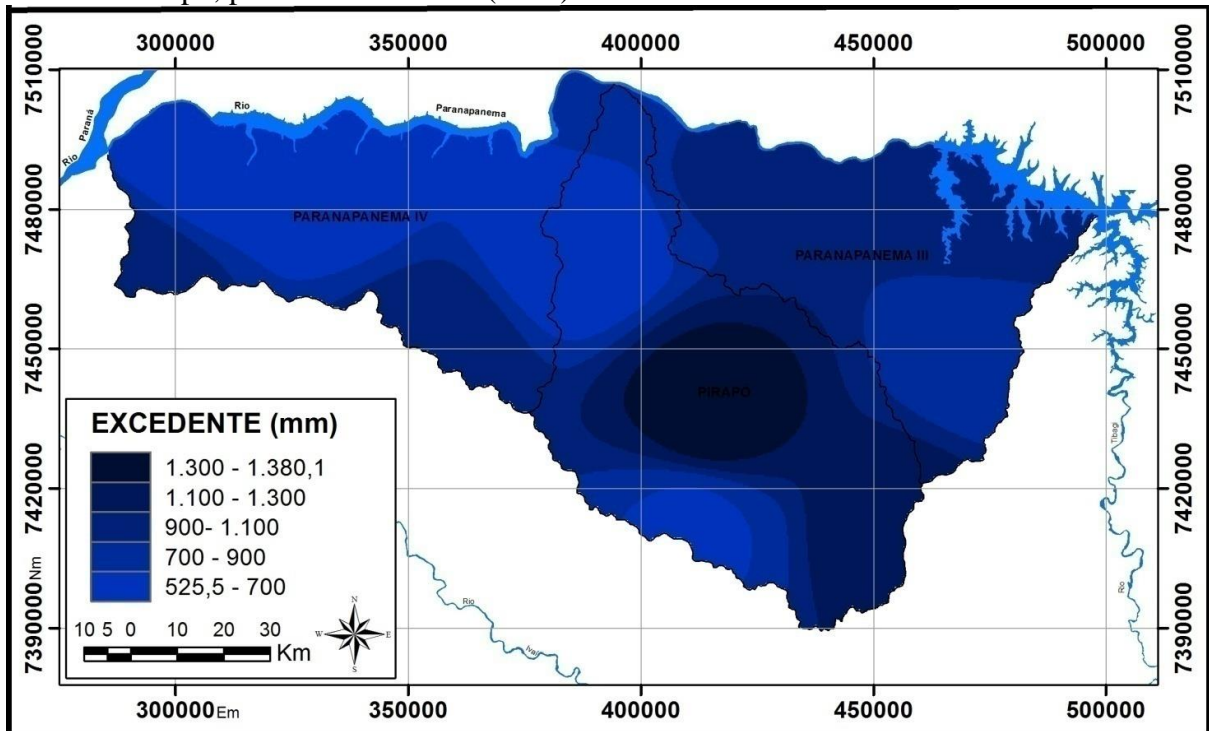
registrados chegam a um total máximo de 1380,1 mm anuais acumulados e os menores volumes registrados foram de 525,5 mm anuais.

Na bacia do Paranapanema III, as áreas que receberam os menores valores (700 mm) estão no sul e sudeste da bacia aumentando para 1300 mm no norte da mesma. Para a bacia do Pirapó, a distribuição espacial dos déficits recebeu os menores valores (525,5 mm) no setor a jusante da bacia onde se verifica as áreas com as menores cotas altimétricas e nas áreas a sudeste da bacia próximo ao município de Maringá. Os valores mais elevados 1380,1 mm na região central da porção sul do Pirapó, próximo ao município de Astorga. Para a bacia do Paranapanema IV, os maiores valores (1300 mm) de excedentes ocorreram na porção sul da bacia, diminuindo gradualmente em direção ao norte, e áreas a leste, próximo ao curso médio do rio, foi os locais que receberam os menores valores (**Figura 34**).

Em comparação com as médias para a série histórica (1976-2014), o ano de 2009 (chuvoso) recebeu valores de excedentes bem mais elevados (**Figura 14**). Os valores máximos obtidos para a série histórica foram de 690,12 mm, e para o ano de 2009 os valores máximos alcançaram 1380,1 mm um aumento de 49% de excedentes. Quanto à espacialização ocorreu de forma bem semelhante, na bacia do Paranapanema III, os menores valores encontram-se a leste tanto para 2009, quanto para a série histórica, porém na série histórica, apareceram áreas com valores baixos no oeste da bacia.

Na bacia Pirapó, a distribuição ocorreu de forma muito parecida, os maiores volumes foram verificados ao sul em uma diminuição ao norte. No Paranapanema IV, a série histórica demonstrou áreas com menores valores de excedentes a noroeste da bacia que não apareceram para 2009.

Figura 34 - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



5.6.1 Distribuições sazonais dos déficits e dos excedentes para o ano e chuvoso (2009)

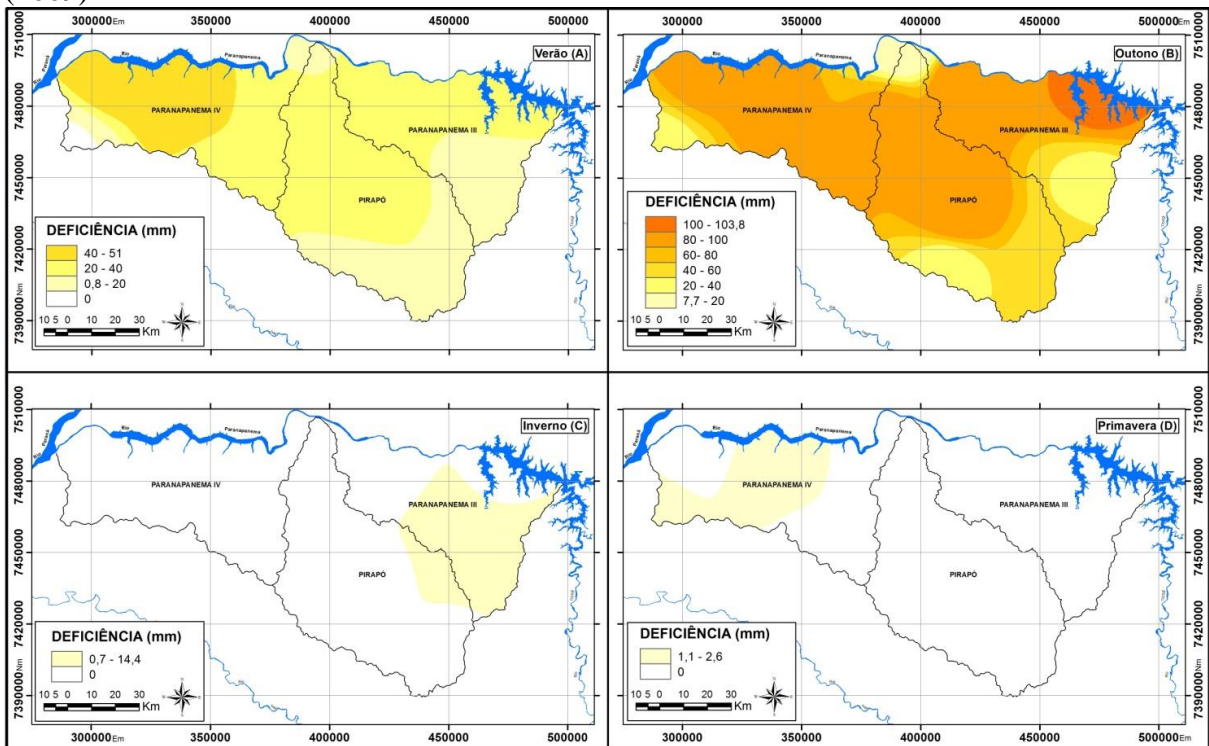
Na escala sazonal, os resultados do balanço hídrico climatológico mostraram que de maneira geral, os déficits oscilaram em torno de 1 a 103,8 mm acumulados. No verão, os déficits registrados foram de 0,8 a 51 mm. Os menores valores (0,8 mm) encontrados foram em toda a porção sudeste e sul da bacia do rio Paranapanema III, chegando até a porção sul do rio Pirapó, e também nas localidades a oeste do rio Paranapanema IV, abrangendo das áreas de Diamante do Norte até Loanda. Em comparação com a série histórica (1976-2014) registrou neste período 4,6 mm, ou seja, o ano de 2009 mesmo sendo considerado chuvoso obteve 46,4 mm a mais de déficits do que a média para a série histórica (**Figura 35 A**).

O outono foi a estação que registrou o maior déficit, com valores variando de 7,7 a 103,8 mm. As localidades que tiveram os menores registros de déficits que variaram de 7,7 a 20 mm acumulados foram as áreas a sudeste da bacia do Paranapanema III, sudoeste e norte da bacia do Pirapó e nas áreas a oeste da bacia do Paranapanema IV e as áreas que registraram o maior valor (103,8 mm) foi na montante do Paranapanema III. O mesmo período da série histórica teve como média 1,8 mm de déficits, isso representa 102 mm a menos que o ano de 2009 (**Figura 35 B**).

Para o inverno os valores de déficits encontrados foram baixos, eles variaram de 0,7 a 14,4mm. Os maiores valores foram registrados por toda a porção a sul e sudeste da bacia do Paranapanema III. A diferença entre o inverno da série histórica e do ano chuvoso foi de apenas 3,5 mm (**Figura 35 C**). A primavera praticamente não registrou déficits para o ano de 2009 (chuvoso), os valores alcançados atingiram apenas 2,6 mm acumulados para a estação e foram espacializados no curso médio do rio Paranapanema IV(**Figura 34 D**).

Nota-se que para este ano (2009) ocorreu um comportamento anormal na distribuição das chuvas onde o verão e o outono registrou os maiores volumes de déficits, o que não costuma ser habitual para a área de estudo que se encontra em uma zona de transição climática em que os verões são normalmente chuvosos e os invernos secos conforme mostra os trabalhos realizados por Monteiro (1968), Nimer (1979) e Tarifa (1973).

Figura 35 - Distribuição do déficit hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



Os excedentes sazonais registrados para o ano de 2009 (chuvoso) estão apresentados na **Figura 36**. No verão foram registrados excedentes que variaram de 40,4 mm até 512,44 mm acumulados na estação. Ocorreu um aumento de 46% nos excedentes em relação ao mesmo período da série histórica (1976-2014). Na bacia do Paranapanema III, os maiores valores de 500 a 512 mm foram encontrados no sul da bacia e os menores valores (200 mm) a oeste. Para

a bacia do Pirapó, o verão apresentou os mais altos valores (512,4 mm) no setor sul e central da bacia, já os menores resultados (400-100 mm) apareceram a sudoeste e norte. A distribuição das áreas que receberam mais excedentes (400 mm) na bacia do Paranapanema IV, foram no setor sul e oeste, e nas áreas centrais da bacia foram verificados os menores valores (40,4 mm) **Figura 36 A**.

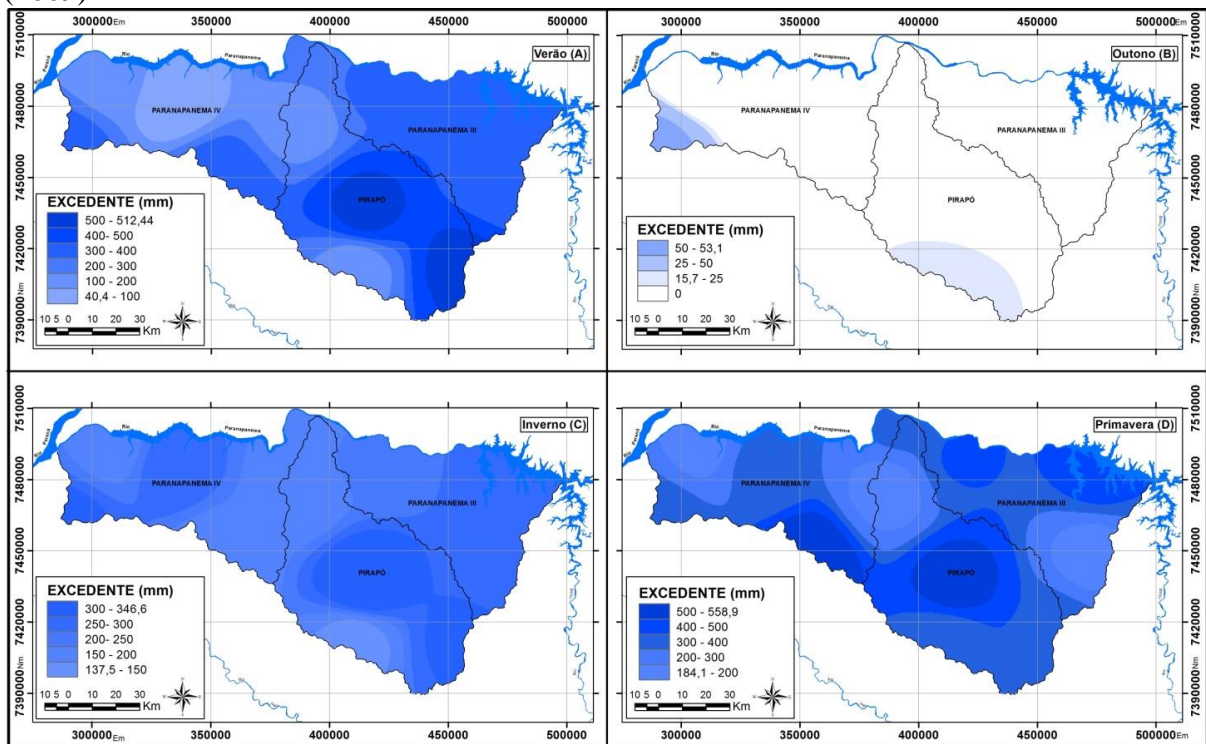
O outono foi a estação que registrou os menores valores entre todas as estações. Os valores encontrados foram de 15,7 a 53,1 localizados a sudoeste do Pirapó e a oeste da bacia do Paranapanema IV. Nas demais áreas das bacias não apresentaram excedentes (**Figura 36 B**). Para o outono, verifica-se uma redução de 25% nos valores dos excedentes em relação ao mesmo período da série histórica (1976-2014).

O Inverno apresentou um comportamento atípico registrando excedentes que variaram de 137,5 a 346,6 mm, 27% a mais do que a média para o inverno na série histórica que foi de 95,8 mm (**Figura 16**). Os maiores valores de 300 a 346,6 mm foram encontrados nas áreas que vão desde a porção da montante do Paranapanema III, passando pelos setores leste, sudeste e sul da bacia alcançando as áreas médias e inferiores da bacia do Pirapó e nas localidades centrais da bacia do Paranapanema IV. Habitualmente, na área de estudos, os verões são chuvosos e os invernos são secos segundo Monteiro (1968), Nimer (1979) e Tarifa (1973), mais para o ano de 2009 o inverno apresentou-se bastante úmido, conforme mostra os resultados do balanço hídrico, **Figura 36 C**.

Na primavera, as chuvas se intensificaram, por isso a estação registrou os maiores índices de excedentes que oscilaram de 184,1 a 558,89 mm, representando um aumento de 33,42%, comparado com a média para a série histórica que obteve valores de 186,8 mm. Os maiores valores (558,9 mm) foram constatados nas áreas centrais e no sul da bacia do Pirapó, e também nos setores sul da Bacia do Paranapanema IV. Os menores valores foram distribuídos a leste da bacia do Paranapanema III e no setor ao norte da bacia do Pirapó.

A variação pluviométrica para o ano de 2009 está associada ao fenômeno inter anual El Niño. Este fenômeno de segundo Nery e Martins (1998) caracteriza-se por promover alterações significativas no ritmo climático regional, responsável especialmente pela variabilidade interanual da precipitação, entretanto este fenômeno não é a única causa da variabilidade regional das chuvas nas bacias analisadas.

Figura 36 - Distribuição do excedente hídrico para o verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



5.6.2 Distribuições mensais dos déficits hídricos para o ano chuvoso (2009)

A distribuição mensal do déficit hídrico para o ano chuvoso (2009), nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril pode ser observada na **Figura 37**, a qual confirma baixos valores e o máximo de deficiência mensal registrada foram 87,6 mm no mês de abril.

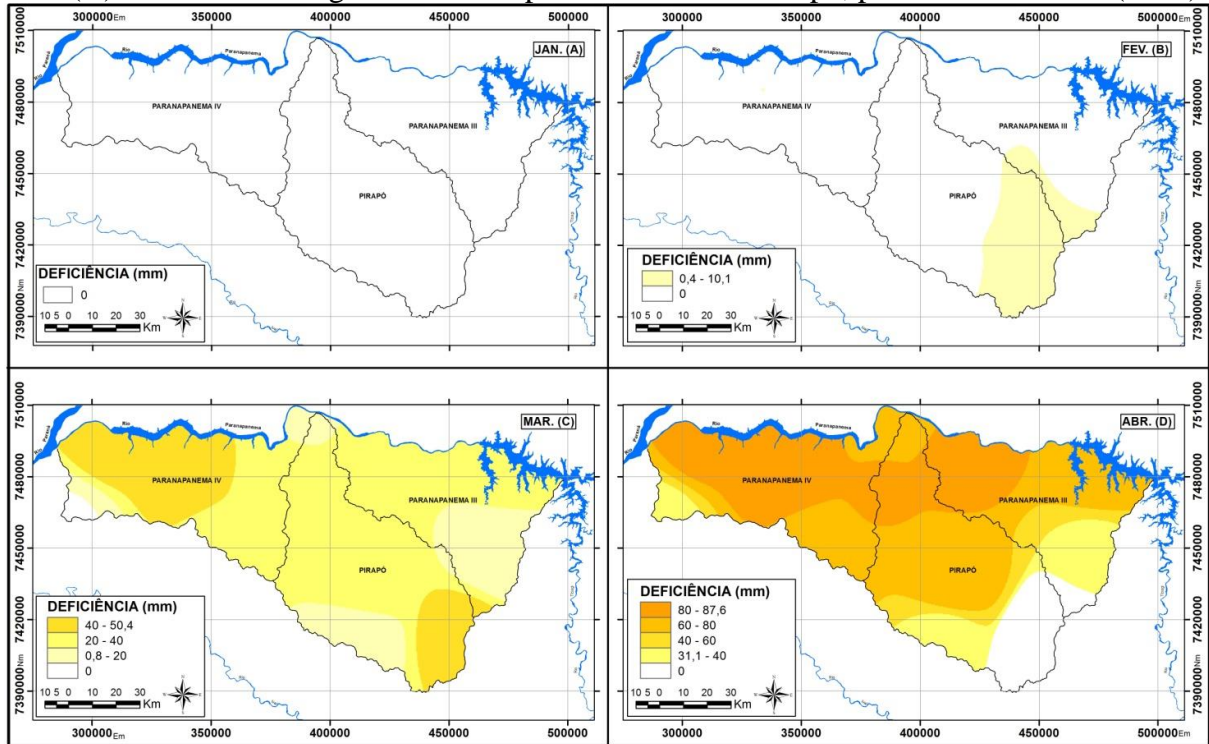
Para o mês de janeiro não foi registrado déficit, devido a regularidade das chuvas para esse período (**Figura 37 A**). O mês de fevereiro manteve baixos os valores dos déficits registrando 10,1 mm, ocorrendo no setor sul do Paranapanema III e sul do Pirapó (**Figura 37 B**).

No mês de março, os déficits foram de 5 a 50,4 mm, e as localidades que verificaram os maiores valores (50,4 mm) foi o setor sul do Pirapó e as áreas centrais do Paranapanema IV. Os valores mais baixos (0,8 mm) foram verificados no sul do Paranapanema III, sudoeste do Pirapó e leste do Paranapanema IV (**Figura 37 C**).

Abril, o primeiro mês do outono, registrou os maiores déficits de todo o ano de 2009 (chuvoso) os volumes mínimos foram de 31,9 a 87,6 mm. Os maiores valores foram

especializados no setor norte das três bacias, enquanto que nas áreas do sul do Pirapó e Paranapanema III, não apresentaram déficits **Figura 37 D**.

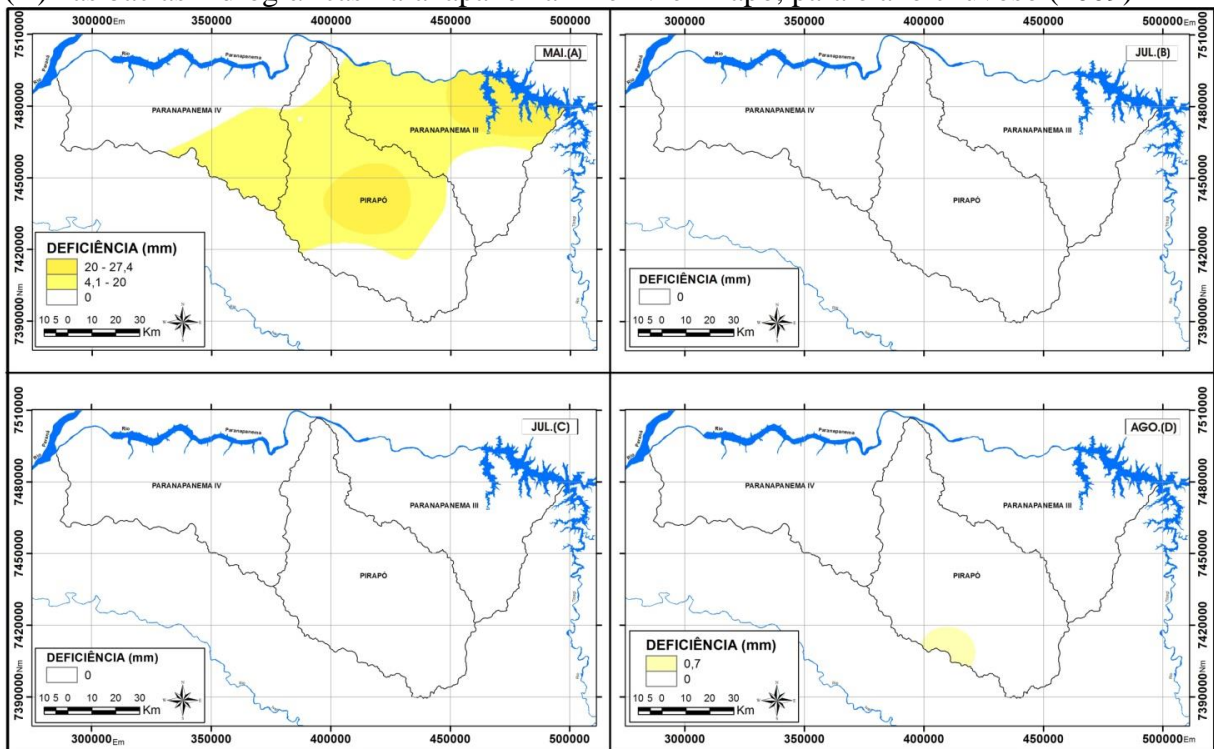
Figura 37 - Distribuição do déficit hídrico mensal, janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



Pode-se observar na **Figura 38**, que as deficiências hídricas registradas para os meses de maio, junho, julho e agosto. Para o mês de maio os déficits foram de 1,2 a 27,4 mm, as áreas a leste da bacia do Paranapanema III, seguindo até ao sul da bacia do Pirapó próximos aos postos de Apucarana e Arapongas e as áreas da porção oeste da bacia do Paranapanema IV não verificaram déficits (**Figura 38 A**).

Os meses de junho (**Figura 38 B**), julho (**Figura 38 C**) não apresentaram deficiências hídricas para nenhuma localidade da área de estudo. Para o mês agosto, o déficit registrado foi 0,7 mm a sudoeste da bacia do Pirapó, mais precisamente em Maringá (**Figura 38 D**).

Figura 38 - Distribuição do déficit hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)

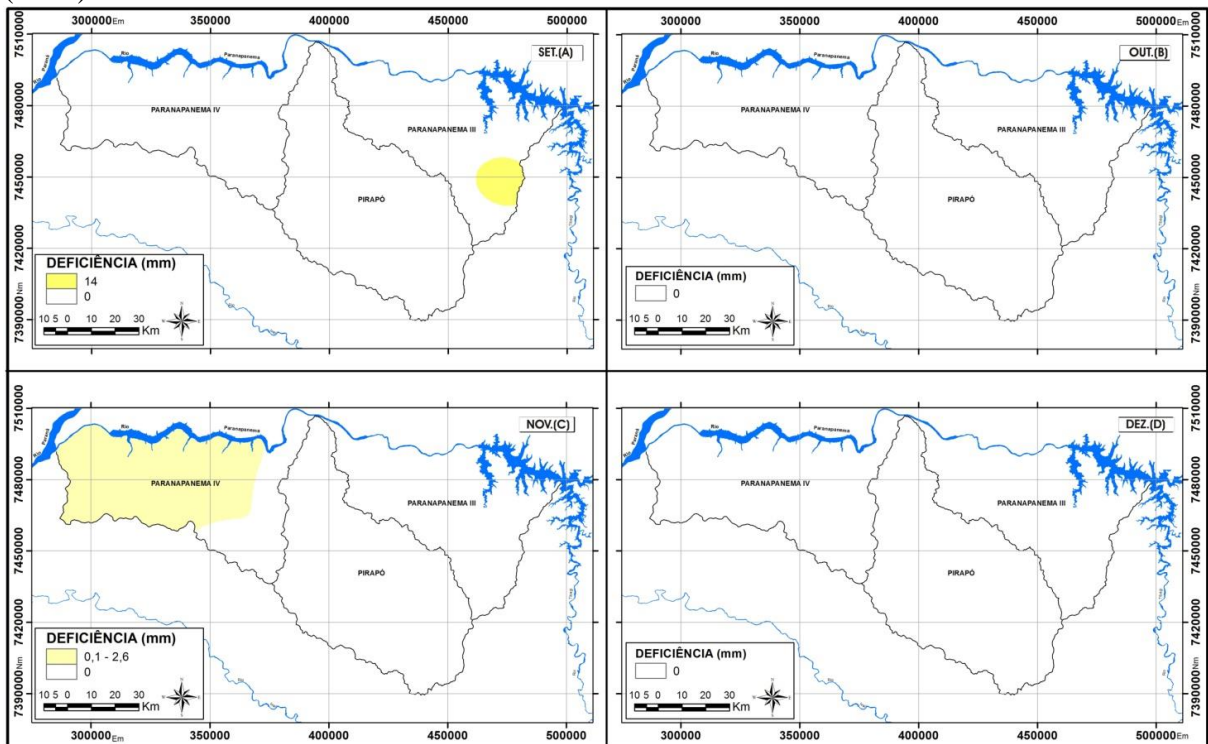


As deficiências hídricas para os meses de setembro, outubro, novembro apresentadas na **Figura 39**. O mês de setembro registrou 14 mm localizados no setor a leste da bacia do Paranapanema III, as demais áreas desta bacia e das bacias do Pirapó e Paranapanema IV não apresentaram deficiências hídricas (**Figura 39 A**). Para o mês de outubro não ocorreu déficits para a área de estudo (**Figura 39 B**).

Para o mês de novembro, os déficits registrados foram baixos, variando de 0,1 a 2,6 mm, observados próximos ao curso médio superior da bacia do Paranapanema IV, atingindo as áreas mais centrais. As demais localidades da bacia do Paranapanema IV e das bacias do Pirapó e Paranapanema III não apresentaram déficits para o período (**Figura 39 C**). O mês de dezembro não registrou déficit em nenhum setor da unidade hidrográfica (**Figura 39 D**).

Os baixos valores mensais de déficits para o ano de 2009 dão-se em decorrência a regularidades das chuvas e da atuação do fenômeno El Niño que concede um alto valor de média na precipitação para a região em anos da sua atuação.

Figura 39 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



5.6.3 Distribuições mensais dos excedentes hídricos para o ano chuvoso (2009)

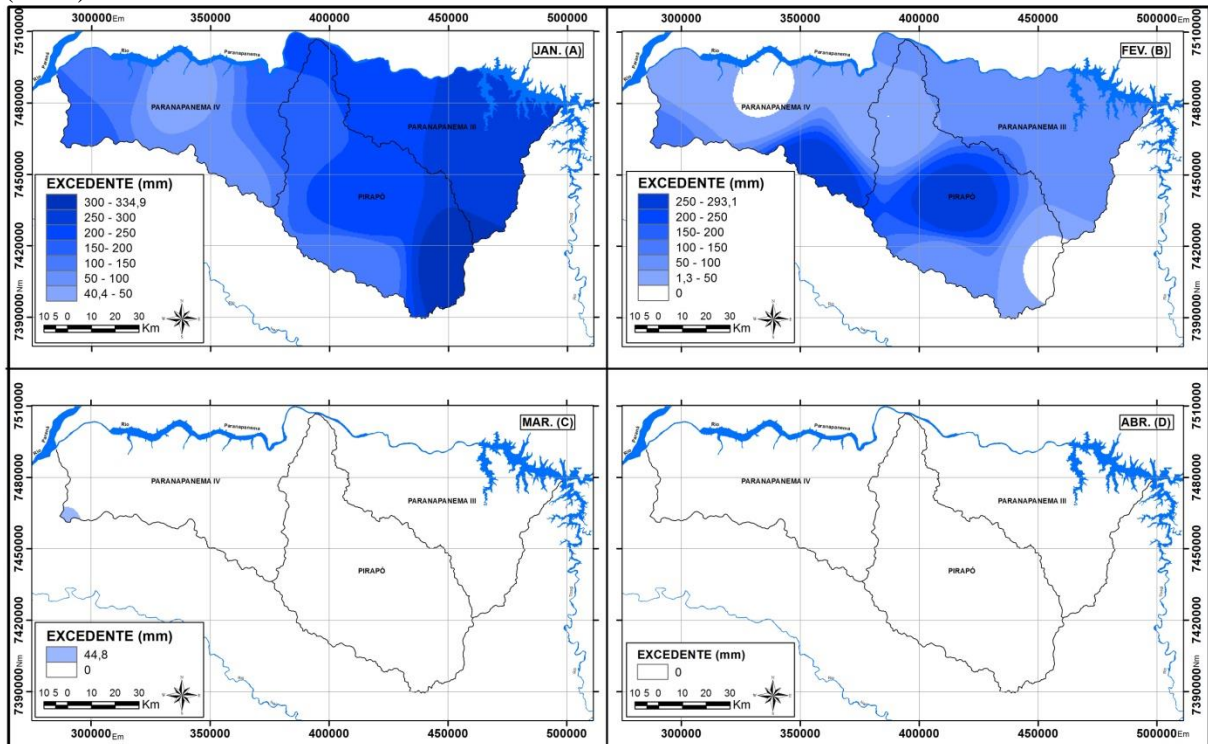
A distribuição mensal dos excedentes hídricos para o ano de 2009 (chuvoso) demonstra os resultados para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril. Pode ser observado que os valores registrados foram de 0 a 334,89 mm acumulados mensalmente (**Figura 40**).

Para o mês de janeiro, primeiro mês do verão, as condições climáticas mostraram-se úmidas, os valores dos resultados do balanço hídrico para os excedentes variaram de 40,4 mm alcançando os 334,9 mm. Os maiores valores (334,9 mm) foram observados no sul da bacia do Paranapanema III e no sul do Pirapó, também pode se verificar valores mais elevados na porção central e inferior da bacia do Pirapó. O menor valor se 40,4 mm foi registrado na porção central da bacia do Paranapanema IV (**Figura 40 A**).

O mês de fevereiro, as chuvas apresentaram um comportamento menos homogêneo com uma variação de 1,3 a 293,1 mm excedentes. Os maiores valores foram espacializados nas áreas no setor sul e central da bacia do Pirapó e no sul da bacia do Paranapanema IV, ambas diminuindo gradativamente em direção ao norte. As localidades na jusante do Paranapanema III e no curso médio do Paranapanema IV não apresentaram excedentes (**Figura 40 B**).

O mês de março, último mês da estação do verão, apontou 44,79 mm de déficit em apenas um ponto a oeste da bacia do Paranapanema IV, as demais áreas da bacia não ocorreram déficit para o período (**Figura 40 C**). O mês de abril não apresentou excedentes para nenhum setor da unidade hidrográfica (**Figura 40 D**).

Figura 40 - Distribuição do déficit hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



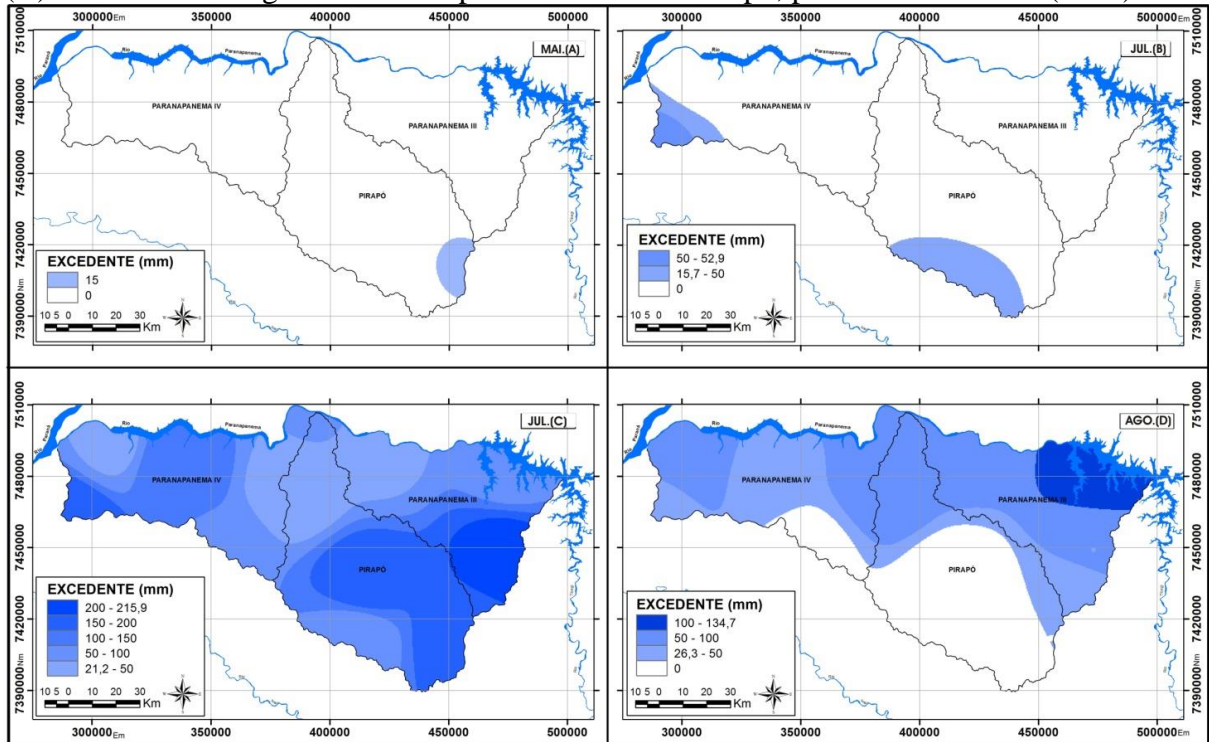
Em maio ocorreu excedente de 15 mm apenas no setor sul da bacia do Pirapó (**Figura 41 A**). O mês de junho, os excedentes variaram de 15,7 a 52,9 mm. A espacialização destes valores deu-se no setor a sudoeste do Pirapó, no posto de Maringá e nos setores a leste da bacia do Paranapanema IV, as demais áreas destas bacias do Paranapanema III não ocorreram excedentes (**Figura 41 B**).

Para o mês de julho, as chuvas se intensificaram e os valores registrados foram de 21,2 até 215,9 mm. Na bacia do Paranapanema III, os valores mais elevados de excedentes foram encontrados da montante do rio até os setores ao sul da bacia, diminuindo gradativamente em direção a jusante do rio, onde foi registrado os menores valores para esta bacia.

Para o Pirapó, os índices mais elevados foram verificados nos setores sul e sudeste e menores a norte da bacia. Para a bacia do Paranapanema IV, os maiores valores foram encontrados a oeste da bacia diminuindo gradualmente em direção a leste (**Figura 41 C**).

Os excedentes para o mês de agosto tiveram como mínimo registrado de 26,3 mm e máximo 134,7mm. O valor mais alto foi encontrado na localidade oeste do Paranapanema IV, no setor norte do Pirapó e a oeste do Paranapanema III. No setor sudoeste do Pirapó não foi registrado excedentes (**Figura 41 D**).

Figura 41 - Distribuição do excedente hídrico mensal, maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



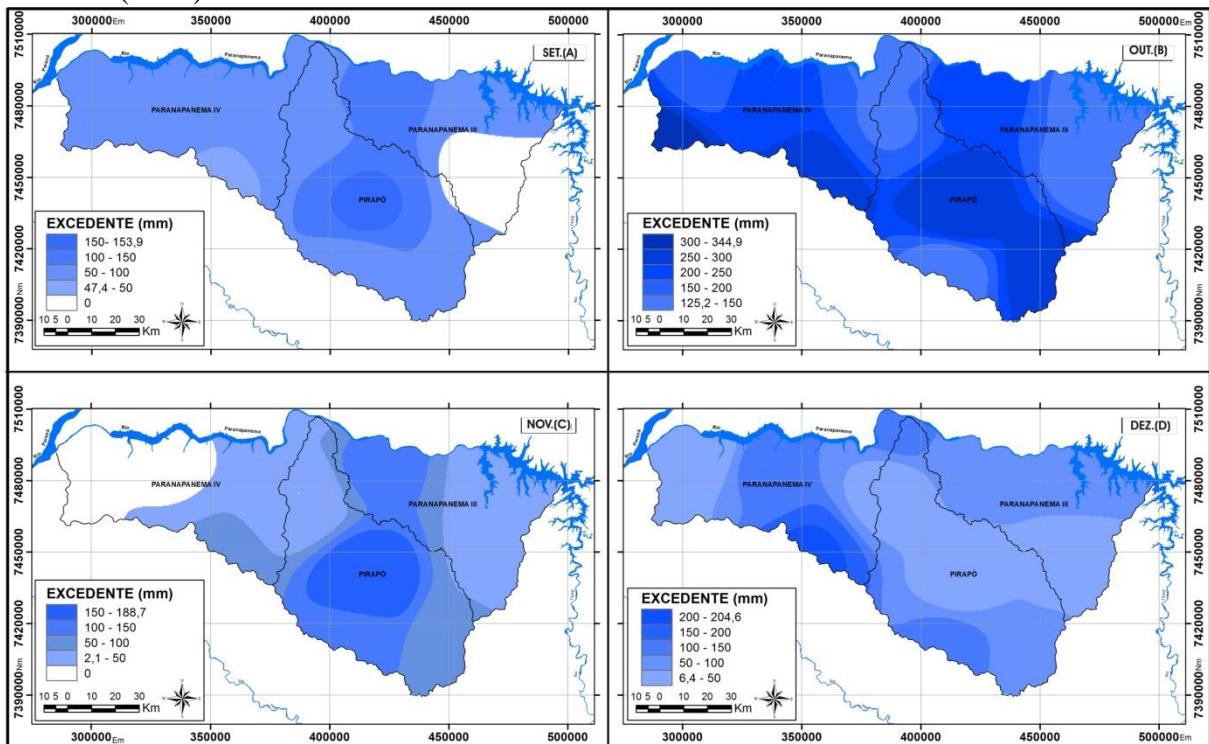
É possível observar os excedentes para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro na **Figura 42**. O mês de setembro, os valores variaram de 41 a 153,9 mm. Os valores máximos foram registrados nas áreas centrais da porção inferior da bacia do Pirapó e grandes porções leste da bacia do Paranapanema III não registraram excedentes (**Figura 42 A**).

No mês de outubro, ocorreu o maior volume de excedente para todo o ano de 2009 (chuvoso) com 344,89 mm de máximos e as mínimas registradas foram 131,3 mm. Os volumes mais baixos foram visualizados a leste da bacia do Paranapanema III e nos setores norte do Pirapó. Os índices mais elevados atingiram toda a parte inferior da bacia do Pirapó, áreas na montante do Paranapanema III e sul e oeste da bacia do Paranapanema IV (**Figura 42 B**).

Para o mês de novembro, os máximos alcançados foram de 188,69 mm e os valores mínimos foram de 1,6 mm. As localidades que atingiram os valores mais elevados na porção central da bacia do Pirapó, com uma gradativa redução para o norte do Pirapó e do Paranapanema III. As áreas a oeste do Paranapanema IV e as localidades centrais próximo ao curso médio da bacia não apresentaram excedentes (**Figura 42 C**).

O mês de dezembro registrou como valor mínimo de excedentes 22,39 mm e os valores máximos atingiram 204,50 mm. O maior valor foi encontrado em Paranaíba setor sul da bacia do Paranapanema IV. Toda a bacia do Paranapanema III obteve os menores volumes de excedentes para este mês (**Figura 42 D**).

Figura 42 - Distribuição do excedente hídrico mensal, setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para o ano chuvoso (2009)



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que a precipitação para a série histórica (1976-2014) na unidade hidrográfica que compreende as bacias do Paranapanema III, IV e Pirapó oscilou de 1250 a 1900 mm. Observa-se que nessa unidade hidrográfica, as estações do ano que receberam os maiores volumes de chuvas foram o verão com 33%, seguido da primavera com 31%. Já o inverno foi a estação mais seca com 16% do total e o outono com 20%.

A técnica do ano padrão mostrou que os anos considerados secos foram 1984, 1985, 1988 e 1991. Os tendendo a seco são 1977, 1978, 1981, 1994, 1999, 2005, 2006 e 2010. Os anos classificados como chuvosos foram 1976, 1983, 1990, 1998 e 2009. Os anos tendendo a chuvoso foram 1980, 1982, 1986, 1987, 1989, 1992, 1997, 2012 e 2013. E, por fim, os anos classificados como habitual foram os anos de 1979, 1993, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007, 2008, 2011 e 2014. Esses resultados confirmam que a unidade hidrográfica é marcada por fortes variações na precipitação recebida ao longo da série histórica analisada, características da zona de transição climática.

Os resultados do balanço hídrico para a série histórica (1976-2014) mostraram que as áreas da bacia que estão mais sujeitas a secas são aquelas que se localizam no setor norte do rio Pirapó, os quais envolve os municípios de município de Paranacity e Jardim Olinda e também áreas que compreendem o município de Cambé no setor sudeste da bacia do Paranapanema III e na bacia do Paranapanema IV, nas áreas a leste que se limitam com a bacia do Pirapó, sendo que os valores dos déficits nestas áreas alcançam os 15 mm.

A bacia que recebeu o maior volume de excedente foi o Pirapó, no setor sul, alcançando os 690,12 mm anuais. Esse volume de excedente indica que o relevo seja o principal fator para essa concentração. Nas bacias do Paranapanema III e IV, os maiores valores (500 mm) de excedentes foram encontrados próximos as nascentes dos rios.

Os períodos mais críticos compreendem a estação do inverno com 10,8 mm de déficits, localizados na jusante do rio Pirapó. As bacias do Paranapanema III e IV registraram valores que variaram de 0,7 a 5 mm acumulados para o inverno. O maior valor de excedente foi observado no verão com 239,7 mm, localizado no setor sul da bacia do Pirapó.

Mensalmente o período mais seco foi agosto (23,25 mm de déficit) e julho (6,7 mm de déficit), os meses mais úmidos foram janeiro (130,69 mm de excedente), fevereiro (105,89 mm de excedente) e dezembro (96,69 mm de excedente). Os maiores déficits foram encontrados nos setores da jusante do Paranapanema III e IV e do Pirapó, e os maiores excedentes ocorreram nos setores das nascentes dos rios das três bacias.

Para o ano seco (1988), os resultados do balanço hídrico apontaram que as áreas mais suscetíveis à seca, foram às áreas centrais da bacia do Pirapó, no município de Iguaraçu, e no Norte da bacia do Pirapó, próximo ao município de Paranacity, e nas áreas a noroeste da bacia do Paranapanema IV, sendo que estas localidades atingiram 435,4 mm de déficits. Os locais na unidade hidrográfica que receberam os maiores valores de excedentes foi a porção sul da bacia do rio Pirapó e as áreas a leste da bacia do Paranapanema III com valores que atingiram os 375,3 mm de excedentes anuais.

Sazonalmente, o período mais seco do ano de 1988 foi o verão (220,5 mm de déficits) seguido da primavera (161,3 mm de déficits), o inverno (127,9 mm de déficits), e o outono (50,7 mm de déficits). Os períodos com maiores valores de excedentes ocorreram no outono (336,8 mm), e na primavera (100,4), evidenciando que sazonalmente o comportamento dos déficits e dos excedentes mostrou-se atípico para o ano seco (1988).

Mensalmente, para o ano de 1988, o maior volume de deficiência hídrica ocorreu em janeiro (114 mm de déficits), março (71,5 mm de déficits), novembro (77,3 mm de déficits) e dezembro (83,8 mm de déficits). É válido ressaltar que períodos secos no mês de novembro podem ser bastante prejudiciais para a agricultura, uma vez que as culturas de verão se encontram em uma fase vegetativa inicial. Também é importante considerar que para essa região, os meses de verão são também os mais quentes e por isso a evapotranspiração é mais elevada.

Para o ano chuvoso (2009) os resultados do balanço hídrico apontam que as áreas mais propícias à deficiência hídrica são aquelas localizadas no setor norte da bacia do Pirapó, oeste da bacia do Paranapanema III e leste da bacia do Paranapanema IV, atingindo os 136,2 mm de déficits. As áreas mais úmidas de toda a unidade hidrológica estão ao sul.

O período mais seco no ano de 2009 foi o outono, com 99,59 mm de deficiência hídrica. Essas secas nessa estação são preocupantes para a agricultura, pois correspondem às épocas de semeaduras ou as fases iniciais das culturas de inverno, ou seja, épocas em que as culturas dependem mais das chuvas para se desenvolver. Os períodos com maiores excedentes foram a primavera e o verão, sendo esses grandes volumes excedentes também preocupantes, considerando que volumes acima de 200 mm extrapolam a capacidade de armazenamento do solo e podem gerar escoamentos superficiais e, conseqüentemente a erosão.

Mensalmente, os períodos mais secos de 2009 foram março (50,4 mm de déficits), abril (87,6 mm de déficits) e maio (22,2 mm de déficits). Os meses mais úmidos foram janeiro (com 334,89 mm) e outubro (com 344,89 mm) de excedentes.

Observa-se que o ano chuvoso de 2009 pode ter sido mais prejudicial para as atividades agrícolas do que o ano seco. Se estas chuvas atingirem os períodos de colheitas elas podem causar grandes danos às lavouras, ou mesmo em outras fases vegetativas. Chuvas em excesso podem dificultar os tratos culturais, também causando prejuízo nas lavouras.

De maneira geral, independente do período e das escalas estudadas, os resultados apontaram que as áreas das nascentes dos rios são mais úmidas do que nas jusantes.

A pesquisa demonstrou que na unidade hidrográfica do Paranapanema III, IV, e Pirapó pode estar mais vulnerável aos períodos com chuvas em excessos do que com as secas. Uma

vez que as chuvas em excessos podem causar enchentes e inundações nas cidades e na agricultura pode causar erosão dos solos bem como a perda dos adubos aplicados nas plantas e nos solos.

REFERÊNCIAS

- ADAMUCHIO, J. G. **Respostas de um balanço hídrico devido às periodicidades e equações de estimativa do armazenamento da água no solo.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 253 p. 2011.
- AGUILAR, D. J.; KRUKER, J. M.; CALHEIROS, R. O.; SILVA, C. A. S. **Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico climático da região da Grande Dourados, MS.** Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, p. 150, 1986.
- ALFONSI, R. R. **Variabilidade e Mudanças Climáticas.** Agrometeorologia e sua Importância para uma Agricultura Racional e Sustentável. UEM, Maringá, p.215, 2000.
- ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil Investigaciones Geográficas, **Boletín del Instituto de Geografía**, UNAM, p. 7-30, 2011.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística.** São Leopoldo-RS: Editora Unisinos, 2003, 165p.
- ANDRIUCCI, L. R.; SANT' ANNA NETO J. L.; FERREIRA, M. E. M. C. Análise da Variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do Rio Pirapó. **Boletim de Geografia**, Maringá, PR. v.20, p.41-57, 2002.
- ANJOS, I. B.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, T. N. Estudo da precipitação pluviométrica e balanço hídrico de Maringá. **Boletim de geografia**. Maringá, PR. p.115-128, 2001.
- ARAUJO, A. P. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema.** Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-Campus de Presidente Prudente, SP, 2011.
- ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R. VIOLA, M. R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, (Suplemento), Lavras, MG. p.906-915, 2009.
- AZEVEDO, L. C; ANDRADE, A.R; SOUSA, P; NERY, T. J. A influência do fenômeno El niño na vazão da bacia do rio Iguaçu-PR. **Perspectiva Geográfica**. Maringá, PR, ano 1, nº 2, p.51- 65, 2006.
- BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica da bacia do Rio Ivaí - PR.** 2006. 153f. Tese (Doutorado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2006.

BALDO, M. C.; SILVEIRA, H. A Contribuição dos Estudos Climáticos para o Plano de Manejo do Parque Municipal Cinturão Verde, Cianorte – PR. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Viçosa, 2009, 20p.

BALDO, M. C.; GALIANI, D. L. A.; DZIUBATE, E. R. Análise da deficiência e do excedente hídrico em anos atípicos na bacia do rio Pirapó-Pr. **Revista Geonorte**. Manaus, MA, edição especial 2, v.1, p.1266 - 1277, 2012.

BARHT, F. T.; BARBOSA, W. E. S. **Recursos Hídricos**. São Paulo, 1999.

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000. **Anais**; Rio de Janeiro, 2000, p.612-619.

BEREZUK, A. G.; GARCIA, M. R. Estudo de tendências do ritmo pluviométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo-MS. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba v. 9, p.7-20, 2011.

BISPO, E. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; COSTA, J. C. G. Balanço Hídrico da Região de Marinópolis, SP. **Congresso de iniciação científica da Unesp, XVIII**. CD-ROM. ISBN 85-88792-05-2. Jaboticabal, 2006.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2000.

BORSATO, V. A. SANT’ANNA NETO, J. L. Caracterização e análise da produtividade do trigo relacionado à pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Boletim de Geografia**. UEM, Maringá, PR, v. 20, n, 1, p.33-57, 2002.

BORSATO, V. A. **A Participação dos Sistemas Atmosféricos Atuantes na Bacia do Auto Rio Paraná no Período de 1980 a 2003**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Nupélia, UEM: Maringá, 2006.

BORSATO, V. A. BORSATO F. H, A dinâmica atmosférica e a influência da tropicalidade no inverno de 2007 em Maringá PR – Espacial. In: **Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Evolução Tecnológica e Climatológica**. Universidade Federal de Uberlândia. Eixo 5 – Técnica em Climatologia - CD-ROM. Agosto, 2008.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. A Participação dos Sistemas Atmosféricos Atuantes na Bacia do Rio Paraná no Período de 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, v. 07, n.1, p.83-102, 2010.

BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica no Centro-Sul do Brasil no verão e as influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.22, n.1, p.135-157, 2011.

BORSATO, V. A.; e HIERA, M. D. Onda de calor em outubro de 2014 e os sistemas atmosféricos. **Revista Equador (UFPI)**. Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de

Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Vol. 4, Nº 3, (2015).

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. A Participação da Massa Tropical Atlântica no Estado do Tempo no Centro Sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Manaus, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p.293-304, 2012.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. Participação da Massa Polar Atlântica na Dinâmica dos Sistemas Atmosféricos no Centro Sul Do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 113-130, jan./abr. 2015.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A S. Bacias hidrográficas e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C., GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.153-192, 2004.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. Caracterização da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema III - PR. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Aracajú, p.1-7, 2004.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONAD, L.; ZANI, H.; SILVEIRA, H. Caracterização da precipitação pluviométrica e da água disponível das principais classes de solos encontrados na bacia do Paranapanema III – PR. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo, p. 5093-5102, 2005.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. Determinação do risco de queda de safra usando parâmetros edafoclimáticos na bacia hidrográfica do Paranapanema III - PR. In: **Anais do V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física, Santa Maria**, p.1256-1271, 2008.

CARAMORI, P. H. Caracterização Climática. In: Instituto Agrônomo do Paraná. Potencial de uso agrícola das áreas de várzea do estado do Paraná: bacia hidrográfica do baixo Ivaí. **Boletim Técnico**. Londrina, n.24, v.1, p.65-69, 1989.

CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S.; CAVIGLIONE, J. H.; OLIVEIRA, D.; FARIA, R. T.; LOLLATO, M. A.; MARIOT, E. J.; KRANZ, W. M.; PARRA, M. S.; BIANCHINI A. Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.477-485, 2001.

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO J. L. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema**. 2013. 123f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2013.

CARVALHO, S. M. STIPP, N. A. F. Contribuição ao Estudo do Balanço Hídrico no Estado do Paraná: Uma Proposta de Classificação Qualitativa. **Geografia**, Londrina, v.13, n. 1, 2004.

CBH-PIRAPONEMA. **Comitê da Bacia hidrográfica do Rio Piraponema**. Disponível em: <http://parapanema.org/ugrh/comites/pr/cbhpiraponema/caracterizacao/>. Acessado em: 24 de abril de 2014. Às 09:30 horas.

CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Relatório elaborado em 15 de janeiro de 1998. www.ceptec.inpe.br.

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, p.95, 2007.

ENDLICH, Â. M. **Pensando os Papéis e significados das pequenas cidades do Noroeste do Paraná**. (Tese), Presidente Prudente, 2006.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48). Embrapa Soja, 2007, 10p.

FARIAS, C. **Variabilidade do excedente e da deficiência hídrica no período de 1976 - 2007 em Paranaíba, PR**, (monografia), Maringá, 2009.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. Pelotas: Editora da UFPel, 1999, 259p.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M E SILVA DIAS, M. A. F. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, p.89-98, 2004.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Regionalização das chuvas anuais na bacia do rio do Pardo-Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 143-158, 2014.

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

GRAÇA, C. H. **Comportamento endafoclimáticos em anos atípicos (secos e chuvosos) nos municípios de São Carlos e Floraí**. Universidade Estadual do Paraná. Monografia (mestrado), Maringá (PR), 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_uf.shtm. Acesso: em 18 de agosto 2015.

INSTITUTO AGUAS PARANÁ. **Instituto das Águas. Regimento Interno-Piraponema**, 2011 p.1. <http://www.aguasparana.pr.gov.br/search.php?query=piraponema&inst-bar-pesquisar-ubmit=&action=results>. Acesso em: 24 de abril de 2014. Às 10:00 horas.

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 >. Acesso em 15 de agosto de 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México : Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

Kuinchtner, A.; Buriol, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas. Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

LIMA, J.J.; CORSINI, P.C.; POLITANO, W. Condições hídricas de solos dispostos em uma toposequência no município de Rio Branco-Acre. **Científica**. Botucatu, v.6, p.53-60, 1978.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande- PB. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.8, p.105-117, 2011.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II- relações com a evaporação do tanque classe “a”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p.15-21, 1998.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Clima**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007, 207p.

MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Efeitos Orográficos na Ilha de São Sebastião-SP **Revista Brasileira de Climatologia**. Ilhabela, 9º Ed, p.68, 2011.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2001, 13p.

MONTEIRO, C. A. F. Clima: In: IBGE. **Geografia do Brasil**: grande região sul. Rio de Janeiro, 2º Ed, v. 4, 1968, 114-166p.

MONTEIRO, C. A. F. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul oriental do Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo – USP, **Série Teses e Monografias**, 1969.

MONTEIRO, 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.

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

NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F.; BALDO, M. C. Correlação da precipitação do Estado do Paraná com a anomalia da temperatura de superfície do mar no pacífico equatorial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 305-316, 2002.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. **Recursos naturais e ambientais**. IBGE, Rio de Janeiro, 1979, 252p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 421p.

NIMER, E; BRANDÃO, A. M. P. M. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 373-416, 1985.

NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. **Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul**. (Mestrado em Meteorologia) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2010, 166 p.

NUNES, E. L.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p.297-302, 2007.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1981, 425p.

ORTOLANI, A.; SIVEIRA PINTO, H.; PEREIRA, A. R.; ALFONSI, R. R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura**. São Paulo: Ministério da Indústria e Comércio. Instituto Brasileiro do Café, 1970, 2-27p.

PARANÁ – **Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**. Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná. Curitiba, 1998, 27p.

PAREDES, E. A. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó, através das áreas verticais**. DGE-UEM. Maringá-PR, 1984.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, 1997.

PINTO, H. S.; ZULLO JR, J.; ASSAD, E. D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.495-500, 2001.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1994.

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.

RANZANI, G. **Marcha anual da água disponível no Solo**. ESALQ/USP, Centro de Estudos do Solo, Piracicaba, São Paulo, 1971, 14p.

RIBEIRO, A. G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 5, n.1, p.91-135, 1987.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantina**, SP, v. 66, p. 257-533, 2007.

ROSSIN, B. G.; TOMMASELLI, J. T. G. **O clima como um fator de expansão para produção de cana-de-açúcar na região de Presidente Prudente-SP**. Presidente Prudente, 2007.

SAULO, C; RUIZ, J.; SKABAR, Y. G. Synergism between the Low-Level Jet and Organized Convection at Its Exit Region. **Monthly Weather Review**, v. 135, p.1310-1326, 2007.

SALIO, P., NICOLINI, M.; ZIPSER, J. Mesoscale convective systems over southeastern South American low-level jet. **Monthly Weather Review**, v. 135, p. 1290-1309, 2007.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. 156f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SANT'ANNA NETO, J. L., Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, p. 118-131, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, Uberlândia, v. 4, n.1, p. 51-72, 2008.

SANTOS, J. Z. A importância da variação do regime pluviométrico para a produção canavieira na região de Piracicaba-SP. **IGOG-USP (série Teses e Monografias n° 35)**. São Paulo, 1970.

SANTOS, R. L Estudo comparativo de dois métodos de análise climática utilizados na agricultura: a curva ombrotérmica e o balanço hídrico. **Boletim de Geografia Teorética**, v.25, p.253-266, 1995.

SANTOS, M. J. Z. Variabilidade e Mudanças e Mudanças Climáticas. **Mudanças Climáticas e o Planejamento Agrícola**. UEM, Maringá, p.77, 2012.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; et al. **Balanços hídricos climatológicos do Brasil**. Piracicaba, Esalq/USP, 1999, CDRoom.

SENTELHAS, P. C.: ANGELOCCI, L. R. Balanço Hídrico Climatológico Normal e Sequencial, de Cultura e para Manejo da Irrigação. **Meteorologia Agrícola**, ESALQ/USP, 2009.

SERRA, A.; RASTIBONNA, L. **As massas de ar da América do Sul**. Ministério da Agricultura, Serviço de Meteorologia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1942, 32p.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p.133-150, 1987.

SILVA DIAS, P. L. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul**. IV Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica UNIVAP, 1995.

SILVA DIAS, P. L. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul**. Curso de Interpretação de Imagens - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, UniVap, Outubro de 1997.

TARIFA, J. R. Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo Oeste Paulista. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, n.8. IGEOG/USP, 1973, 71p.

TARIFA, J. R.; PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R.; PEDRO JR., M. J. A Gênese dos Episódios Meteorológicos de Julho de 75 e a Variação Espacial dos Danos Causados pelas Geadas à Cafeicultura no Estado de S. Paulo. **Ciência e Cultura**, 29(12): p.1362-1374, 1977.

TEIXEIRA, A. H. C.; SOUZA, R. A.; RIBEIRO, P. H. B.; REIS V. C. S.; SANTOS M. G. L. Aptidão Agroclimática da Cultura da Videira no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p.1807-1929, 2002.

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**. 2012. 95 f. Monografia (Bacharelado). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TERASSI, P. M. B.; ALVES, F. C., GRAÇA, C. H. Disponibilidade hídrica e classificação climática para o município de Londrina, PR. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v, p.818-829, 2012.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**, v.1, n.20, p.111-128, 2013.

TERASSI, P. M. B. **Variabilidade Pluviométrica e a Erosividade na Unidade Hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, 2015.

TOMMASELLI, J. T. G.; BALDO, M. C.; SILVEIRA, H. Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense. In: **Anais. X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2004. CD-ROM. Sergipe: Universidade Federal/NPGeo, 2004.

TOMAZI, N. D. **“Norte do Paraná”: história e fantasmagorias**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Ed. universidade/UFRGS, p.256, 2002.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, 38: 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Centeton**, v.8, nº 1, p.1-86, 1955.

TREMOCOLDI, W. A. BRUNIN O. Caracterização Agroclimática das unidades da Secretaria de agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo: adamantina e região. **Boletim Técnico**, 2008.

VAREJÃO-SILVA M. A., **Meteorologia e Climatologia**. Instituto Nacional de Meteorologia Brasília, DF, p.515, 2000.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV. p.450, 2000.

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

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Análise preliminar da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV-PR. **In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Aracaju, p.1-7, 2004.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Caracterização da precipitação pluviométrica e da água disponível das principais classes de solos encontradas na bacia do Paranapanema IV –PR. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP – 05 a 09 de setembro de 2005**.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Aplicação de Índice de Seca para a Caracterização da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV - PR. **In: IV Seminário Latino Americano de Geografia Física**, Maringá, p.1-10, 2006.

ZANDONADI, L. Cartografia digital como subsídio à representação espacial do balanço hídrico: o caso da bacia do Paranapanema IV. **In: Anais do VII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP – Campus Rio Claro 27 a 30 de Novembro de 2007**.

ZANGRANDE, M.B. FEITOZA, L.R. VALLE, S.S. **Balanço Hídrico do Espírito Santo**. Cariacica, ES, p.1, 1978.