



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

CARLOS HENRIQUE DA GRAÇA

COMPORTAMENTO EDAFOCLIMÁTICO EM ANOS ATÍPICOS (SECO E CHUVOSO) NOS MUNICÍPIOS DE SÃO CARLOS DO IVAÍ E FLORAÍ – PR

MARINGÁ, PR
2013

CARLOS HENRIQUE DA GRAÇA

COMPORTAMENTO EDAFOCLIMÁTICO EM ANOS ATÍPICOS (SECO E CHUVOSO) NOS MUNICÍPIOS DE SÃO CARLOS DO IVAÍ E FLORAÍ – PR

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. HÉLIO SILVEIRA

MARINGÁ, PR
2013

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

G729c Graça, Carlos Henrique da
Comportamento edafoclimático em anos atípicos (seco e chuvoso) nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR / Carlos Henrique da Graça. -- Maringá, 2013.
145 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Silveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.

1. Comportamento edafoclimático - Municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR. 2. Anos padrão - Municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR. 3. Balanço hídrico - Municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR. 4. Produção agrícola - Municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR. I. Silveira, Hélio, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Título.

CDD 22.ed. 910.021

COMPORTAMENTO EDAFOCLIMÁTICO EM ANOS ATÍPICOS (SECO E CHUVOSO) NOS MUNICÍPIOS DE SÃO CARLOS DO IVAÍ E FLORAÍ-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 **18 de março de 2013**.

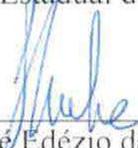
BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Paulo Nakashima
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. José Edézio da Cunha
(membro convidado)
UNIOESTE

Dedico

*aos meus pais
Edivaldo e Conceição...*

...e ofereço

*aos meus irmãos
Weferson e Rodrigo e,
especialmente, a minha
namorada Franciele.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me abençoado na conclusão de mais essa etapa de minha vida, dando-me força para continuar mesmo entre as minhas dificuldades e limitações. Ao meu orientador Prof. Dr. Hélio Silveira, hoje um grande amigo, levo os meus mais sinceros agradecimentos pelos vários anos de dedicação e incentivos que me trouxeram inúmeras conquistas, realizações, conhecimento e, principalmente, respeito pela pessoa, que mostrou bons exemplos de dedicação, responsabilidade e profissionalismo, além de orientador um grande professor.

A Maria de Lourdes O. F. Martins “Lurdinha”, mulher de grande coração, de conselhos precisos em experiência de vida e inigualável disposição para ajudar.

A professora Sônia Maria S. Stivari pela confiança e oportunidade de participar do projeto do “Sem Fronteiras”, que me trouxe motivação para continuar caminhando pelo conhecimento científico.

Ao Paulo Miguel de B. Terassi “Pouca Prática” pela ajuda, dedicação e responsabilidade que certamente levarei como um bom exemplo, pelos inúmeros trabalhos em conjunto e experiências compartilhadas, além das conversas “fiadas” entre os cafezinhos na cantina.

Aos amigos que trago desde a graduação Silvio Torrecilha, Rodrigo B. de Oliveira “Digão” e Emerson Avancini, pela plena disposição em ajudar e pelo incentivo durante esses anos de amizade.

Ao Marcio José Elias pela colaboração durante o trabalho de campo sendo nosso contato e guia dentro dos municípios estudados.

Ao Professor Dr. Cássio Tormena e o técnico Reinaldo do laboratório de Física do Solo do Departamento de Agronomia da UEM, pela disposição em realizar as análises de solo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

Aos meus familiares pelo incentivo.

Para àqueles que não tiveram seus nomes aqui mencionados peço desculpas, mas sintam-se plenamente agradecidos.

E finalmente, as pessoas mais importantes na minha vida.

Aos meus pais Edivaldo e Conceição pelos exemplos de vida, educação, dedicação, amor e por nunca terem poupado esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e realizar sonhos.

Aos meus irmãos Weferson e Rodrigo pela amizade e exemplos de dedicação e conquistas, saibam que sempre me espelhei em vocês. Também não poderia deixar de mencionar as minhas cunhadas Carina e Flávia. E a uma pessoa muito especial, minha namorada Franciele, que vem me acompanhando e me suportando durante estes dois últimos anos, anos nos quais, pude descobrir novas motivações e inspirações para sempre buscar ser mais e melhor, por ter ao meu lado alguém assim tão compreensiva e dedicada.

E novamente a Deus pela minha família e amigos.

Muito Obrigado!

*Seria mais fácil fazer como todo mundo faz.
O caminho mais curto, produto que rende mais.
Seria mais fácil fazer como todo mundo faz.
Um tiro certo, modelo que vende mais. (...)
(...) Mas nós vibramos em outra frequência
e sabemos que não é bem assim.
Se fosse fácil achar o caminho das pedras,
tantas pedras no caminho não seria ruim.*

*(Trecho da música “Outras Frequências”,
Engenheiros do Hawaii).*

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento edafoclimático dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai, situados sobre a zona de contato arenito-basalto. Para isso propõe-se aplicar o balanço hídrico edafológico visando determinar a marcha anual da água disponível para as principais classes de solos em anos atípicos (seco e chuvoso), buscando também, relacionar essas informações com os períodos das safras dos principais cultivos agrícolas nos municípios, para identificar possíveis relações com a produtividade. A área de estudo localiza-se entre as coordenadas 23°15' a 23°28'07" de latitude sul e 52°13'07" a 52°37'45" de longitude oeste, abrangendo uma área conjunta de 417,3 Km². Os principais métodos utilizados foram - determinação da água disponível nos solos (EMBRAPA, 1997); estimativa de temperatura média (PINTO; ALFONSI, 1974); determinação dos anos padrão (MONTEIRO, 1976) e balanço hídrico edafológico (RANZANI, 1971). Os resultados obtidos mostraram que os solos que se desenvolveram sobre o basalto, Nitossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Eutroféricos, apresentam boas características físicas, químicas e alta capacidade de água disponível, com 306,06 mm e 284,69 mm, respectivamente. Já os solos formados sobre o arenito, Argissolos e Latossolo Vermelhos Distróficos, apresentaram características estruturais mais fragilizadas devido às altas concentrações de areia total (> 60%), baixa fertilidade e capacidade de armazenamento de água, com valores de 123,86 mm e 148,04 mm, respectivamente. Para a precipitação os maiores valores anuais, superiores a 1.530 mm, se concentraram a nordeste de Florai e sul de São Carlos do Ivaí, enquanto que os menores valores, inferiores a 1.455 mm, são encontrados no extremo noroeste de São Carlos do Ivaí. As estações mais chuvosas foram o verão (500 mm) e a primavera (450 mm), enquanto que os menores valores estão concentrados nas estações do outono (320 mm) e inverno (240 mm). O mês mais chuvoso foi janeiro com média de aproximadamente 200 mm e o mais seco foi agosto com média de 57 mm anuais. Quanto à distribuição da temperatura as maiores médias, superiores a 22 °C, foram encontradas nas porções mais baixas do relevo, inferiores a 300 m de altitude, concentradas principalmente ao sul e sudoeste de São Carlos do Ivaí, enquanto que as menores médias, inferiores a 20,6 °C, estão atreladas as maiores altitudes, superiores a 500 m, encontradas na porção leste e nordeste de Florai. O mês mais quente foi fevereiro, com média de 24,7° C, e o mês mais frio foi junho, com média de 17°C. Os anos atípicos mais chuvosos foram 2009, 1983 e 1997, e os mais secos foram 1988, 1991 e 1985, sendo escolhidos como os anos mais representativos para a aplicação do balanço hídrico apenas os anos de 1888 (seco) e 2009 (chuvoso). O comportamento edafoclimático nos municípios mostrou que as porções mais propensas a apresentar riscos quanto à queda de produtividade agrícola quando ocorrem valores pluviométricos abaixo ou acima da normal climatológica da região foi o noroeste de São Carlos do Ivaí (setor I), nordeste de Florai (setor III) e norte de ambos os município (setor IIb, IIc), onde também foram encontrados as maiores ausências de água em profundidade no perfis dos solos, que representou o principal fator que levou a queda de produtividade entre as safras de (1987/1988, 1988/1989, 2008/2009 e 2009/2010). Conclui-se que independentemente do ano, se muito seco ou muito chuvoso, o comportamento edafoclimático mostrou-se com um padrão delineado nos municípios, principalmente, onde predominam os Argissolos e Latossolo Vermelhos Distrófico, que entre os solos analisados foram os que apresentaram os maiores valores de excedente e deficiência hídrica, e também, as maiores ausência de água nos perfis em profundidade. Tais comportamentos denotam uma situação bastante crítica do ponto de vista edafológico nas porções dos municípios onde ocorrem esses solos, já que muitas plantas, dependendo da época de desenvolvimento podem sofrer sérios danos que vão proporcionar queda na produtividade agrícola, assim como foi observada nos anos atípicos (seco e chuvoso) que mostraram queda de produtividade em pelo menos um dos cultivos analisados.

Palavras-chave: Comportamento edafoclimático, anos padrão, balanço hídrico, produção agrícola, municípios de São Carlos do Ivaí e Florai.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the behavior edaphoclimatic of the municipalities of São Carlos Ivaí and Florai, located above the contact zone sandstone-basalt. For that it is proposed apply the water balance edaphological to determine the annual march of the available water for major soil class in atypical years (dry and rainy), also seeking to relate this information with the periods of harvest of the main crops in the municipalities, to identify possible relationships with productivity. The study area is located between the coordinates 23°15' to 23°28'07" south latitude and 52°13'07" to 52°37'45" west longitude, covering a total area of 417.3 km². The main methods used were - determining the available water in soil (EMBRAPA, 1997); estimate of average temperature (PINTO e ALFONSI, 1974); determining years pattern (MONTEIRO, 1976) and water balance edaphological (RANZANI, 1971). The results showed that the soils that developed on basalt, Alfisol and Oxisol Red Eutroferic, exhibit good physical, chemical and high available water capacity, with 306,06 mm and 284,69 mm, respectively. Already the soils formed on sandstone, Ultisols and Oxisols Red Dystrophic, showed structural characteristics more fragile due to high concentrations of sand (60%), low fertility and water storage capacity, with values of 123,86 mm and 148,04 mm, respectively. For the precipitation the higher values annual, exceeding 1.530 mm, concentrated northeast of Florai and south of the São Carlos Ivaí, while the lowest values, below 1.455 mm, are found in the far northwest of São Carlos Ivaí. The rainiest stations were summer (500 mm) and spring (450 mm), while the lowest values are concentrated in the autumn (320 mm) and winter (240 mm). The wettest month was january with an average of approximately 200 mm and the driest was august with an average of 57 mm annual. How much the temperature distribution the highest averages in excess of 22 ° C, were found in the lower portions of the relief, below 300 m altitude, concentrated mainly in the south and southwest of the São Carlos Ivaí, while the lowest average, lower than 20.6 ° C, are linked to higher altitudes, above 500 m, found in the eastern and northeastern Florai. The hottest month was february with average of 24,7°C, and the coldest month was june, with an average of 17°C. The atypical years wettest were 2009, 1983 and 1997, and the driest was 1988, 1991 and 1985, being chosen as the most representative year for the application of water balance only the years 1888 (dry) and 2009 (rainy). The behavior edaphoclimatic in municipalities showed that the portions more likely to present risks how much the drop in agricultural productivity when rainfall values occur below or above the climatological normal for the region was the northwest of São Carlos Ivaí (sector I), northeast of Florai (sector III) and north of both the municipality (sector IIb, IIc), where also were found larger absence of water depth in the soil profiles, which represented the main factor that led to decreased productivity among crops (1987/1988, 1988/1989, 2008/2009 and 2009/2010). It is concluded that regardless of the year, if too rainy or too dry, behavior edafoclimático showed up with a standard outlined in the municipalities, primarily, where the predominate Ultisols and Oxisols Red Dystrophic, that among the soils analyzed were those with the highest values of surplus and water deficiency, and also the largest in the absence of water depth profiles. Such behaviors denote a situation quite critical from the standpoint edafologic in portions of the municipalities where occur these soils, since many plants, depending on the time of development can suffer serious damage that will provide drop in agricultural productivity, as was observed in atypical years (dry and rainy) have shown decreased productivity in at least one crop analyzed.

Keywords: Behavior edaphoclimatic, standard years, water balance, crop production, the municipalities of São Carlos Ivaí and Florai.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.....	24
Figura 2 – Unidades Litoestratigráficas dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.	27
Figura 3 – Hipsometria dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.....	29
Figura 4 – Formas do relevo características aos patamares de interflúvio sobre o basalto, município de Florai – PR.....	30
Figura 5 – Classes de declividade dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.	30
Figura 6 – Formas do relevo características sobre o arenito da Formação Caiuá, município de São Carlos do Ivaí – PR.....	31
Figura 7 – Principais tipos de solos dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.....	32
Figura 8 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá – PR.	33
Figura 9 – Cobertura vegetal e uso da terra para ano de 2011 nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.	36
Figura 10 – Evolução da população residente nos municípios de São Carlos do Ivaí (A) e Florai (B) para o período de 1970 a 2010.....	39
Figura 11 – Evolução da área plantada dos principais cultivos agrícolas no município de São Carlos do Ivaí – PR.....	41
Figura 12 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes no município de São Carlos do Ivaí – PR.....	43
Figura 13 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes por setor da economia no município de São Carlos do Ivaí – PR.....	44
Figura 14 – Evolução da área plantada dos principais cultivos agrícolas no município de Florai – PR.....	46
Figura 15 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes no município de Florai – PR.....	48
Figura 16 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes por setor da economia no município de Florai – PR.	49
Figura 17 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	50
Figura 18 – Localização dos postos pluviométricos e estação meteorológica de Paranavaí sobre a hipsometria da região.	57
Figura 19 – Dispersão e nível de correlação dos valores de temperatura média mensais para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai e estação meteorológica de Paranavaí.	59
Figura 20 – Delimitação das áreas homogêneas representativas para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai.	62
Figura 21 – Delimitação das áreas homogêneas representativas sobrepostas ao mapa de solos dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai.	62
Figura 22 – Perfil representativo do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.	72

Figura 23 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Latossolo Vermelho Distrófico.	74
Figura 24 – Perfil representativo do ARGISSOLO VERMELHO Distrófico.	78
Figura 25 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Argissolo Vermelho distrófico.	79
Figura 26 – Perfil representativo do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico.	83
Figura 27 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Latossolo Vermelho Eutroférico.	84
Figura 28 – Perfil representativo do NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico.	88
Figura 29 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Nitossolo Vermelho Eutroférico.	89
Figura 30 – Distribuição da precipitação média anual para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).	93
Figura 31 - Variabilidade interanual da precipitação nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).	94
Figura 32 - Desvio médio da precipitação anual nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).	95
Figura 33 – Distribuição da pluviosidade média sazonal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).	97
Figura 34 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): janeiro (A); fevereiro (B); março (C); abril (D).	99
Figura 35 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): maio (E); junho (F); julho (G); agosto (H).	101
Figura 36 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): setembro (I); outubro (J); novembro (K); dezembro (L).	103
Figura 37 – Distribuição da temperatura média anual para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai.	104
Figura 38 – Distribuição da temperatura média sazonal: verão (A); outono (B); inverno (C); primavera (D).	106
Figura 39 – Distribuição da temperatura média mensal: janeiro (A); fevereiro (B); março (C); abril (D).	108
Figura 40 – Distribuição da temperatura média mensal: maio (E); junho (F); julho (G); agosto (H).	110
Figura 41 – Distribuição da temperatura média mensal: setembro (I); outubro (J); novembro (K); dezembro (L).	112
Figura 42 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (1987/1988).	116
Figura 43 – Comportamento da água disponível no perfil do Argissolo Vermelho Distrófico (1987/1988).	116
Figura 44 – Comportamento da água disponível nos perfis de Nitossolo e Latossolo Vermelho Eutroférico nos diferentes setores (1987/1988).	117

Figura 45 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (1987/1988).....	118
Figura 46 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 1987/1988 nos municípios.....	119
Figura 47 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 1987/1988 nos municípios.....	120
Figura 48 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (1988/1989).....	121
Figura 49 – Comportamento da água disponível nos perfis de Nitossolo Vermelho Eutroférico (1988/1989).....	122
Figura 50 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (1988/1989).....	123
Figura 51 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 1988/1989 nos municípios.....	124
Figura 52 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 1988/1989 nos municípios.....	125
Figura 53 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (2008/2009).....	126
Figura 54 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (2008/2009).....	127
Figura 55 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 2008/2009 nos municípios.....	128
Figura 56 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 2008/2009 nos municípios.....	129
Figura 57 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (2009/2010).....	130
Figura 58 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (2009/2010).....	131
Figura 59 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 2008/2009 nos municípios.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área ocupada com cada tipo de cobertura vegetal e uso da terra nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí – PR.....	35
Tabela 2 – Evolução da população residente no município de São Carlos do Ivaí – PR.	40
Tabela 3 – Evolução da pecuária no município de São Carlos do Ivaí – PR.	42
Tabela 4 – Evolução da população residente no município de Floraí – PR.	45
Tabela 5 – Evolução da pecuária no município de Floraí – PR.	47
Tabela 6 – Total de amostras indeformadas coletadas por perfis e horizontes dos solos.....	52
Tabela 7 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Latossolo Vermelho distrófico.	76
Tabela 8 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Argissolo Vermelho Distrófico.	81
Tabela 9 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Latossolo Vermelho Eutroférico.....	86
Tabela 10 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Nitossolo Vermelho Eutroférico.....	91
Tabela 11 – Valores médios sazonais das temperaturas estimadas em (°C).....	105
Tabela 12 – Valores médios mensais das temperaturas estimadas em (°C).	107
Tabela 13 – Produção total por safras dos principais cultivos agrícolas nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí para os anos representativos (seco e chuvoso).	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações sobre os nove postos pluviométricos e estação climatológica de Paranaíba – PR.	56
Quadro 2 – Calendário agrícola adaptado para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai - PR.	65
Quadro 3 – Classificação da pluviosidade em anos padrão para os postos pluviométricos e estação meteorológica de Paranaíba.	114

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	24
3.1 Localização da área de estudo	24
3.2 Aspectos do meio físico	25
3.2.1 Clima	25
3.2.2 Geologia	25
3.2.3 Relevo.....	28
3.2.4 Pedologia	31
3.2.5 Vegetação	32
3.2.6 Cobertura vegetal e usos da terra (maio de 2011)	33
3.3 Histórico de ocupação	37
3.4 Aspectos socioeconômicos	40
3.4.1 São Carlos do Ivaí	40
3.4.2 Florai.....	44
4 MATERIAL E MÉTODO	50
4.1 Escolha da área de estudo	51
4.2 Cartas topográficas e mapa de solo	51
4.3 Trabalho de campo	51
4.4 Análises laboratoriais	52
4.4.1 Análise granulométrica.....	53
4.4.2 Densidade do solo.....	53
4.4.3 Análise de macronutrientes	53
4.4.4 Água disponível nos solos	54
4.5 Levantamento de dados climáticos	56
4.5.1 Precipitação pluviométrica	56
4.5.2 Temperatura do ar.....	58
4.6 Escolha dos anos padrão (seco e chuvoso)	59
4.7 Delimitação das áreas homogêneas: precipitação pluviométrica e temperatura	61
4.8 Balanço hídrico edafológico	63
4.9 Tipos de cultura e produção agrícola	64
4.10 Elaboração das bases cartográficas	65
4.10.1 Base político-administrativa dos municípios.....	66

4.10.2 Mapas de Pluviosidade (Isoietas)	66
4.10.3 Mapa de Unidades Litoestratigráficas	67
4.10.4 Mapa Hipsométrico	67
4.10.5 Mapas de Temperatura (Isotermas)	67
4.10.6 Mapa de Declividade	68
4.10.7 Hidrografia	68
4.10.8 Mapa de Tipos de Solos.....	68
4.10.9 Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra	69
4.10.10 Áreas Urbanas e Rodovias.....	70
4.10.11 Mapas de Excedente e Deficiência Hídrica	70
4.11 Cálculos estatísticos	70
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
5.1 Análise dos perfis representativos dos solos.....	71
5.1.1 LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	71
5.1.2 ARGISSOLO VERMELHO Distrófico	77
5.1.3 LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico	82
5.1.4 NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	87
5.2 Análise das variáveis climáticas: precipitação pluviométrica e temperatura do ar	92
5.2.1 Distribuição da pluviosidade média anual, interanual, sazonal e mensal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí.....	92
5.2.2 Distribuição da temperatura média anual, sazonal e mensal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí	104
5.3 Análise dos anos padrão (1980 – 2010)	113
5.4 Comportamento edafoclimático nos anos atípicos (seco e chuvoso)	115
5.5 Produção agrícola e comportamento edafoclimático nos municípios.....	132
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
REFERÊNCIAS	138

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos fatores climáticos combinados com as características edáficas dos solos contribui para potencializar a produção agrícola e nortear o desenvolvimento de muitas atividades socioeconômicas em diversas regiões. Para tanto, estudos detalhados da variabilidade climática contribuem para estabelecer se o sistema de cultivo agrícola será ou não tolerante à quantidade de água que a região recebe ao longo do ano.

A precipitação é o principal elemento climático para a agricultura nas regiões tropicais, tendo uma relação direta com a quantidade e qualidade da produção, sendo importante desde o preparo do solo para o plantio, no processo de formação da planta e até na colheita. A falta de chuva em determinados períodos do cultivo pode prejudicar o crescimento das plantas e, com isso, levar a uma baixa produtividade ou, até mesmo, a perda total da lavoura. Do mesmo modo, o excesso de chuvas também proporciona prejuízos às lavouras, principalmente, no momento da colheita, podendo ocasionar a germinação dos grãos ainda no campo, levando a perda da qualidade do produto ou mesmo a sua inutilidade ao consumo humano.

Nesse contexto, o conhecimento dos diferentes tipos de solos de uma região, também é fundamental, pois características como textura, porosidade, permeabilidade, capacidade de infiltração, dentre outros, determinam a capacidade de retenção de água em seus perfis, que será a responsável por manter durante os períodos de estiagem, não muito prolongados, a demanda de água para nutrir as plantas.

Na região norte e noroeste do Paraná, onde estão inseridos os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí, apesar de já possuírem um sistema produtivo bem desenvolvido, sendo consideradas como uma das principais regiões produtoras de grão e de cana-de-açúcar do Estado apresentam algumas características, tanto climáticas quanto pedológicas, que podem influenciar diretamente na produção agrícola e nos tipos de usos mais recomendados para os solos.

Climaticamente esta região situa-se numa zona de transição onde ocorrem diversos sistemas de circulação atmosférica (polares e tropicais) que atuam com maior ou menor intensidade, sendo um dos principais fatores responsáveis por proporcionar uma grande variabilidade na distribuição das chuvas, fazendo com que a média anual da precipitação na região seja uma das menores do Estado, oscilando em torno de 1.300 mm contra os 2.000 mm em quase todo o restante do território paranaense. Além da transição climática, essas regiões ainda apresentam uma grande diversidade de solos, em virtude de também ser uma área de

transição geológica, onde há o contato entre o arenito da Formação Caiuá e o basalto da Formação Serra Geral. Os solos derivados dessas litologias exibem propriedades, físicas, químicas, e hídricas bem distintas, que demandam cuidados específicos, principalmente os solos derivados do arenito.

Os tipos de solos que ocorrem na região sobre o basalto são basicamente os Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos, ambos com textura argilosa a muito argilosa, caracterizados por possuírem boa capacidade de armazenamento de água. Já os solos que ocorrem sobre o arenito são predominantemente os Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos de textura média e arenosa/média, respectivamente, que detêm uma baixa capacidade de retenção de água, devido as suas características morfológicas, principalmente as físicas.

Partindo do princípio que as variações que ocorrem entre o clima e os solos influenciam diretamente no setor agrário e, conseqüentemente, no desenvolvimento econômico das cidades, objetiva-se com esse estudo analisar o comportamento edafoclimático dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai, situados sobre a zona de contato arenito-basalto. Para isso propõe-se aplicar o balanço hídrico edafológico visando determinar a marcha anual da água disponível para as principais classes de solos em anos atípicos (seco e chuvoso), buscando também, relacionar essas informações com os períodos das safras dos principais cultivos agrícolas nos municípios, para identificar possíveis relações com a produtividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil, por ser um país com dimensões continentais sofre de modo diferenciado a influência dos diversos elementos climáticos, que interferem diretamente sobre as características edáficas¹ dos solos e, conseqüentemente, nos modos de produção de cada região, sobretudo na produção agrícola. Para Frades (1994) o potencial ecológico das paisagens pode ser representado pelas condições climáticas e características edáficas, como integrante do processo produtivo agrário e, por isso também, responsável pela organização e exploração do ambiente. Desse modo, conhecer o ambiente, caracterizado pelo clima e solos, é primordial para o desenvolvimento de uma agricultura produtiva e rentável. Assim, quanto melhor for o conhecimento do ambiente, mais apto se estará para a escolha das culturas mais adequadas, das melhores épocas de plantio, das melhores variedades, dos sistemas de cultivo mais racionais, a fim de se implantar uma atividade agrícola viável (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; CECÍLIO *et al.*, 2003).

Dentro desse processo, o manejo adequado dos solos cultivados é de suma importância para manter ou alterar o mínimo possível às propriedades edáficas dos solos, mantendo-as adequadas ao bom desenvolvimento das culturas, principalmente aquelas que, modificadas, podem ocasionar problemas, tais como: compactação, redução na infiltração de água no solo, retenção de água, porosidade e agregação.

A partir deste entendimento integrado, os solos devem ser apreendidos como um elemento natural diretamente relacionado com os aspectos climáticos, litológicos, de vegetação, seu uso inadequado pelo homem ocasiona a perda de propriedades nutricionais, processos erosivos provocados pela remoção da cobertura vegetal e compactação proveniente da utilização de maquinário agrícola ou pisoteio do gado (LEPSCH, 2002). Em ambas as condições, há o favorecimento do escoamento superficial, condição que pode ser agravada em solos cuja saturação ocorra de maneira mais rápida e também em solos mais susceptíveis aos processos erosivos, como no caso dos solos derivados de rochas sedimentares que ocorrem no Noroeste do Paraná (GASPARETTO, 1999). A respeito disso Moreti (2003) ressalta a importância do solo como recurso natural e intensamente utilizado na produção de alimentos, podendo, por isso, ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, em decorrência do uso e manejo inadequados e também, pela variação dos elementos do clima.

¹ Edafologia é a ciência que estuda o solo como meio e substrato para o desenvolvimento vegetal, sendo mais interessada nas primeiras camadas dos solos, geralmente, até 1 metro de profundidade que é onde o solo concentra suas principais propriedades físicas e químicas para um bom estabelecimento e suporte da vegetação (COSTA, 2008).

No espaço agrícola, segundo Ribeiro (1993), o clima aparece como um condicionante do processo produtivo de modo que as culturas devem ser compatibilizadas com o tipo de oferta climática, sendo variável no tempo e no espaço. Camargo *et al.* (1974) ressaltam que apenas conhecendo as condições climáticas de determinada região, é possível se ajustar práticas agrícolas para o melhor aproveitamento dos recursos naturais, atendendo, assim, às exigências edáficas das culturas. Ometto (1981) completa que para o estudo da aptidão climática das espécies vegetais, é necessário o conhecimento de suas exigências climáticas e das condições do ambiente, ou seja, do solo que irão se desenvolver.

Obasi (1994) resalta que dentre as diversas condições climáticas que ocorrem diariamente no planeta, as secas ou períodos de estiagens prolongadas estão entre os mais danosos fenômenos do meio ambiente principalmente nos países tropicais. Por isso, são importantes estudos detalhados das variáveis climáticas que ajudem a determinar se o sistema de cultivo agrícola será ou não tolerante à quantidade de água que a região recebe e se o solo pode suportar as plantas por meio de sua água armazenada nos perfis durante o período de estiagem.

Baldo, Martins e Nery (2001) apontam que anualmente na região sul do Brasil observa-se uma variabilidade entre o período seco e úmido, isso devido os padrões de circulação diferenciados entre os dois períodos. Anualmente a precipitação encontra-se concentrada na porção central da região Sul e a leste do Paraná e Santa Catarina. O norte e noroeste do Paraná e a porção litorânea do Rio Grande Sul registraram os menores valores.

Com a aplicação do coeficiente de variação de Estienne e Godard (1970)², Nery, Baldo e Klosowski (1997) diagnosticaram que no Paraná ocorre uma distribuição homogênea da precipitação, porém no verão pôde-se observar uma maior concentração da precipitação nas regiões litorânea e nordeste do estado, que pode estar associada a maior influência da atuação de sistemas atmosféricos advindos do Atlântico Sul.

O Estado do Paraná está situado numa zona de transição climática onde atuam os sistemas polares e tropicais. Para Monteiro (1968) e Nimer (1989) tais sistemas atuam mais diretamente na formação dos tipos de tempo do norte/noroeste paranaense ao interagirem com os fatores geográficos, contribui na definição de climas em âmbito regional. A transição climática do norte/noroeste do Paraná e oeste de São Paulo são mencionados em diversos trabalhos, dentre estes já mencionados, os de Nimer (1977), Zavatinni (1983; 1985), Bernardes, Aguilar e Abe (1988), entre outros vários.

² ESTIENNE, G., GODARD, A. **Climatologie**. Paris: Armand Colin, 1970.

Zavatinni (1985) analisou as causas das variações pluviiais no oeste de São Paulo e norte do Paraná, relacionando-as com as principais correntes de circulação atmosféricas regionais atuantes. O centro do eixo de observação (Presidente Prudente) encontra-se numa zona transicional, que caracteristicamente é móvel devido aos fluxos tropicais e extratropical, que apresenta ligação com as variações do ritmo pluviial na área estudada, explicando os regimes pluviométricos contrastantes e interferentes ao longo deste eixo.

A frequência da ocorrência de veranicos³ no Paraná, analisada por Bernardes, Aguilar e Abe (1988), demonstrou que a menor frequência de sete dias sem chuva, ocorreu no litoral, aumentando do sul para oeste e norte/noroeste do Estado.

Na bacia do rio Pirapó, Andriucci, Sant'Anna Neto e Ferreira (2002), realizaram um estudo onde estabeleceram uma relação da tendência das chuvas com a produção agrícola na área comprovando que a irregularidade climática da região é influenciada não somente pelos diversos sistemas de circulação existente, mas também por fatores locais tais como a topografia, sendo que estes, mesmo com a entrada de intensa tecnologia agrícola na região, não são devidamente considerados para o planejamento agrícola.

Em âmbito mais local, Correa (2009) estudou a distribuição espacial da precipitação pluviométrica nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí em diferentes escalas de análise, dentro de uma perspectiva de contribuição para o planejamento agrícola.

A variabilidade na distribuição pluviométrica da região norte e noroeste do Paraná também foi estudada por Braido, Zandonadi e Silveira (2005) e Zandonadi, Braido e Silveira (2005), quanto aos riscos de queda de produção agrícola. Com os resultados observaram que além da variabilidade pluviométrica encontrada na bacia do Paranapanema III e IV, devido à situação geográfica em uma zona de transição climática próxima à linha do Trópico de Capricórnio, os diversos tipos de solos também demonstraram grande variação quanto à disponibilidade hídrica, tanto no decorrer do ano quanto em profundidade nos perfis. Para a área analisada os solos com textura mais grossa (arenosa e média) apresentaram maiores deficiências de água em seus perfis, principalmente nas épocas de maior estiagem. Entretanto, nos períodos chuvosos, estes mesmos solos apresentaram grandes excedentes de água, provocados também pelo tipo de textura que por ser mais grosseira, permite que a água circule mais rapidamente entre os poros, provocando o enchimento acelerado do perfil e aumentando o risco de processos erosivos e a conseqüente perda de solo.

³ Períodos de estiagem (dias consecutivos) durante a estação chuvosa, com dias de calor intenso e forte insolação caracterizam o fenômeno meteorológico denominado veranico, comum nas regiões meridionais do Brasil (CASTRO NETO; VILLELA, 1986).

Para análise do comportamento da água no solo, com seus índices de deficiência e excedente hídrico, é empregado o método de balanço hídrico que quantifica as relações entre entrada e saída de água no solo e que tem se mostrado uma maneira eficaz de relacionar os atributos climáticos aos parâmetros edafopedológicos.

O cálculo do balanço hídrico, nesse enfoque, é indispensável uma vez que é uma ferramenta capaz de monitorar a variação do armazenamento de água no solo tornando-se um importante indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região. Apresenta várias aplicações que são essenciais, para a agricultura como: a) caracterização e a comparação climática regional, quanto à disponibilidade hídrica média no solo; b) caracterização dos períodos de secas e seus reflexos na redução da produção agrícola; c) caracterização da aptidão hídrica regional para as culturas, visando à realização do zoneamento agroclimático e d) determinação das melhores épocas de semeadura, a fim de indicar as épocas menos sujeitas a restrições hídricas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Um dos métodos de cálculo do balanço hídrico amplamente utilizado é o de Thornthwaite e Mather (1955). Este método, porém, não considera as diferenciações da água retida nos diferentes horizontes do solo, adotando um valor médio para todo o pacote de alteração. Ranzani (1971) adaptou a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), considerando os diferentes valores de retenção de água nos horizontes do solo. Para tanto, são necessários ensaios que visam determinar este parâmetro para cada um dos horizontes de solo analisados. A partir deste método, é possível calcular o comportamento da lâmina d'água em diferentes tipos de solos, submetidos ao mesmo regime de chuvas. Assim o balanço hídrico edafológico consiste essencialmente na correlação de dois conjuntos: os que se referem às condições climáticas e os que traduzem os aspectos edafológicos (RANZANI, 1971).

Quanto à aplicação do balanço hídrico, Wrege, Gonçalves e Caramori (1997), utilizando-se de um modelo climatológico adaptado ao feijoeiro, concluíram que toda a região norte/noroeste do Paraná apresenta risco elevado de deficiência hídrica, ao passo que a região litorânea possui risco baixo. Sudo, Ferreira e Santos (1993) aplicaram o método de Thornthwaite e Mather (1955) para a região de Presidente Prudente – Pontal do Paranapanema constatando que houve disponibilidade de água no solo para as plantas no decorrer do ano dentro do período considerado.

Borsato e Sant'Anna Neto (2002) analisaram a produtividade do trigo associada à pluviosidade na bacia do Pirapó, concluindo que houve déficit de água no solo nos períodos de maior necessidade para as plantas, gerando queda de safras.

No entanto, deve-se ressaltar que a metodologia de balanço hídrico até aqui explicitada, considera a mesma capacidade de água disponível (CAD) para todos os tipos de solos, não oferecendo análise do comportamento hídrico de acordo com as características físicas de cada unidade pedológica.

Os balanços hídricos geralmente são estimados a partir dos componentes de entrada e saída de água no solo. Esta técnica consiste, segundo Ometto (1981), em contabilizar a água no solo, num processo em que a chuva representa a entrada de água no sistema e a evapotranspiração e a infiltração, a saída, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento ou retenção de água no solo.

Lima, Corsinni e Politano (1978) afirmam que solos de uma mesma região climática podem apresentar diferenças muito significativas provenientes das variações da capacidade que os solos apresentam em armazenar água. Pode-se assim afirmar, que os diferentes tipos de solos se comportam de maneira distinta em relação à água contida em seus poros. Contudo, segundo Carvalho *et al.* (1986), o estado de umidade do solo depende ainda do balanço entre aduções e consumo através dos processos conjuntos de evaporação e transpiração vegetal, podendo ser considerado como um reservatório de água para uso dos vegetais, evitando que nos períodos sem chuva venham a sofrer deficiência de umidade.

De acordo com Mello *et al.* (2002), a capacidade de água disponível (CAD) é a água presente no intervalo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), sendo que a CC representa o limite superior desse intervalo, aceito como conteúdo de água retido pelo solo depois que o excesso tenha sido drenado pela gravidade. O limite inferior é representado pelo PMP que se refere ao conteúdo de água presente no solo abaixo do qual a planta não consegue absorver pela forte retenção matricial. Ribeiro e Gonçalves (1990) definem capacidade de campo como o correspondente ao teor máximo de água que o solo úmido pode reter contra a ação da gravidade em condições normais de campo não perdido para a infiltração.

Para obter um maior detalhamento na CAD é preciso que se leve em consideração outros fatores, como a variabilidade espacial de atributos do solo, sua densidade e textura (MCGRAW, 1994), que variam devido aos processos de formação e às práticas de manejo aplicadas, podendo influenciar no resultado da capacidade de água disponível.

De acordo com Lima, Corsinni e Politano (1978) o aproveitamento da água armazenada pelo solo depende do comportamento dinâmico do sistema solo-planta-atmosfera. Quanto às características dos solos, a perda ou prejuízo na agricultura, nem sempre é devido a uma deficiência climática, esta pode ser devido uma deficiência edafológica. O clima para

uma região pode apresentar características uniformes, mas diferentes tipos de solos possuem diferentes valores para excedentes e deficiências de água, refletindo assim, de forma diferenciada sobre a produção agrícola.

Com a metodologia do balanço hídrico de Ranzani (1971), Lima, Corsini e Politano (1978) observaram as características edafológicas para determinar a aptidão agrícola de solos dispostos em uma topossequência no município de Rio Branco – Acre. Observaram, portanto, que dentre os quatro tipos de solos analisados, apenas um apresentou período de armazenamento diferenciado dos demais, em virtude de sua menor capacidade de retenção de água. Em termos de espessura da camada de água disponível nos perfis, os solos também apresentaram variação.

Carvalho *et al.* (1986) aplicaram esse mesmo método e constataram que diferentes unidades de solos da fazenda experimental “Presidente Médici” – Botucatu apresentaram diferentes deficiências de água nos perfis, os quais ocorreram nos mesmos períodos do ano. No entanto, houve variação em relação à profundidade da camada de solo sem água disponível.

Braido (2006); Zandonadi (2006) realizaram uma proposta de caracterização edafoclimática e risco de quebra de safra na bacia do Paranapanema III e IV. Essa caracterização possibilitou a compartimentação da área de estudo em unidades que apresentaram valores diferentes de excedente e deficiência hídrica para cada classe de solo nos anos identificados como atípicos seco (1985) e chuvoso (1997). Com isso, observaram que dentre os tipos de solos analisados nos anos atípicos para ambas as bacias, os solos arenosos foram os que apresentaram os maiores índices de deficiência hídrica no ano seco. Muito embora, esses solos também tenham apresentado os maiores valores de excedente hídrico para o ano chuvoso. Esses resultados foram atribuídos à baixa capacidade de retenção de água que os solos arenosos apresentam. Demonstrando que esses solos podem armazenar e perder água muito rapidamente dependendo das condições do clima a que estão expostos.

Seguindo nessa linha de pesquisa, Nakashima (2009) realizou uma caracterização edafoclimática numa topossequência de solos no ribeirão Quintino, Paranavaí – PR. Ao estudar o comportamento da lâmina d’água em condições extremas (anos seco e chuvoso), com aplicação do balanço hídrico edafológico na topossequência verificou-se uma alta vulnerabilidade dos solos a condições de baixa precipitação pluviométrica.

Também com a utilização do balanço hídrico edafológico, Braido (2010) propôs uma caracterização edafoclimática para a área do Pontal do Paranapanema – SP, associando esse método com a produção agrícola para apontar o risco de redução de safra dos principais

culturas agrícolas da região em anos extremos, com isso, conseguiu demonstrar que no ano considerado seco (1985) houve redução na produção quando comparada com o ano assinalado como chuvoso (1983).

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo corresponde aos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai que estão inseridos, respectivamente, nas mesorregiões noroeste e norte central do Estado do Paraná (IBGE, 2009). Os municípios estão situados entre os paralelos de 23°15' a 23°28'07" de latitude sul e os meridianos de 52°13'07" a 52°37'45" de longitude oeste. Possuem uma área conjunta de aproximadamente 417,3 Km² (Figura 1).

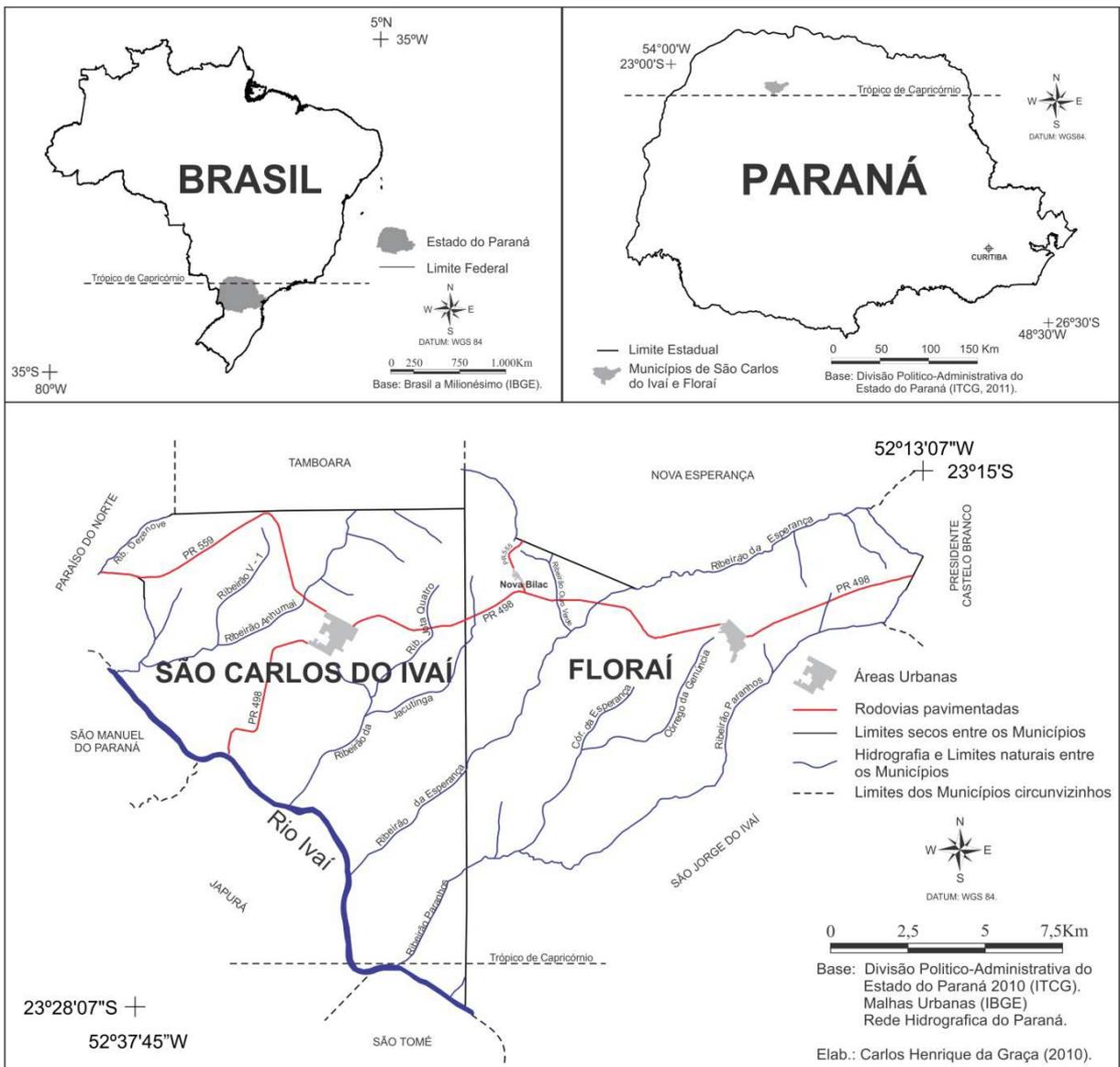


Figura 1 - Localização dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.

O município de São Carlos do Ivaí limita-se com os municípios de Tamboara (norte), Paraíso do Norte (Noroeste), São Manuel do Paraná (oeste), Japurá (sudoeste), São Tomé (sul), São Jorge do Ivaí (sudeste) e Floraí (leste). O município é constituído por apenas dois núcleos distritais, o distrito sede administrativo e o de Porto São Carlos, além da vila rural Gralha Azul (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS DO IVAÍ, 2010).

Os municípios limítrofes a Floraí são: Nova Esperança (norte), Presidente Castelo Branco (leste), São Jorge do Ivaí (sudeste e sul), São Carlos do Ivaí (oeste) e Tamboara (noroeste). Floraí está dividido em dois núcleos urbanos, a sede propriamente dita e o distrito de Nova Bilac. De forma extraoficial, o município ainda divide-se em cinco comunidades rurais: Comunidade Paulo Felipe, Comunidade da Estrada da Usina, Comunidade da Estrada Genúncia, Colônia Mandaguari e Comunidade Paranhos (PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORAÍ, 2010).

3.2 Aspectos do meio físico

3.2.1 Clima

O clima predominante na região onde situa-se os municípios, segundo a classificação proposta por Köppen (1948), é subtropical úmido mesotérmico (Cfa), apresentando verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão e sem estação seca bem definida.

As temperaturas médias dos meses mais quentes são superiores a 22°C e a dos meses mais frios inferiores a 18°C. Os valores pluviométricos médios anuais variam entre 1.400 a 1.600 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos com médias que variam entre 175 a 200 mm. Julho e agosto são os meses mais secos com médias entre 50 e 75 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2000).

3.2.2 Geologia

O substrato geológico encontrado nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí é caracterizado por apresentar uma zona de contato geológico. Segundo informações extraídas do Atlas Geológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2001), ele é constituído por rochas formadas, predominantemente, na era Mesozóica - período Cretáceo Inferior (Formação Serra

Geral - Grupo São Bento) e Médio (Formação Caiuá - Grupo Bauru) e, na era Cenozóica – período Quaternário (Sedimentos recentes) (**Figura 2**).

No Cretáceo Inferior, o sul do Brasil foi palco da maior atividade de vulcanismo fissural sobre a superfície da terra. Segundo Thomaz (1984), essa grande efusão de magma básico originou um espesso pacote de basaltos atingindo, em algumas áreas, 32 derrames sucessivos com aproximadamente 50 metros de espessura cada um. Esses derrames de lavas básicas foram designados por White (1908⁴ *apud* JABUR, 1985) como Formação Serra Geral.

No Estado do Paraná a Formação Serra Geral aparece no reverso da escarpa que separa o Segundo Planalto do Terceiro Planalto, apresentando sua maior espessura próxima à calha do rio Paraná, onde a Petrobrás perfurou 1.530 metros de rochas vulcânicas, permitindo a individualização de 33 derrames (SANFORD; LANGE, 1960⁵ *apud* GASPARETTO, 1999).

A Formação Serra Geral engloba rochas relacionadas com o *Trapp* basáltico, caracterizado pelas rochas efusivas básicas toleíticas, com basaltos maciços e amigdaloídes, afaníticos cinzentos a pretos, raramente andesíticos, e entre dois derrames consecutivos, geralmente encontra-se intercalados material sedimentar (arenitos e siltitos), denominados intratrapianos (MINEROPAR, 2001).

Nos municípios estudados o basalto originado dessa Formação é evidenciado como a litológica de maior expressão, correspondendo a uma área de 236,6 km². Sua ocorrência é mais expressiva na porção central e sul de ambos os municípios, muito embora, ainda esteja presente, em menor proporção ao norte de Floráí e na direção norte-oeste de São Carlos do Ivaí (**Figura 2**). Nestes casos, sempre associados às porções mais baixas do relevo, aflorando nas cotas inferiores a 400 metros de altitude e, na proximidade da rede de drenagem.

Sobreposto ao basalto da Formação Serra Geral, na região Noroeste do Paraná, é encontrado o arenito da Formação Caiuá, designado por Washburne (1930⁶ *apud* MEZZALIRA, 1981), que posteriormente, foi enquadrado por Soares *et al.* (1980), como pertencente a unidade litoestratigráfica do Grupo Bauru, onde foi reconhecida sua origem em ambiente eólico. Segundo Jabur e Santos (1984) a Formação Caiuá é constituída litoestratificamente pelos arenitos vermelho-arroxeados, altamente friáveis, muitas vezes,

⁴ WHITE, I.C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM, Parte I; Parte II, p. 301-617. 1988.

⁵ SANFORD, R. M., LANGE, F. W. Basin study approach to oil evaluation of Paraná Miogeosyncline south Brazil. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist**, v. 44, n. 8, p. 1316 – 1374. 1960.

⁶ WASHBURN, C. W. Petroleum Geology of the São Paulo - Brasil. **Boletim n. 22**, Comissão Geográfica e Geológica, São Paulo, 282p. 1930.

apresentando-se com estruturas cruzadas acanaladas evidenciando condições deposicionais colúvioaluvionares e em outras, estruturas cruzadas caracteristicamente eólicas.

Os arenitos dessa Formação ocorrem, substancialmente, em forma de algumas manchas de distribuição irregulares associadas às porções de relevo mais elevadas dos municípios, geralmente acima das cotas de 400 metros de altitude, e recobrem uma área de 127,1 km². Sua distribuição é evidente no centro-leste de Florai, noroeste de São Carlos do Ivaí e na região de divisa entre os dois municípios, considerada aqui, como centro-norte da área de estudo (**Figura 2**).

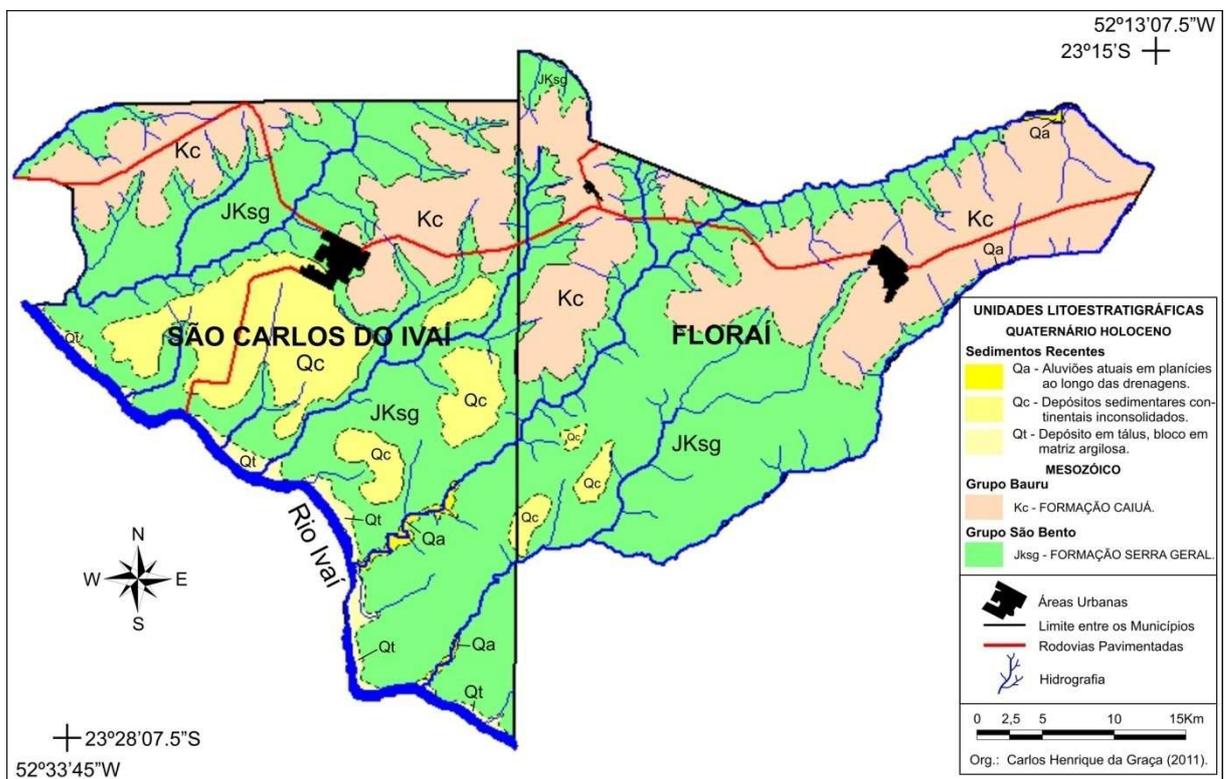


Figura 2 – Unidades Litoestratigráficas dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.

A era Cenozóica é assinalada pela abertura do capítulo mais recente da história da Terra. Segundo Suguio e Martin (1978), durante o Cenozóico sucederam-se vários episódios de variações climáticas e movimentações tectônicas acompanhadas por oscilações relativas do nível do mar, principalmente, no Quaternário. Esse período foi marcado no Estado do Paraná por representar o evento de recobrimento de algumas porções litológicas pretéritas por sedimentos inconsolidados, oriundos da erosão e deposição de rochas mais antigas (MINEROPAR, 2001).

Os sedimentos inconsolidados compreendem dois grupos: um de idade Pleistoceno-Holoceno e outro atual. Os mais antigos são representados pelos estratos depositados sob

condições de água doce e salgada em ambiente lagunar, compostos por sequências de rochas argilosas intercaladas com material de origem orgânica. Os sedimentos atuais são areias e argilas depositados nas calhas dos rios e em suas planícies de inundação.

Segundo a MINEROPAR (2001) no interior do Estado do Paraná, situados mais precisamente na região Noroeste, são encontrados depósitos de sedimentos formados no Cenozóico distribuídos entre:

1. Coluviões arenosos a areno-argilosos derivados dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio: dispostos sobre espigões ou rampas a meia encosta;
2. Aluviões em terraços: depósitos de tálus, blocos em matriz argilosa;
3. Aluviões atuais: dispostos em planícies ao longo das drenagens e em pequenas depressões alveolares fechadas.

Os depósitos sedimentares em rampas e espigões são de natureza arenosa a areno-argilosa, dispostos geralmente sobre o basalto. Nos municípios correspondem a uma área de 43,91 km², estando distribuído em forma de manchas sobre os topos aplainados do relevo e próximos às margens do rio Ivaí (**Figura 2**). Sua ocorrência é mais evidente na porção sudoeste e central de São Carlos do Ivaí.

Os aluviões em terraços são encontrados apenas no município de São Carlos do Ivaí circundando as margens do rio Ivaí, ocupando uma área de 7,12 km². Os aluviões atuais são encontrados ao sul de São Carlos do Ivaí depositados próximo a foz dos ribeirões Paranhos e da Esperança e, a nordeste de Floraí, a montante do ribeirão da Esperança (**Figura 1, p.24**), correspondem a uma área de 2,57 km² (**Figura 2**).

3.2.3 Relevo

Regionalmente os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí estão inseridos sobre a área de abrangência da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, mais especificamente, nas subunidades morfoescultural Planalto de Campo Mourão e Planalto de Umuarama (SANTOS *et al.*, 2006).

As formas do relevo encontradas nos municípios demonstram uma íntima ligação de suas feições com o substrato geológico que ocorre na região, sendo possível associar as porções mais elevadas e mais dissecadas do relevo à ocorrência do arenito da Formação

Caiuá. Já nas porções relacionadas ao basalto, observa-se uma maior monotonia em suas formas, apresentando um relevo mais suavizado e menores altitudes.

O relevo dos municípios apresenta uma amplitude altimétrica de 300 metros, com cotas altimétricas variando entre 250 metros, próximas a calha do rio Ivaí, a 550 metros na porção leste do município de Florai (Figura 3). No entanto, a maior porção do relevo está concentrada entre as cotas altimétricas de 300 a 400 metros, onde se configura um relevo com presença de extensos patamares entalhados pela rede de drenagem (ANDRADE, 2005).

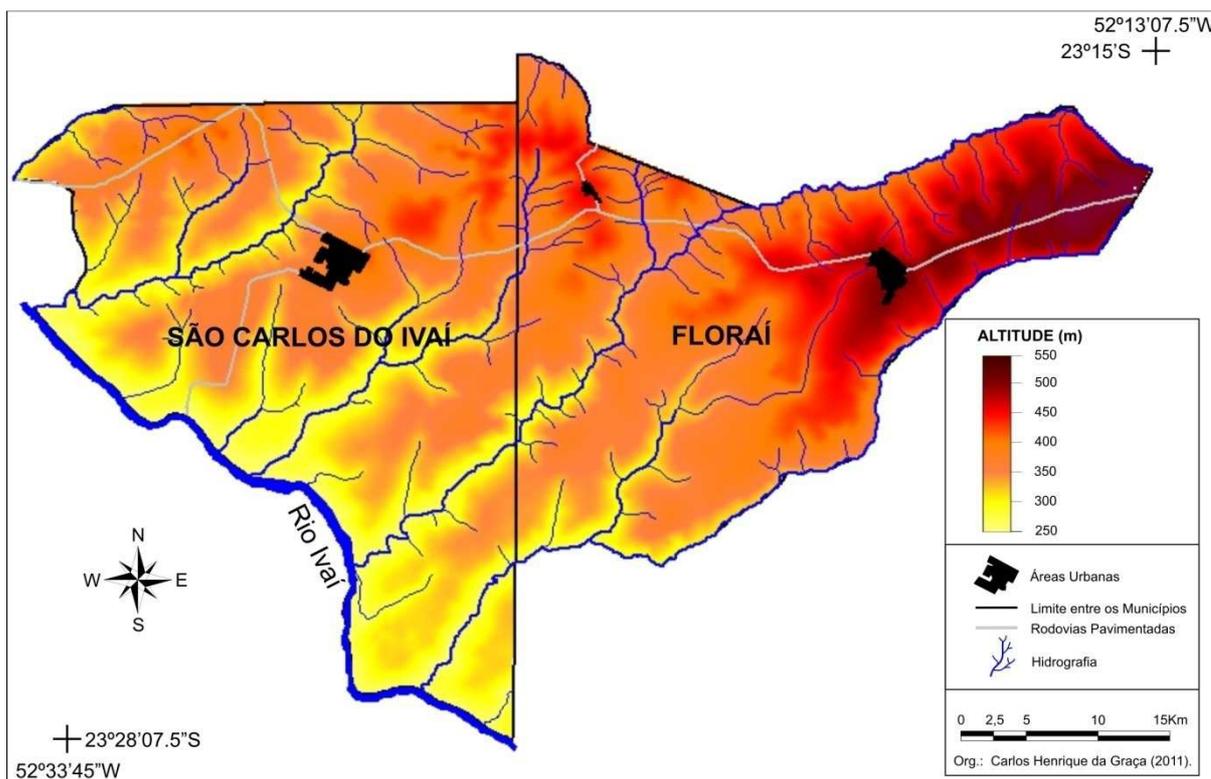


Figura 3 – Hipsometria dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.

Devido à presença do relevo com formas mais homogêneas, que caracterizam sua monotonia, é evidente a predominância das classes de declividade menores que 8% (relevo plano e suave ondulado), que estão associadas aos grandes patamares identificados sobre o basalto, com topos aplainados e vertentes retilíneas que tendem a sofrer rupturas acentuadas próximas aos cursos d'água (Figura 4). Essas rupturas são identificadas a partir terço médio inferior das vertentes e corroboram com as porções do relevo onde, também, são encontrados os maiores valores das classes de declividades sobre o basalto, entre 8 e 20% (Figura 5).



Figura 4 – Formas do relevo características aos patamares de interflúvio sobre o basalto, município de Florai. Foto: Silvio Torrecilha (março de 2012).

Embora, sejam bem representativas, as maiores declividades estão distribuídas em menor proporção ao longo dos municípios, havendo uma maior concentração sobre as porções do relevo onde ocorre o arenito da Formação Caiuá (**Figura 2, p. 27**), situando-se principalmente, a nordeste de Florai, nas proximidades de sua área urbana e, ao norte e noroeste de São Carlos do Ivaí (**Figura 5**). Nesses locais são encontrados relevos formados por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales mais entalhados (ANDRADE, 2005) (**Figura 6**).

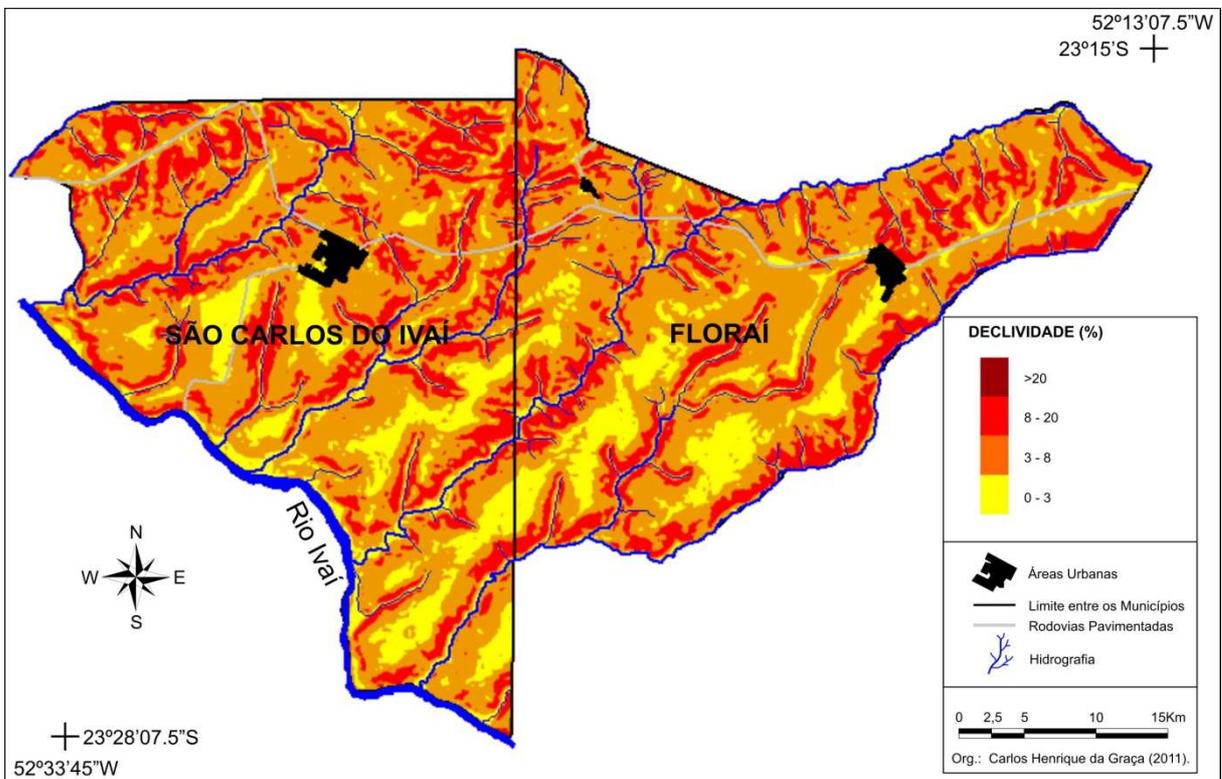


Figura 5 – Classes de declividade dos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.



Figura 6 – Formas do relevo características sobre o arenito da Formação Caiuá, município de São Carlos do Ivaí – PR. Foto: Silvio Torrecilha (março de 2012).

3.2.4 Pedologia

Os principais tipos de solos que ocorrem nos municípios, segundo informações extraídas do mapa de solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2007) são os formados a partir da alteração do basalto da Formação Serra Geral, do arenito da Formação Caiuá e dos sedimentos recentes.

Os solos provindos da intemperização do basalto são representados pelos Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef1), Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe1), ambos típicos textura argilosa ou muito argilosa, ocorrendo, principalmente, sobre relevo plano e suave ondulado; e pelo Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVef3), típico textura argilosa a muito argilosa A moderado, relevo suave ondulado e ondulado (**Figura 7**).

Os solos derivados da decomposição do arenito e dos sedimentos recentes são representados pelos Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd19), textura média ocorrendo geralmente sobre relevo suave ondulado e plano, pelo Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd2), textura arenosa/média situado sobre relevo suave ondulado e o Argissolo Vermelho Eutrófico abrupto (PVe2), textura arenosa/média sobre relevo ondulado (**Figura 7**).

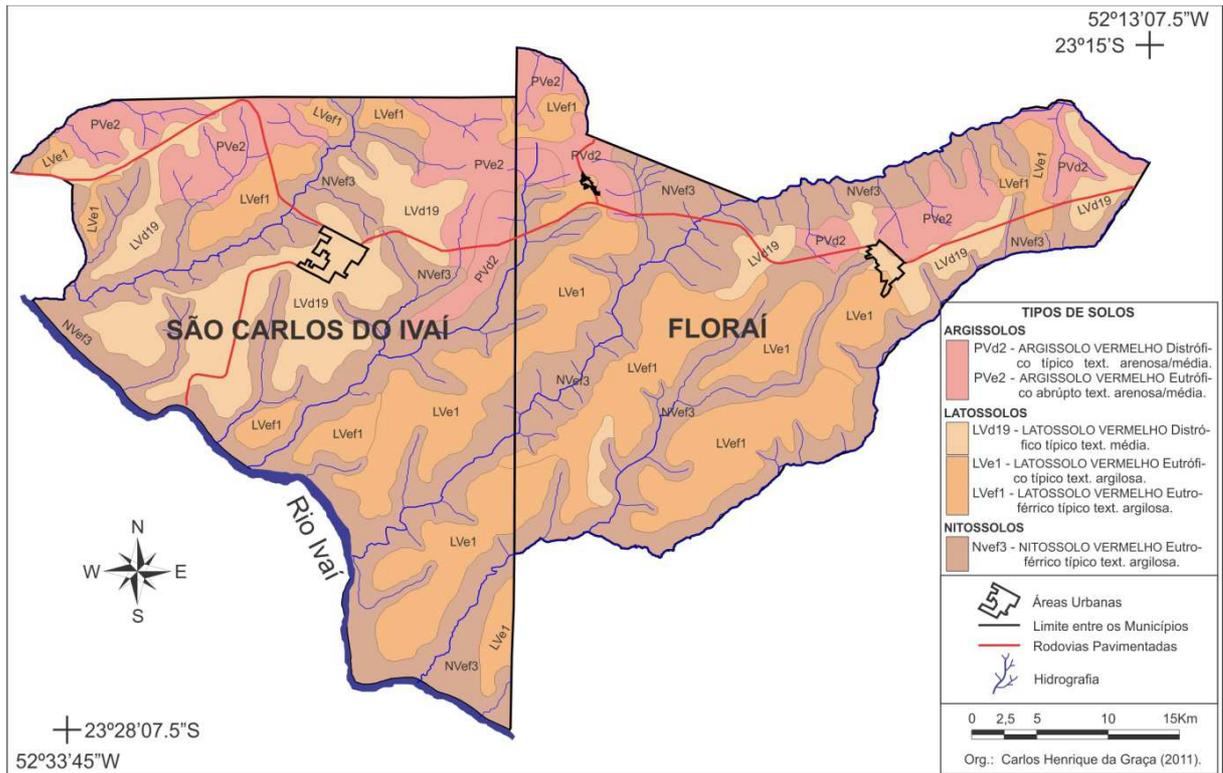


Figura 7 – Principais tipos de solos dos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí – PR.

3.2.5 Vegetação

A vegetação original nos municípios é classificada como remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual - Submontana e Aluvial (PARANÁ, 1987). O conceito ecológico de Floresta Estacional está relacionado com a presença de um clima com duas estações, uma seca e outra chuvosa ou por uma acentuada variação térmica, responsável pela estacionalidade foliar dos elementos arbóreos (VELOSO; GÓES FILHO, 1982). Segundo Leite (1994), as formações vegetais dessa unidade têm como principal característica fisionômica a semidecidualidade. Para as formações vegetais das zonas tropicais e subtropicais, é necessário que esse comportamento caducifoliar esteja presente em pelo menos 20% dos indivíduos para que elas sejam consideradas como Floresta Estacional Semidecidual.

Para Santos (2001) essa floresta é caracterizada pela sua exuberância e grande diversidade de espécies vegetais. No Estado do Paraná se desenvolveu sobre os solos férteis derivados do basalto no Norte e sobre solos menos férteis oriundos da alteração do arenito Caiuá, no Noroeste (**Figura 8**). Sobre o arenito, em função das características mais limitadas de fertilidade do solo e do menor valor pluviométrico, essa formação florestal apresenta uma relativa redução na diversidade de espécies e menor porte.



Figura 8 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá – PR. Fonte: Roderjan *et al.* (2002).

A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial corresponde às formações distribuídas ao longo dos cursos d'água que formam vales sujeitos a inundações periódicas, em solos predominantemente hidromórficos – Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e Gleissolos (ZILLER, 1999). Trata-se de uma formação florestal menos desenvolvida que a submontana.

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana é caracterizada, sobretudo pela sua posição altimétrica em relação ao nível do mar que varia de 100 m a 600 m. Essas formações vegetais ocorrem em litologias variadas, sobre diferentes unidades pedológicas, sendo as mais comuns Latossolos, Argissolos, Nitossolos, Cambissolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos (RODERJAN *et al.*, 2002).

No Estado do Paraná, segundo Roderjan *et al.* (2002), essas formações vegetais foram praticamente dizimadas dando lugar à expansão da cafeicultura. Devido a isso, essa é a unidade fitoecológica paranaense mais drasticamente antropizada, da qual resta de mais representativo, a área preservada no Parque Nacional do Iguaçu, com aproximadamente 1.500 km², o que corresponde a menos de 4% de sua superfície original.

3.2.6 Cobertura vegetal e usos da terra (maio de 2011)

A cobertura vegetal e uso da terra nos municípios para o ano de 2011, obtidos por meio de imagens de satélite, é bem variado, no entanto, o resultado dessa classificação demonstra a

predominância de alguns cultivos, como por exemplo, a cana-de-açúcar em São Carlos do Ivaí e as lavouras temporárias em Floraí, concordando com o observado na discussão a cerca da evolução dos cultivos agrícolas nos municípios para o período de 1980 a 2010 (IBGE/IPARDES, 2012). Contudo, vale ressaltar que esse levantamento mais atual não serviu somente para a identificação dos tipos de cultivos predominantes, mas também, para demonstrar a organização e distribuição desses usos sobre a área dos municípios.

Na análise da distribuição da cobertura vegetal e uso da terra classificado foram identificados dois cenários distintos entre os municípios, enquanto São Carlos do Ivaí apresenta uma homogeneidade promovida pelo quase que exclusivo cultivo da cana-de-açúcar, que se estende de norte a sul do município (**Figura 9**), em Floraí observa-se uma maior diversidade de cultivos, principalmente na porção centro-leste (**Figura 9**), onde ocorrem os solos com textura mais arenosa derivados do arenito, no entanto, ainda predomina as lavouras temporárias que são representadas por três cultivos principais, a soja, o milho e o trigo (**Figura 9**).

No município de São Carlos do Ivaí a cana-de-açúcar corresponde a aproximadamente 50% da área classificada, isso sem levar em consideração as áreas correspondentes ao solo exposto, que somada à área com cana elevaria essa porcentagem para cerca de 85%. Embora tenham sido distinguidas essas duas áreas para efeito de classificação, pode-se afirmar que as porções com solo exposto são, em sua maioria, destinadas ao cultivo da cana, já que a imagem utilizada para classificar os usos no município corresponde ao cenário encontrado no mês de maio. Esse mês é característico por representar o período de entre safra da cana-de-açúcar, culminando com o final da colheita e com replantio da lavoura na região, por isso, uma área tão representativa com solo exposto classificada, que corresponde a 35,33% da área do município (**Tabela 1**).

Os outros tipos de usos classificados no município somados representam um pouco mais de 15% de sua área, isso corresponde a uma porção bem pequena se comparada à cana-de-açúcar (**Figura 9**), sendo dividida em várias formas de usos, dos quais, podem-se destacar as lavouras temporárias com uma representatividade de 6,34%, as pastagens com 3,89% e as lavouras permanentes com 1,41% (**Tabela 1**).

A vegetação densa ou matas representam 2,87% da área do município com sua ocorrência estando restrita a áreas de preservação permanente, ou seja, nas margens dos rios e córregos na forma de vegetação marginal ou mata ciliar. A área urbana e a silvicultura são os usos com menor representatividade, correspondendo a apenas 0,83% e 0,01%, respectivamente (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Área ocupada com cada tipo de cobertura vegetal e uso da terra nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí – PR.

Tipos de Usos	São Carlos do Ivaí			Floraí		
	(ha)	(Km ²)	(%)	(ha)	(Km ²)	(%)
Vegetação Densa/Mata	643,6	6,436	2,87	473	4,73	2,48
Silvicultura	2,35	0,0235	0,01	6,2	0,062	0,03
Lavouras permanentes	317,2	3,172	1,41	367,9	3,679	1,93
Lavouras temporárias	1.423	14,23	6,34	11.599	115,99	60,84
Cana-de-açúcar	11.069	110,69	49,32	2.178	21,78	11,42
Pastagem	872,4	8,724	3,89	2.416,81	24,1681	12,68
Solo exposto	7.928,5	79,285	35,33	1.905	19,05	9,99
Área urbana	187,6	1,87	0,83	118,49	1,1849	0,62
Total	22.443,65	224,43	100	19.064,40	190,64	100

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

No município de Floraí as lavouras temporárias correspondem a uma área de 60,84%, sendo o seu principal uso. As áreas destinadas a essas culturas correspondem às porções do relevo mais suavizado, concentrando-se, principalmente no centro-sul do município (**Figura 9**), onde predomina os solos mais férteis originados sobre o basalto.

Todos os outros tipos de usos somados ocupam uma área de aproximadamente 40% do município, que se distribuem na forma de mosaico de tipos de usos concentrados, principalmente, sobre os solos derivados do arenito. Dentro dessa porção do município pode-se destacar a porcentagem de área ocupada com pastagem que representa 12,68% e a ocupada com cana-de-açúcar com 11,42% (**Tabela 1**).

O solo exposto corresponde a cerca de 10% da área classificada, uma porcentagem muito abaixo da obtida no município de São Carlos do Ivaí (**Tabela 1**), mas da mesma forma podendo ser atribuída ao cultivo da cana, já que no mês de maio as lavouras temporárias, como o milho safrinha e o trigo, devem estar em pleno desenvolvimento vegetativo, portanto, apresentando uma cobertura vegetal sobre o solo, para que não sofram com a ocorrência de geada nos meses subsequente de junho e julho.

O restante da área do município está dividido em menor proporção entre vegetação densa ou mata que corresponde a 2,48%, também destinada à área de preservação permanente, as lavouras permanentes com 1,93%, as áreas urbanas com 0,62% e a silvicultura com 0,03% (**Tabela 1**).

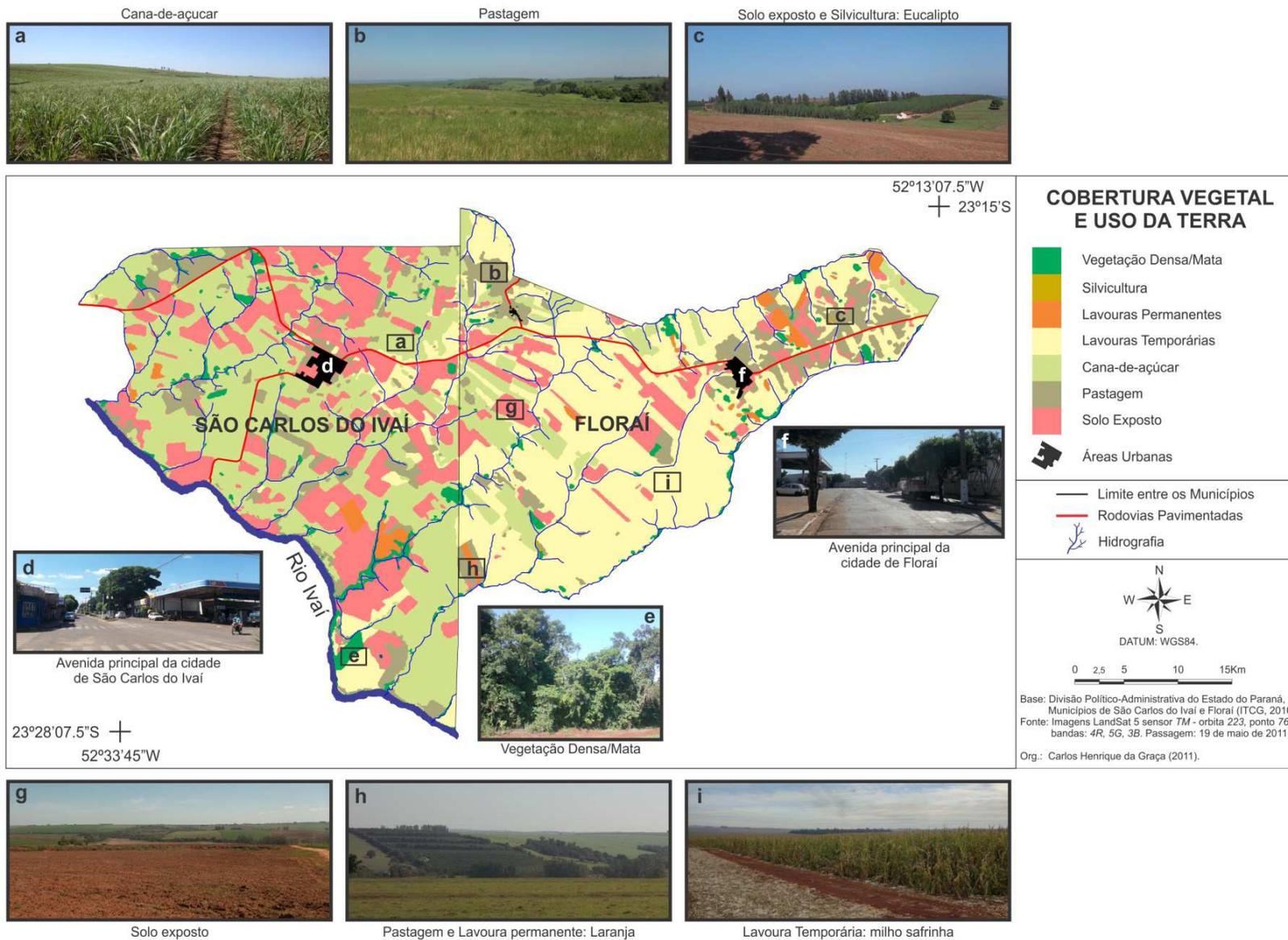


Figura 9 – Cobertura vegetal e uso da terra para ano de 2011 nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai – PR.

3.3 Histórico de ocupação

A história de formação dos municípios de Floraí e São Carlos do Ivaí seguiu o mesmo contexto da colonização de outros vários municípios do Norte e Noroeste do Estado do Paraná, sendo fruto da comercialização das terras adquiridas pela Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), criada em 1925, e que posteriormente, em 1944, passou a ser denominada Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ, 1977).

A Companhia adquiriu do governo estadual cinco glebas contínuas, situadas entre os rios Tibagi, Paranapoema e o médio Ivaí (PADIS, 2006). Toda essa área ainda estava recoberta por vegetação natural, e a sua ocupação e extração econômica foram realizadas de modo incipiente, principalmente pelas dificuldades de acesso aos portos, e destes aos grandes centros consumidores. A colonização caracterizou-se, mais especificamente, pela expansão da lavoura cafeeira, que ultrapassou os limites do Estado de São Paulo, e foi instituída basicamente por imigrantes paulistas, mineiros e nordestinos.

O grande avanço para o desenvolvimento da região foi quando a CMNP assumiu a ferrovia, e iniciou a sua expansão até suas glebas, além do Paranapanema, no Paraná, chegando a Londrina em 1935, e Apucarana em 1937 (BERNARDES, 1950). No final da década de 1940, a ferrovia, que então fora encampada pelo governo federal, chegava com seus trilhos à Maringá que havia sido elevada a categoria de distrito em 1947, ano que foi criado o Município de Mandaguari, desmembrado de Apucarana, que poucos anos antes havia sido desmembrado de Londrina. O novo município incluía toda a parte meridional da região localizada entre o rio Ivaí e o rio Pirapó (IBGE, 2010b), locais onde poucos anos mais tarde iriam ser criados vários outros municípios, dentre eles, Floraí e São Carlos do Ivaí.

As primeiras terras comercializadas pela CMNP no Município de Floraí datam do ano de 1946, e foram adquiridas pelos senhores Sérgio Cardoso de Almeida, Antenor Martins e José de Luca (SFORDI, 2003). O lote adquirido pelo senhor José de Luca representa o local onde hoje se encontra instalada a sede do município. A esta propriedade, foi dada o nome de fazenda Santa Flor, que segundo relatos de pioneiros, o proprietário e sua família instalaram-se nestas terras por volta de 1949.

Com a chegada de novas famílias, iniciaram-se os trabalhos de derrubada da floresta, para dar início à construção de uma estrada, que ligaria a Fazenda Santa Flor (o Município de Floraí) até Yroi (atual Município de Presidente Castelo Branco) (IBGE, 2010a).

Floraí, no seu início, surgiu como distrito do município de Nova Esperança, promulgado pela Lei Estadual *nº 016*, em 11 de julho de 1952, de onde foi desmembrado e elevado a categoria de município em 28 de novembro de 1955 pela Lei Estadual *nº 2.512*. No entanto, sua emancipação política-administrativa só ocorreu em vias de fato em 15 de dezembro de 1956 com a posse do primeiro prefeito eleito o Sr. Osvaldo Silva (SFORDI, 2003).

Não muito diferente da formação de Floraí, São Carlos do Ivaí, surge em meados da década de 1940, quando em 1944 o engenheiro civil Silas Pioli, desejando dedicar-se a outras atividades, requereu e obteve do governo do Estado do Paraná, a concessão de uma área de 2.000 hectares de terras situadas às margens do rio Ivaí, no interior do Município de Mandaguari, transformando-a numa fazenda mista de criação de gado e cultivo de café, a qual recebeu o nome de "São Carlos do Ivaí". No entanto, notou que a área que lhe fôra concedida era demasiada grande e resolveu, então, promover o loteamento da fazenda com a intenção de formar um Patrimônio (IBGE, 2010b).

Em 1949, após haverem sido tituladas as terras, a idéia da fundação de uma cidade já estava concretizada. Por volta de 1950, chegaram a São Carlos do Ivaí os primeiros compradores de "datas" e, em 1951 foi aberta a primeira rua e construída meia dúzia de casas de madeira no perímetro urbano (IBGE, 2010b).

No ano de 1953 é iniciado o movimento para criação do Distrito de São Carlos do Ivaí e pela Lei *nº 012* de 25 de abril de 1953 foi instituído como Distrito pertencente ao Município de Paranavaí. Posteriormente com elevação de Tamboara a município, São Carlos do Ivaí, passou a lhe pertencer. E foi apenas em 1956 após inúmeras reivindicações encaminhadas ao Governo do Estado que São Carlos do Ivaí foi elevado a município pela Lei Estadual *nº 2.565* de 24 de janeiro de 1956, sendo desmembrado do município de Tamboara. Entretanto, sua instalação solene ocorreu apenas em 16 de dezembro de 1956, com a posse de seu primeiro prefeito o Sr. Waldomiro Roda (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS DO IVAÍ, 2010).

Desde sua ocupação as regiões que englobam os municípios de Floraí e São Carlos do Ivaí vêm sendo utilizadas para agricultura, após a derrubada da floresta nativa veio à implantação da cafeicultura, que estava em seu auge entre as décadas de 1950 e 1960. Por aproximadamente trinta anos o café foi uma das principais atividades econômicas desses municípios, ao qual, também, ajudou no desenvolvimento econômico de toda essa região do Estado. Contudo, com a entrada das novas tecnologias no campo e suas lavouras mecanizadas que demandavam grandes extensões de terra, ocorreram gradativamente mudanças no

contexto rural dos municípios, sendo impulsionada pela crise do café que começava a se caracterizar a partir do início da década de 1970, que acabou sendo reforçada pela ocorrência da grande geada “negra” em 1975 que dizimou a maioria das lavouras de café no Estado (MORO, 1988).

O café, com isso, perde definitivamente força na região, dando lugar a monocultura de grande escala caracterizada pelas lavouras de ciclos curtos como: soja, milho, trigo e, mais recentemente, a cana-de-açúcar que vem substituindo as áreas utilizadas na pecuária, principalmente, no município de São Carlos do Ivaí.

As mudanças no contexto agrário dessas regiões do Estado do Paraná refletiram diretamente para um período consecutivo de transição demográfica do rural para o urbano, caracterizado pelo êxodo rural, principalmente entre as décadas de 1970 e 1980. Segundo Moro (1995), esse período foi marcado por um intensivo processo de modernização no campo, que ajudou a reduzir expressivamente o quadro do pessoal ocupado na produção agropecuária, acelerando o êxodo rural na região, que trouxe muitos problemas de ordem social e econômica para as cidades, principalmente as de maior porte regional, que viram sua população crescer rapidamente sobre um arranjo urbano desordenado.

Grande parte da população que saiu do campo e buscou novas expectativas nos grandes centros urbanos habitavam em pequenos municípios que nesse período não ofereciam oportunidades de trabalho para esse excedente de pessoas que estava migrando. Muito desse processo pode ser identificado como o princípio da diminuição da população residente nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí, que viram sua população rural e total diminuir significativamente entre as décadas de 1970 e 1980 (**Figura 10**).

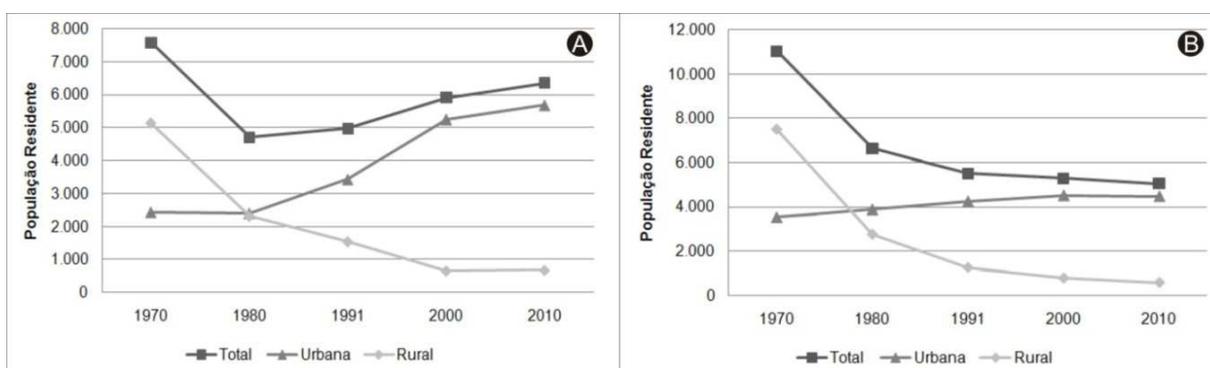


Figura 10 – Evolução da população residente nos municípios de São Carlos do Ivaí (A) e Floraí (B) para o período de 1970 a 2010.

Fonte: IBGE/SIDRA – Censos Demográfico (2012).

3.4 Aspectos socioeconômicos

3.4.1 São Carlos do Ivaí

O município de São Carlos do Ivaí na década de 1970 detinha uma população residente total de 7.575 habitantes, desse total 5.136 habitantes, ou seja, mais da metade da população residia ainda na área rural, contra 2.439 habitantes da área urbana (**Tabela 2**).

A década de 1980 foi marcada pela queda expressiva de 38 % no total de habitantes no município, sendo reflexo das características impostas pelo êxodo rural da última década. A população residente total nessa década chegou a 4.706 habitantes, sendo que a maioria estava residindo na área urbana. No entanto, mesmo havendo essa inversão na maioria da população de rural para urbana, a saída da população rural não culminou com o crescimento da população urbana, que também registrou queda, passando a ter apenas 2.401 habitantes, contra 2.305 habitantes residentes na área rural (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Evolução da população residente no município de São Carlos do Ivaí – PR.

	1970		1980		1991		2000		2010	
	Pop. Resid.	(%)	Pop. Resid.	(%)	Pop. Resid.	(%)	Pop. Resid.	(%)	Pop. Resid.	(%)
Urbana	2.439	32,2	2.401	51,02	3.430	68,99	5.252	88,96	5.679	89,38
Rural	5.136	67,8	2.305	48,98	1.542	31,01	652	11,04	675	10,62
Total	7.575		4.706		4.972		5.904		6.354	

Fonte: IBGE/SIDRA – Censo Demográfico (2012).

As décadas seguintes apresentaram uma ordem inversa do que ocorreu no período de 1970 a 1980, havendo um relativo aumento da população residente no município, que chegou a 32% quando comparado o total de habitantes de 1980 até 2010. Em 1991 a população total era de 4.972 habitantes, já em 2000 a população total passou para 5.904 habitantes e em 2010 essa população chegou a 6.354 habitantes, um total bem próximo do que foi registrado na década de 1970 (**Tabela 2**). Mesmo com o aumento da população residente nas três últimas décadas no município, a população rural continuou seguindo a tendência registra a partir da década de 1980 de diminuição no seu total de habitantes, que atualmente é representada por apenas 675 habitantes, bem aquém do total de habitantes registrados nos anos em que as lavouras de café ainda vigoravam nas propriedades rurais.

O crescente aumento da população a partir da década de 1990 até 2010 pode ter sido impulsionado pela intensificação da cultura de cana-de-açúcar no município, que embora já

esteja tecnologicamente equipada, ainda demanda de um grande número de indivíduos para suprir a mão de obra braçal, ainda muito utilizada nesse tipo de cultivo.

A evolução dos cultivos agrícolas em São Carlos do Ivaí mostrou que atualmente a cana-de-açúcar é a principal atividade agrícola, sendo responsável por recobrir em 2010 aproximadamente 71% da área cultivável do município.

Em 1980 o café juntamente com a soja eram os principais cultivos, com respectivamente, 2.282 e 2.000 ha, seguidos pelo milho e trigo com 1.000 ha. A soma dos outros vários tipos de cultivos encontrados no município para esse ano, exceto a cana-de-açúcar, chegou a 1.146 ha (**Figura 11**).

No ano de 1985 o cultivo do café começa a perder sua força efetivamente, sendo substituído em boa parte pela cana. O café nesse ano apresentava uma área cultivada de apenas 1.029 ha, já a cana chegou a uma área de cultivo de 900 ha. Dos outros cultivos, somente o milho apresentou uma diminuição na sua área plantada chegando a 600 ha e o trigo teve aumento em sua área cultivada passando para 1.200 ha (**Figura 11**).

A partir da década de 1990 a cana-de-açúcar começou a apresentar um aumento gradativo em sua área plantada, conseqüentemente, o café teve sua área plantada muito reduzida chegando a apenas 150 ha. No entanto, as áreas cultivadas com café não foram substituídas apenas pela cana, que no ano de 1990 ocupou 1.323 ha, mas também, pelas lavouras de soja e trigo que apresentam uma crescente em área plantada chegando nesse mesmo ano a 3.400 e 3.000 ha, respectivamente (**Figura 11**).

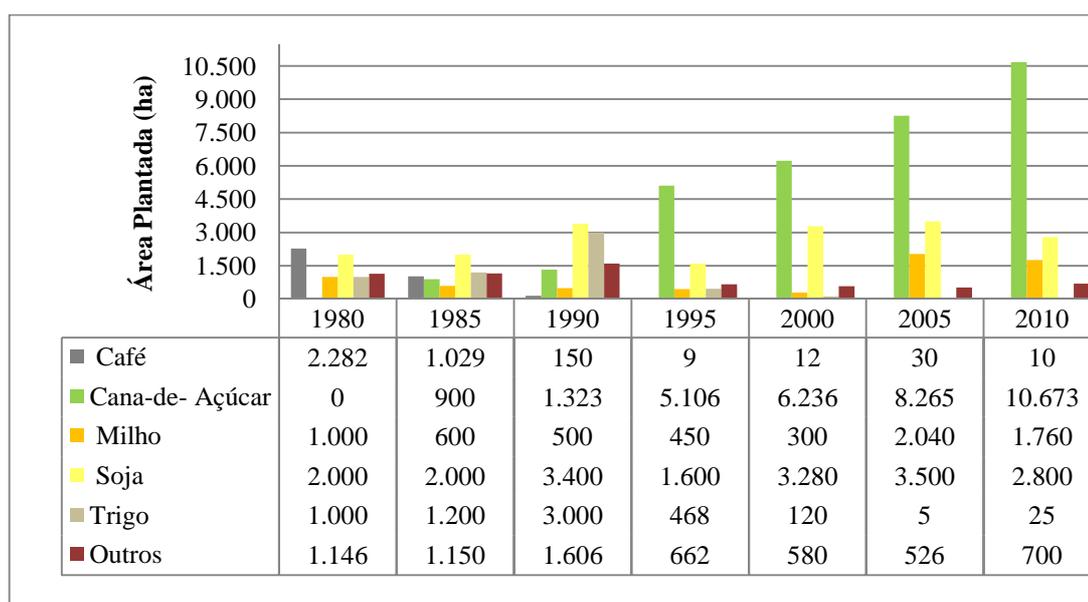


Figura 11 – Evolução da área plantada dos principais cultivos agrícolas no município de São Carlos do Ivaí – PR.

Fonte: IPARDES (2012).

Nos anos subsequentes a década de 1990 a cana-de-açúcar já se fez presente como o principal produto agrícola em São Carlos do Ivaí, ocupando no ano de 2010 uma área plantada de 10.673 ha (**Figura 11**). Ao longo desses anos os outros tipos de cultivos foram oscilando sua área plantada, sendo a soja o cultivo que mais se manteve representativo, registrando um aumento gradativo nos anos de 2000 e 2005 e uma diminuição no ano de 2010, representadas por respectivamente 3.280, 3.500 e 2.800 ha (**Figura 11**).

A pecuária, embora tenha cedido boa parte de sua área para a cana-de-açúcar, dentre outras lavouras, ao longo dos anos ainda se faz representativa no município, por apresentar uma grande diversidade de tipos de animais criados e de produtos deles derivados. No entanto, há de se destacar no município a criação de gado de corte e leiteiro, de suínos e galináceos como os principais efetivos (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Evolução da pecuária no município de São Carlos do Ivaí – PR.

	Rebanho de Bovinos	Galináceos	Rebanho de Suínos	Rebanho de Vacas Ordenhadas	Outros
1980	23.717	9.880	2.224	1.665	590
1985	19.300	9.000	2.050	1.310	661
1990	16.070	20.000	1.850	1.600	1762
1995	14.085	20.100	950	1.580	913
2000	12.457	33.500	560	915	610
2005	8.614	42.100	650	940	510
2010	6.101	23.495	590	1.000	233

Fonte: IBGE/SIDRA (2012).

Ao analisar os dados referentes à pecuária no município pode-se observar uma diminuição em números de efetivos dos principais tipos de rebanhos. Em 1980 havia o predomínio da criação de bovinos destinados ao abate e, também, para a produção de leite, que juntos somavam mais de 25 mil cabeças. Os galináceos e os suínos eram representados por 9.880 e 2.224 indivíduos, respectivamente (**Tabela 3**).

Com a evolução da área plantada destinada a agricultura a partir da década de 1980 no município a pecuária foi perdendo espaço e, conseqüentemente a isso, houve a diminuição no número total de efetivos.

Nos anos subsequentes a 1985 isso tomou proporções significativas, principalmente, para a criação de bovinos de corte, que nesse ano era de 19.300 cabeças e foi diminuindo gradativamente até chegar em 2010 a um efetivo de 6.101 cabeças. O mesmo ocorreu com o gado leiteiro e os suínos, que em 1985 era de 1.310 e 2.050 cabeças e em 2010 passou a apresentar apenas 1.000 e 590 cabeças, respectivamente (**Tabela 3**).

O único efetivo que teve aumento ao longo desses anos foram os galináceos que passaram de 9.000 indivíduos em 1985 para 23.495 no ano de 2010. Esse aumento pode estar relacionado à busca de diversificação da produção atribuída as pequenas propriedades que ainda resistem no município, já que a criação de frango para o abate, por exemplo, não demanda de grandes extensões de terra, o que acaba sendo até rentável economicamente para esses produtores.

A economia de São Carlos do Ivaí apresenta uma receita crescente do Produto Interno Bruto (PIB) impulsionado, principalmente, pelo setor industrial. Seu PIB em valores correntes atingiu a marca de 136.916 mil reais no ano de 2009 (**Figura 12**).

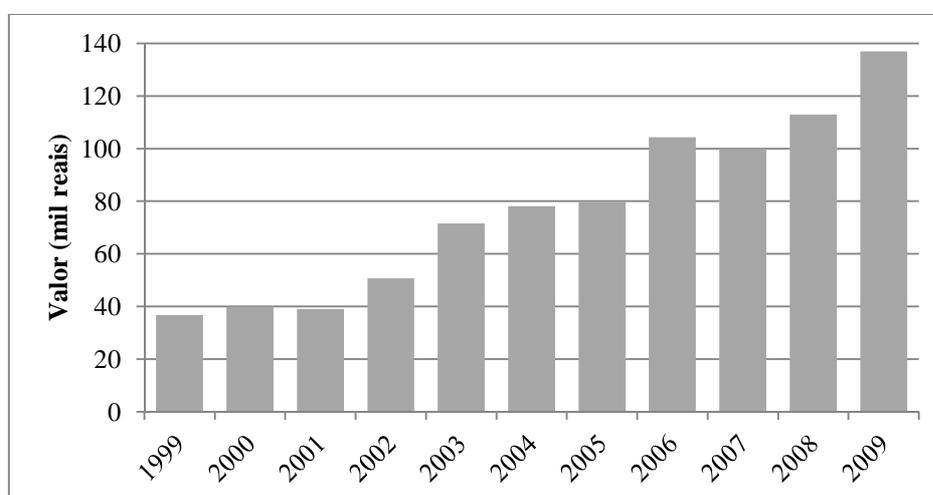


Figura 12 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes no município de São Carlos do Ivaí – PR.
Fonte: IPARDES (2012).

Nos 10 anos analisados do PIB municipal apenas dois anos sofreram uma pequena queda em sua receita se comparado com os anos anteriores, foram os anos de 2001 e 2007. O PIB do ano de 2001 foi de 39.022 mil reais, já o ano de 2000 teve PIB de 39.889 mil reais. No ano de 2007 a receita chegou a 99.878 mil reais, enquanto que no ano anterior de 2006 esse valor atingiu 104.336 mil reais (**Figura 12**).

Embora o município tenha nos setores industrial e de serviços sua principal receita, ainda é muito dependente do setor agropecuário. Mesmo porque, seus principais setores econômicos são essencialmente atrelados ao setor agropecuário e às suas oscilações, uma vez que este perde em arrecadação, devido principalmente, a queda de produção ocasionada por fatores climáticos, pode proporcionar redução na receita dos outros setores. A queda anunciada na receita do município nos anos de 2001 e 2007 pode estar associada a esse fator.

No geral pode-se dizer que a economia do município está bem equilibrada, devido sua crescente soma do PIB que é elevado pelo setor industrial (indústria de transformação). Há de se destacar o setor industrial no ano de 2009 que somou um total de 60.594 mil reais, que corresponde a 43,5% de tudo o que foi produzido no município. Para o mesmo ano o setor de serviços atingiu 43.538 mil reais e o setor agropecuário chegou a 20.665 mil reais (**Figura 13**).

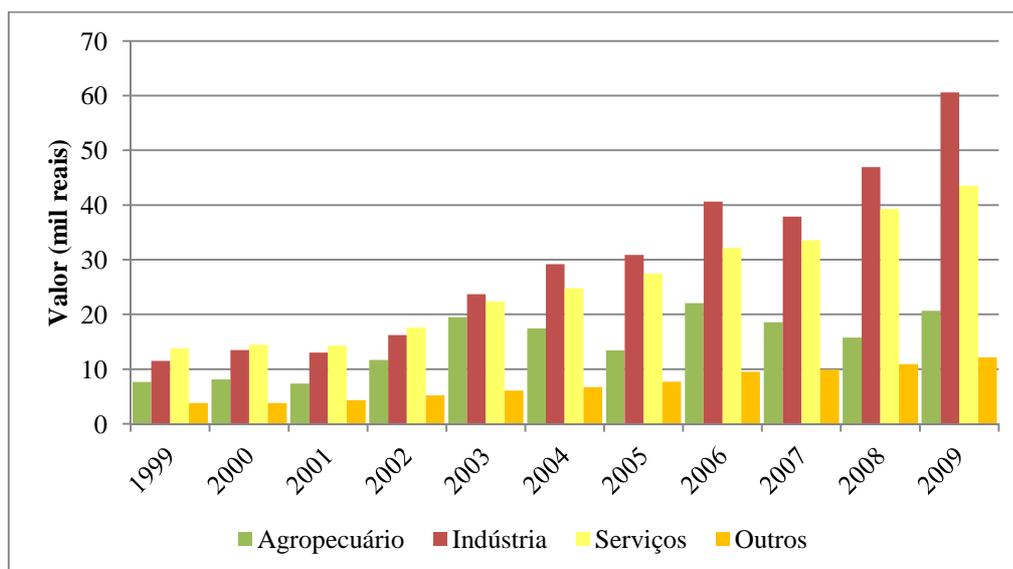


Figura 13 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes por setor da economia no município de São Carlos do Ivaí – PR.
Fonte: IPARDES (2012).

3.4.2 Florai

O município de Florai, assim como São Carlos do Ivaí, apresentou o mesmo contexto de diminuição em sua população residente a partir do ano de 1970. Nesse ano a população total residente no município era de 11.022 habitantes, com a grande maioria residindo na área rural, totalizando 7.499 habitantes, enquanto que a população urbana somava apenas 3.523 habitantes. Com o passar dessa década e associada a ela a crise do café e, conseqüentemente, o êxodo rural, a população do município foi reduzida a quase metade na década seguinte.

Em 1980 a população total residente em Florai chegou a 6.645 habitantes, sendo que a maioria passou a residir na área urbana. Embora a maioria estivesse concentrada na cidade, nessa década a população total urbana aumentou pouco se comparada com a década anterior, chegando a apenas 3.879 habitantes, contra uma população rural de 2.766 habitantes (**Tabela 4**). Esse fato permite afirmar que dos 2.831 habitantes que saíram do campo durante a década

de 1970, bem poucos foram residir na área urbana do município. Entre essas duas décadas sua população total diminuiu em 4.377 habitantes, ou seja, uma redução bem rápida e expressiva que em apenas 10 anos chegou a representar cerca de 40% do total da população.

Nas décadas seguintes a população residente continuou diminuindo gradativamente, principalmente a rural que em 1991 chegou a 1.260 habitantes, em 2000 reduziu para 774 habitantes e em 2010 diminuiu ainda mais chegando a 578 habitantes. A população urbana nesses mesmos anos apresentou um pequeno acréscimo chegando a 4.286 habitantes em 1991, a 4.511 habitantes em 2000. No ano de 2010 a população urbana que vinha desde 1980 com sucessivos acréscimos no seu número de habitantes sofreu uma pequena redução em relação à década anterior passando para 4.472 habitantes (**Tabela 4**).

Tabela 4 – Evolução da população residente no município de Florai – PR.

	1970		1980		1991		2000		2010	
	Pop. Resid.	(%)								
Urbana	3.523	31,96	3.879	58,37	4.240	77,09	4.511	85,35	4.472	88,55
Rural	7.499	68,04	2.766	41,63	1.260	22,91	774	14,65	578	11,45
Total	11.022		6.645		5.500		5.285		5.050	

Fonte: IBGE/SIDRA – Censo Demográfico (2012).

A evolução da área utilizada na agricultura em Florai seguiu um contexto diferenciado do ocorrido em São Carlos do Ivaí, no qual, a cana-de-açúcar passou a dominar o cenário agrícola. Em Florai a soja vigora como principal cultivo, sendo responsável por boa parte da área agrícola ocupada no município atualmente.

No ano de 1980 os cultivos da soja e do trigo já correspondiam a uma área plantada bem significativa no município, com 6.300 e 5.800 ha, respectivamente, seguidos pelo cultivo de café (2.288 ha) e do milho (1.000 ha). Todos os outros tipos de cultivos juntos, exceto a cana-de-açúcar, somavam nesse ano apenas 1.400 ha (**Figura 14**).

Em 1985 a área plantada com café foi reduzida em mais de 50% no município em relação ao ano de 1980, chegando a apenas 1.084 ha. A perda na área cultivada com café, provavelmente, culminou com o aumento da área destinada ao plantio de soja e milho, principalmente, já que suas áreas plantadas aumentaram nesse ano e passaram a ser de 7.000 e 3.000 ha, respectivamente (**Figura 14**).

No ano de 1990 o cultivo de soja atingiu aproximadamente 50% do território do município que é de 19.064 ha, chegando a 9.700 ha de área plantada. Esse ano foi representado ainda pela diminuição na área cultivada com lavouras de café (700 ha) e milho

(500 ha) como consequência do aumento expressivo do cultivo da soja (**Figura 14**). Embora pouco representativo, houve nesse ano também o aumento na área plantada com trigo e cana-de-açúcar em relação ao ano de 1985, com respectivos, 4.500 e 172 ha.

Nos anos subsequentes a soja continuou a representar a maior porção em área plantada no município. No ano de 1995 sua área cultivada chegou a 8.000 ha, em 2000 passou a ser de 10.080 ha, mas foi no ano de 2005 que a soja ocupou sua maior área ao longo dos anos analisados, chegando a 13.000 ha, que correspondeu a 68,2% da área total do município. Em 2010 a soja apresentou uma redução na sua área plantada para 9.993 ha. Para esses mesmos anos há de se destacar também o cultivo de milho, que no ano de 1995 apresentou uma área plantada de 6.320 ha, que em 2000 foi reduzida para 4.800 ha. No ano de 2005 a área cultivada com milho foi de 6.600 ha e em 2010 sofreu uma pequena queda na área plantada para 6.285 ha (**Figura 14**).

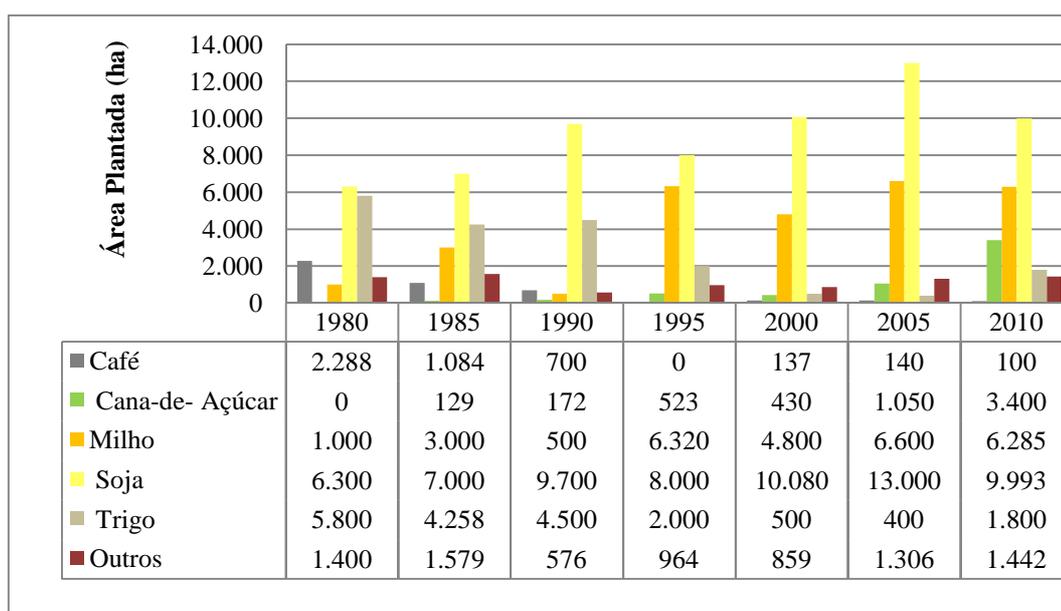


Figura 14 – Evolução da área plantada dos principais cultivos agrícolas no município de Floráí – PR.

Fonte: IPARDES (2012).

A pecuária no município de Floráí ainda integra uma parte importante no desenvolvimento da economia local, sendo representada, principalmente, pela produção de galináceos, bovinos para o abate e suínos, apesar da grande expansão do cultivo de soja. Em 1980 os galináceos já representam o maior número de indivíduos produzidos no município com um efetivo de 77.991 unidades, seguido pela criação de bovinos de corte com 11 mil cabeças e suínos com 3.315. As vacas ordenhadas eram representadas por apenas 600 cabeças

e todos os outros rebanhos, como de equinos, asininos, caprinos, ovinos, entre outros, somaram um efetivo de apenas 467 indivíduos (**Tabela 5**).

Ao longo da década de 1980 até meados da década de 1990 os rebanhos que demandavam uma maior extensão de terras para sua produção apresentaram um aumento gradativo em seus efetivos, contrariando a evolução caracterizada na agricultura para o mesmo período, e demonstrando que apesar do domínio agrícola da soja no município, alguns produtores resistiram à monocultura e se dedicaram a diversificação da produção em suas terras. Isso demonstra o porquê que em 1985 o rebanho de bovinos para o abate e leiteiro aumentou significativamente se comparado a 1980, apresentando 12.640 e 1.100 cabeças, respectivamente. Nesse mesmo ano, a produção de galináceos também registrou aumento para 110 mil indivíduos. Apenas a criação de suínos teve queda em seu número de efetivo chegando a 1.800 cabeças (**Tabela 5**).

Para o ano de 1990 foi mantida a tendência de aumento na produção de galináceos e na criação de gado leiteiro, com respectivos 157.842 indivíduos e 1.750 cabeças. Os efetivos de suínos também apresentaram aumento passando para 2.275 unidades (**Tabela 5**).

Tabela 5 – Evolução da pecuária no município de Floraí – PR.

	Rebanho de Bovinos	Galináceos	Rebanho de Suínos	Rebanho de Vacas Ordenhadas	Outros
1980	11.000	77.991	3.315	600	467
1985	12.640	110.000	1.800	1.100	931
1990	12.121	157.842	2.275	1.740	1.357
1995	14.572	216.739	1.414	1.750	1.414
2000	8.934	246.720	1.050	650	940
2005	7.262	264.000	1.270	700	1.425
2010	4.534	382.000	2.220	700	728

Fonte: IBGE/SIDRA (2012).

No ano de 1995 o rebanho bovino de corte apresentou seu maior número de efetivos no município durante o período analisado (14.572 cabeças). No entanto, para esse ano o mais significativo aumento em efetivos foi representado pelos galináceos (216.739 indivíduos).

Para os anos seguintes a tendência de redução nos efetivos seguiu a lógica empregada pelo aumento no cultivo agrícola, devido à diminuição dos rebanhos bovinos que demandam extensões maiores de terras para sua produção. Em 2000 os rebanhos bovinos de corte e de leite foram reduzidos significativamente se comparados com o ano de 1995, chegando a 8.934 e 650 cabeças, respectivamente, esses valores representaram uma diminuição média de aproximadamente 50% em seus efetivos. Para 2005 e 2010 a redução enunciada atingiu um número de efetivo de 7.276 e 4.534 cabeças para os bovinos de corte e 700 cabeças para o

gado leiteiro (**Tabela 5**). Os galináceos foram os únicos efetivos que apresentaram acréscimo em sua produção entre os anos de 2000 (246.720 mil indivíduos) e 2010 (382 mil indivíduos).

A economia de Floráí apresenta uma receita oscilante do Produto Interno Bruto (PIB) devido a sua forte dependência do setor agropecuário. No ano de 2009 seu PIB em valores correntes atingir o máximo de arrecadação com 83.378 mil reais (**Figura 15**).

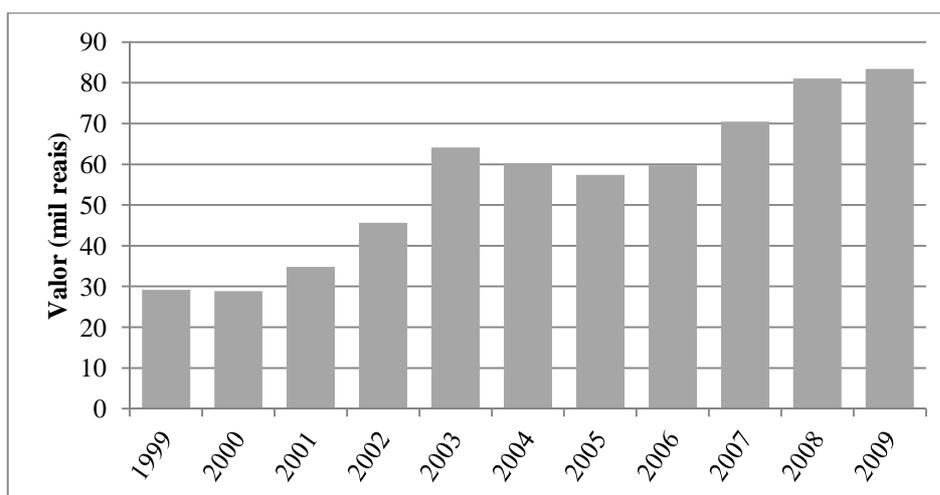


Figura 15 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes no município de Floráí – PR.
Fonte: IPARDES (2012).

Durante a análise do PIB de Floráí ao longo dos 10 anos registrados, observam-se dois momentos distintos que representaram a oscilação enunciada em seus valores. Do ano de 1999 até o ano 2003 o PIB do município apresentou uma tendência crescente representada pelos valores correntes de 29.155 mil em 1999 e 64.109 mil em 2003 (**Figura 15**). Entre os anos de 2004 e 2005 esses valores começam a diminuir em relação ao ano anterior de 2003, com respectivos valores de 60.289 e 57.343 mil reais.

A partir do ano de 2006 o PIB municipal volta a aumentar gradativamente atingindo o máximo de arrecadação em 2009. Os valores correntes nesse período chegaram a 59.766 mil reais em 2006, a 70.460 mil reais em 2007, e a 81.010 mil reais em 2008 (**Figura 15**).

Embora o município detenha atualmente sua principal receita concentrada no setor de serviços, sua economia ainda é muito dependente do setor agropecuário, ainda mais que o setor de serviços representa, entre outras coisas, o comércio local e as agências financeiras, que podem sofrer com prejuízos sempre que o setor agropecuário apresenta queda na produção ou quando os preços atribuídos à safra são desfavoráveis.

De modo geral, pode-se afirmar que a economia do município vem numa crescente desde o ano de 2005, onde o setor de serviços começa a se destacar em relação aos outros

setores da economia, porque até então, havia um equilíbrio entre os setores de serviços e o agropecuário. Há de se destacar o setor de serviços no ano de 2009 que somou um total de 42.798 mil reais, que corresponde a 51,33% de tudo o que foi produzido no município. Para o mesmo ano o setor agropecuário atingiu 21.069 mil reais, já o setor industrial arrecadou 9.845 mil reais (**Figura 16**).

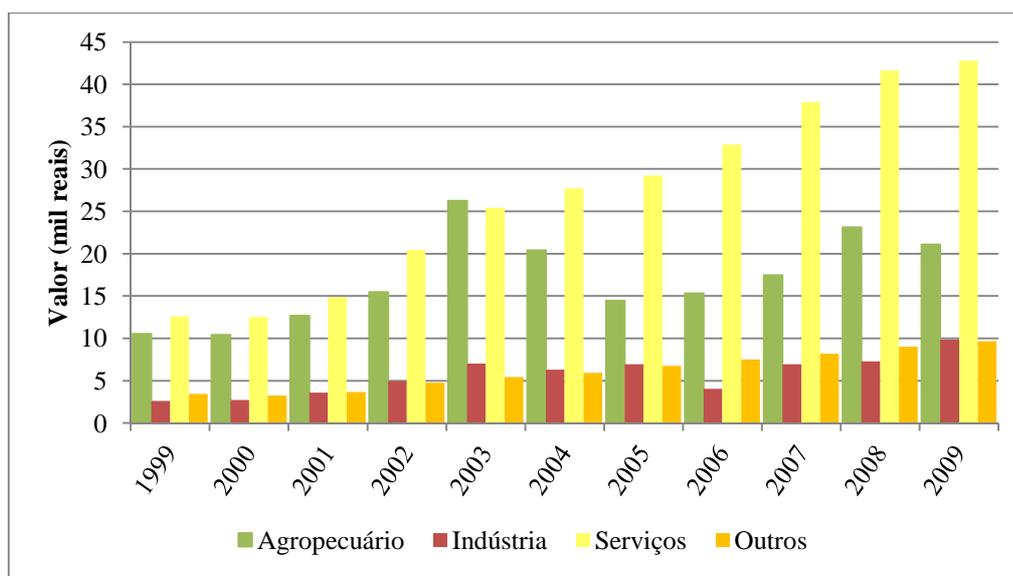


Figura 16 – Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes por setor da economia no município de Florai – PR.
Fonte: IPARDES (2012).

4 MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada à correlação de diversos procedimentos técnico-metodológicos, visando com isso, verificar a relação entre produção agrícola, condições climáticas em anos atípicos (chuvoso e seco) e as características dos solos na zona de contato arenito-basalto.

Todos os processos empregados no desenvolvimento metodológico do trabalho estão representados em forma de fluxograma (Figura 17), seguidos da explicação de cada passo adotado.

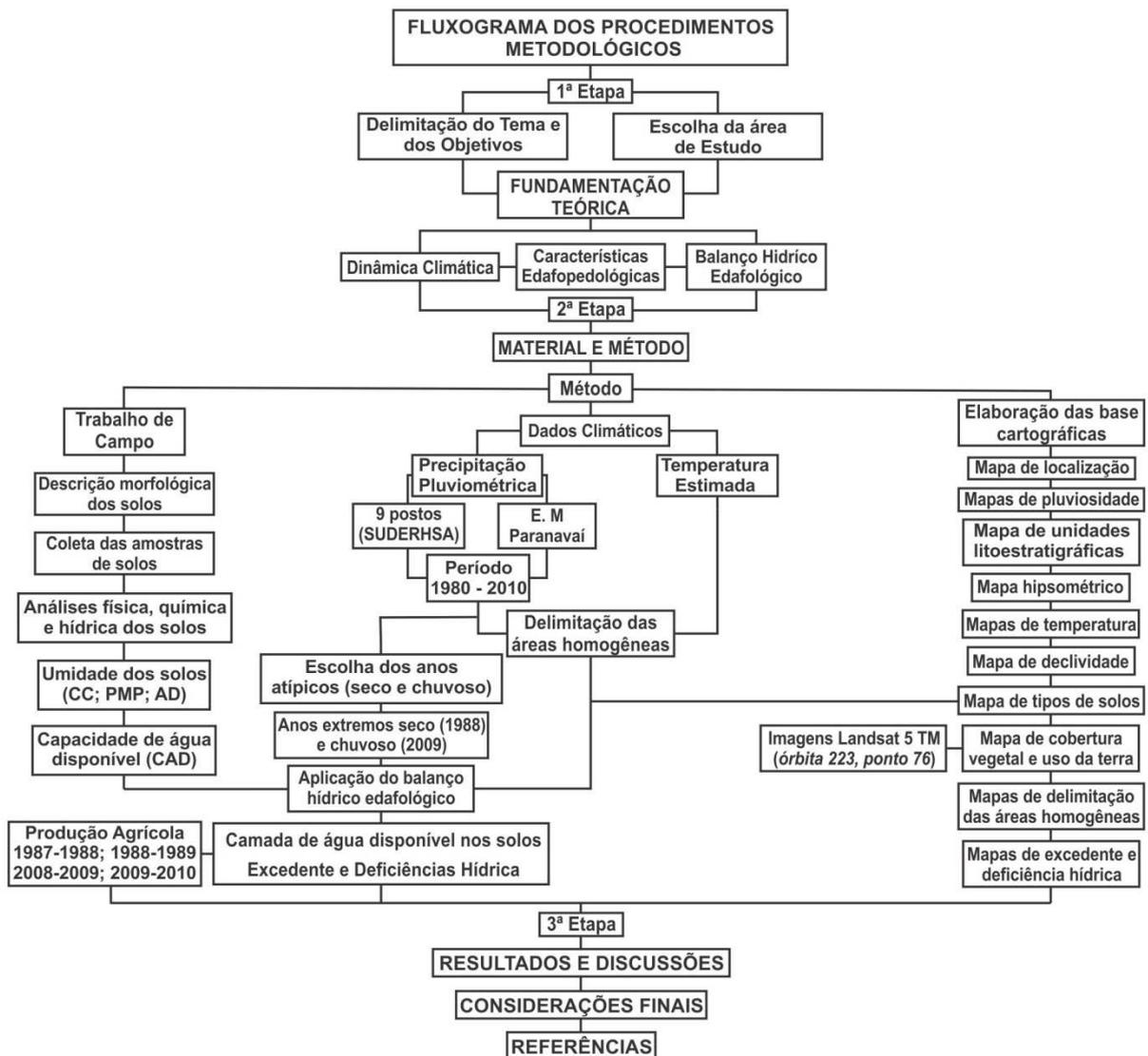


Figura 17 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

4.1 Escolha da área de estudo

Os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai foram escolhidos por apresentarem um setor agropecuário ainda muito ativo dentro de sua economia, além de serem representativos quanto às características transacionais dos solos da zona de contato entre o arenito da Formação Caiuá e basalto da Formação Serra Geral. Essa zona de contato vem sendo objeto de estudo do Projeto intitulado “As relações solo e clima na zona de transição arenito-basalto no Estado do Paraná” desde 2009, que está vinculado ao Grupo de Estudos de Paisagem e Desenvolvimento Rural do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

4.2 Cartas topográficas e mapa de solo

Foram utilizadas para o reconhecimento da área e localização dos pontos de coleta de solo, cartas topográficas editadas na escala de 1: 50.000 pelo Exército Brasileiro em 1989 (Carta Paraíso do Norte, folha SF-22-Y-C-III-4) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 1972 (Carta São Jorge do Ivaí, folha SF-22-Y-D-I-3) e o mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná editado na escala 1: 250.000 (MI's – 495 e 496), com as atualizações realizadas pela EMBRAPA (2007).

4.3 Trabalho de Campo

Após a escolha da área de estudo foram realizados levantamentos exploratórios dos solos, a fim de identificar e localizar pontos de coletas que fossem os mais representativos das características que distinguem cada classe de solo. Em cada município foram escolhidos dois tipos de solos levando em consideração sua maior ocorrência e características físicas predominantes. Em São Carlos do Ivaí foram coletadas amostras do Latossolo Vermelho Distrófico textura média e do Argissolo Vermelho Distrófico textura arenosa/média e, em Florai foram coletadas amostras do Latossolo Vermelho Eutroférico e do Nitossolo Vermelho Eutroférico, ambos com textura muito argilosa (**Tabela 6**).

A descrição morfológica e coleta das amostras foram procedidas em trincheiras abertas em cada tipo de solo com no mínimo 1,5 metros de profundidade. A descrição foi realizada seguindo os critérios estabelecidos no *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (LEMOS; SANTOS, 1996). Para a coleta das amostras nos horizontes dos perfis de solo nas trincheiras foram utilizados: enxadão, pá reta, martelo pedológico, faca, trena, carta

de cores de solo de *Munsell*, sacos plásticos, cravador, anéis volumétricos de 150 cm³, etiquetas, câmera fotográfica, além do GPS *Garmin Etrex* para registrar as coordenadas de cada ponto de coleta.

Foram coletadas amostras indeformadas com anéis volumétricos de 150 cm³ (altura: 5 cm; diâmetro : 6 cm) com base cortante em todos os horizontes descritos nos solos. Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório para que fossem determinadas a umidade na Capacidade de Campo (CC), no Ponto de Murcha Permanente (PMP) e a densidade do solo (**Tabela 6**). Também foram coletadas, no centro dos horizontes, amostras deformadas para realização das análises granulométricas e de macronutrientes.

Tabela 6 – Total de amostras indeformadas coletadas por perfis e horizontes dos solos.

Município	Tipos de solos ⁷	Horiz.	Número de Amostras	Total de amostras
São Carlos do Ivaí	Latossolo Vermelho Distrófico (text. média)	Ap	3	12
		BA	3	
		Bw ₁	3	
		Bw ₂	3	
	Argissolo Vermelho Distrófico (text. arenosa/média)	Ap	3	12
		EB	3	
		Bt ₁	3	
		Bt ₂	3	
Floraí	Latossolo Vermelho Eutroférico (text. argilosa)	Ap	3	12
		AB	3	
		Bw ₁	3	
		Bw ₂	3	
	Nitossolo Vermelho Eutroférico (text. argilosa)	Ap	3	15
		AB	3	
		Bnítico ₁	3	
		Bnítico ₂	3	
	Bw	3		

4.4 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais dos solos (físicas, químicas e hídricas) foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no *Manual de Métodos de Análise de Solos* (EMBRAPA, 1997). As determinações de granulometria e de macronutrientes dos solos foram feitas em TFSA (terra fina seca ao ar), proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra, sendo os resultados expressos em terra fina seca a 105°C.

⁷ Segundo a classificação retirada do mapa de solos do Estado do Paraná, escala 1: 250.000 (EMBRAPA, 2007).

4.4.1 Análise granulométrica

Para identificar a composição granulométrica da terra fina foi utilizado dispersão em água com NaOH, agitação de alta rotação e sedimentação. A argila foi determinada por densimetria no sobrenadante. A areia grossa e areia fina foram separadas por tamisamento em peneiras de malha de 0,2 mm e 0,053 mm, respectivamente. O silte foi obtido por diferença. Os valores das frações foram calculados de acordo com as seguintes expressões:

1. teor de argila = [argila (g) + dispersante (g)] - dispersante (g) x 1.000
2. teor de areia fina = areia fina (g) x 50
3. teor de areia grossa = [areia fina (g) + areia grossa (g)] - areia fina x 50
4. teor de silte = 1.000 - [argila (g) + areia fina (g) + areia grossa (g)]

4.4.2 Densidade do solo

A densidade do solo foi estabelecida pelo método do anel volumétrico (Kopecky). Os valores de densidade em cada horizonte dos solos é resultado da expressão:

$$D_s = a_s/v_a \quad (1)$$

Onde: D_s = Densidade do solo (g/cm³);

a_s = peso da amostra seca a 105°C (g);

v_a = volume do anel (cm³).

4.4.3 Análise de macronutrientes

1. pH em CaCl₂ medição por eletrodo combinado, imerso em suspensão-solo: solução de CaCl₂ 0,01 M na proporção de 1:2,5.
2. pH em H₂O medição em eletrodo combinado, imerso em suspensão-solo, água na proporção de 1:2,5.
3. Bases estáveis: Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1N e titulação com EDTA; K⁺ extraído com HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N e determinação por absorção atômica.
4. Soma de bases: cálculo de adição dos resultados da determinação anterior (S=Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺).

5. Acidez extraível: Al^{3+} extraído com KCl 1N e acidez titulada com NaOH 0,025 N e azul-bromotimol como indicador, H^+ e Al^{3+} extraídos com $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ 1N, pH 7,0 e acidez titulada com NaOH 0,0606 N e fenolftaleína como indicador; H^+ calculado por diferença.
6. Capacidade de trocas de cátions: cálculo do somatório dos resultados de base e acidez extraíveis, das determinações anteriores ($T = S + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$).
7. Porcentagem de saturação por bases: cálculo da proporção de troca de cátions ($V = S/T \times 100$).
8. Porcentagem de saturação por alumínio: cálculo da proporção de alumínio extraível abrangido no somatório de resultados de bases e alumínio extraíveis, segundo determinações supracitadas ($m = \text{Al}^{3+}/S + \text{Al}^{3+} \times 100$).
9. Fósforo extraível: extraído com HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N e determinado por colorimetria.
10. Carbono orgânico: oxidação via úmida com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4N e titulação com FeSO_4 0,1N.

Para melhor interpretação da composição dos macronutrientes dos solos, os resultados foram submetidos aos níveis de classificação sugerida pela EMATER (1998), onde são estabelecidos valores em formas de tabelas que representam os intervalos classificatórios entre vários níveis de suficiência apresentados entre muito baixo a muito alto dependendo da variável analisada.

4.4.4 Água disponível nos solos

Os valores de umidade na capacidade de campo (CC) e no Ponto de Murcha Permanente (PMP) foram determinados em laboratório utilizando método indireto. Para determinar a umidade na capacidade de campo foram utilizadas amostras indeformadas, previamente saturadas, colocadas sobre placa de cerâmica porosa para baixas tensões (até 1 bar) em “Panela de Pressão”, onde foi aplicada a tensão equivalente a 0,01 MPa até cessar a drenagem da água.

Os valores de umidade no ponto de murcha permanente foi determinada com amostra deformada, previamente saturada, disposta sobre a placa de cerâmica porosa para alta pressão (1 a 20 bar) submetida ao extrator de Richards, sendo aplicada a tensão equivalente a 1,5 MPa até que a drenagem de água seja cessada.

A umidade retida em cada horizonte dos solos, tanto na capacidade de campo, quanto no ponto de murcha permanente, foram determinados com base no volume por meio da expressão:

$$U = (a_u - a_s) \times V_s \quad (2)$$

Onde: U = umidade (cm^3/cm^3);

a_u = peso da amostra úmida após ser submetida à pressão utilizada: 0,01; 1,5 MPa (g);

a_s = peso da amostra seca a 105°C (g), como a densidade da água é igual a $1\text{g}/\text{cm}^3$, sua massa será igual ao seu volume;

V_s = volume da amostra de solo (g/cm^3).

Água disponível (AD) nos solos, muito importante para determinar a capacidade de água disponível (CAD), foi calculada pela expressão:

$$AD = (U_{CC} - U_{PMP}) \times 100 \quad (3)$$

Onde: AD = água disponível (%);

U_{CC} = umidade na Capacidade de Campo (0,01 MPa)

U_{PMP} = umidade no Ponto de Murcha Permanente (1,5 MPa).

A capacidade de água disponível em cada horizonte dos solos foi calculada utilizando a seguinte expressão:

$$h = \frac{(AD\% \times DS \times Eh)}{100} \times 10 \quad (4)$$

Onde: h = capacidade de água disponível no horizonte (mm);

AD = conteúdo de água disponível por horizonte (%);

DS = densidade do solo, em g/cm^3 ;

Eh = espessura do horizonte (mm).

A capacidade de água disponível (CAD) específica utilizada no balanço hídrico para cada solo foi calculada pelo somatório dos valores h obtidos para cada horizonte, expressando-se os resultados em mm.

4.5 Levantamento de dados climáticos

4.5.1 Precipitação pluviométrica

Para a realização do trabalho foram obtidos dados de precipitação pluviométrica diários para o período de 1980 a 2010, coletados em 9 postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná antiga Superintendência de Desenvolvimento de Recurso Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), e também, na Estação Meteorológica de Paranavaí, pertencente a rede de estações do instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) (**Quadro 1**).

Quadro 1 – Informações sobre os nove postos pluviométricos e estação climatológica de Paranavaí – PR.

Municípios	Postos Pluviométricos	Códigos (ANEEL)	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Série (Anos)
Rondon	<i>Porto Paraíso do Norte</i>	2352000	23°19'27"	52°40'01"	250	1980 – 2010
S. Carlos do Ivaí	<i>Porto São Carlos</i>	2352036	23°21'49"	52°31'26"	293	1980 – 2010
S. Jorge do Ivaí	<i>São Jorge do Ivaí</i>	2352063	23°25'00"	52°18'00"	350	1980 – 2010
Paranavaí	<i>Dep. José Afonso</i>	2352052	23°06'49"	52°42'45"	383	1980 – 2010
Guaporema	<i>Guaporema</i>	2352047	23°19'59"	52°46'00"	400	1980 – 2010
Paranavaí	<i>E.M. Paranavaí</i>	2352017	23°05'00"	52°26'00"	480	1980 – 2010
Nova Esperança	<i>Ivaitinga</i>	2352039	23°13'19"	52°20'59"	497	1980 – 2010
Japurá	<i>Japurá</i>	2352045	23°28'00"	52°33'00"	500	1980 – 2010
Indianópolis	<i>Indianópolis</i>	2352044	23°28'58"	52°42'05"	501	1980 – 2010
Floraí	<i>Floraí</i>	2352037	23°19'26"	52°17'58"	521	1980 – 2010

Fonte: Instituto das Águas do Paraná e E.M. Paranavaí - IAPAR.

O critério utilizado na escolha dos postos pluviométricos e da estação meteorológica de Paranavaí foi à distribuição e proximidade dos municípios. Assim, foram selecionados apenas os postos que estavam distribuídos ao seu entorno e num raio médio de no máximo 50 km de um dos municípios. Esse critério seguiu o propósito de estabelecer um melhor detalhamento na interpolação dos valores da precipitação pluviométrica dentro da área de estudo (**Figura 18**).

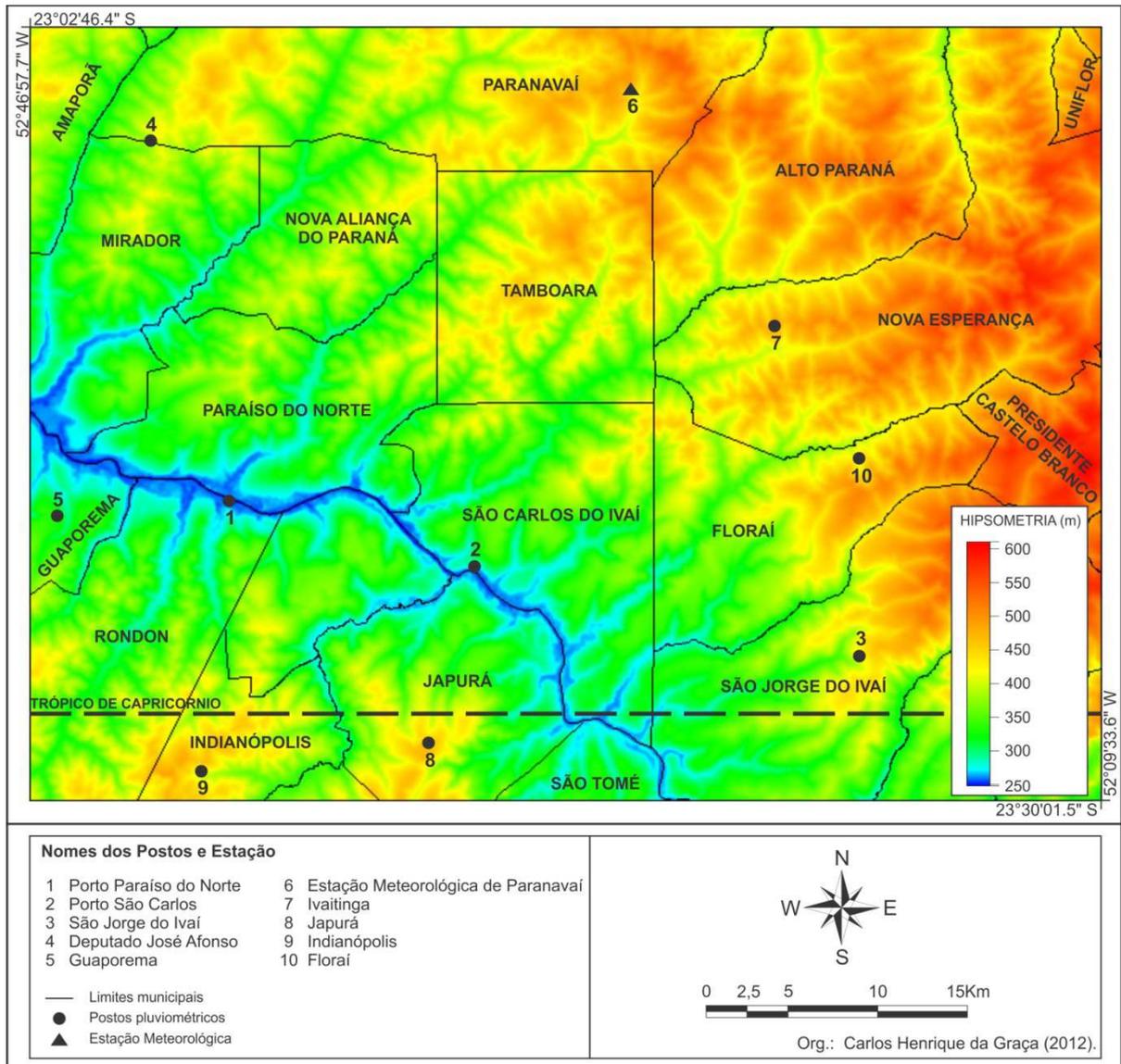


Figura 18 – Localização dos postos pluviométricos e estação meteorológica de Paranavaí sobre a hipsometria da região.

Os dados pluviométricos obtidos estavam em *arquivos de texto de bloco de notas* (*.txt), contendo toda a série analisada distribuídos diariamente. Esses arquivos foram convertidos para planilha eletrônica do *software Excel 2007*, onde foi procedida uma minuciosa conferência dos valores de precipitação a fim de verificar a existência de falhas nos dados como: faltas de dados e valores muito elevados, devido a erros de digitação. Essas falhas foram preenchidas segundo o método apresentado por Villela e Mattos (1975⁸ *apud* BALDO, 2006).

Segundo Baldo (2006) esse método é bastante utilizado para realizar esse tipo de estimativa. Para isso, são utilizados registros pluviométricos de três postos localizados o mais

⁸ VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

próximo possível do posto que apresente a falta de dados. Os dados faltantes foram estimados por meio da expressão:

$$P_x = \frac{\bar{P}_x}{3} \left(\frac{P_A}{\bar{P}_A} + \frac{P_B}{\bar{P}_B} + \frac{P_C}{\bar{P}_C} \right) \quad (5)$$

Onde: P_x – precipitação do mês faltante;

\bar{P}_x – precipitação média mensal da estação X;

P_A, P_B, P_C – precipitações mensais;

$\bar{P}_A, \bar{P}_B, \bar{P}_C$ – precipitação médias mensais das estações próximas.

Posteriormente ao preenchimento, os dados foram submetidos aos parâmetros estatísticos básicos (média, desvio-padrão, coeficiente de variação). Desse modo, foi possível calcular os valores médios para cada posto pluviométrico e dividi-los nas escalas de análise mensal, anual e sazonal para que se pudesse espacializar e, assim, estabelecer a dinâmica pluviométrica dos municípios. Para a escala sazonal foi considerado o ano civil, ou seja, verão (janeiro, fevereiro e março); outono (abril, maio e junho); inverno (julho, agosto e setembro); e primavera (outubro, novembro e dezembro). Essa mesma escala de análise foi atribuída aos dados de temperatura média estimada.

4.5.2 Temperatura do ar

Em virtude da falta de estações meteorológicas situadas em ambos os municípios, os dados de temperatura, muito importantes para a aplicação do balanço hídrico, foram estipulados utilizando os valores médios mensais e anuais estimados por Pinto e Alfonsi (1974), que utilizaram da latitude e altitude para estimar as temperaturas médias, máximas e mínimas mensais para todo o Estado do Paraná. Esses valores estão expressos em tabelas que correlacionam às altitudes, com intervalos de 50 metros, com as latitudes distribuídas a cada 30'.

Para identificar os valores de temperatura referentes aos municípios foi utilizada a latitude de 23.5° sul como variável fixa, já que as cotas altimétricas nos municípios variam de 250 a 550 metros. A latitude de 23.5° sul foi selecionada devido ao enquadramento latitudinal dos municípios, que estão localizados entre as coordenadas de 23.25° a 23.47° sul, portanto, mais próximas da latitude de 23.5° sul.

Para validar esses dados estimados foi aplicado o método de coeficiente de correlação linear de Pearson (r), visando determinar o grau de associação dos dados estimados com os dados de temperatura da estação meteorológica de Paranaíba (**Figura 19**). Esta estação foi escolhida por ser a mais próxima dos municípios, tanto em distância, que é de aproximadamente 50 km, quanto por sua altitude (480 metros). Foram utilizados para medir o nível de correlação linear os dados médios mensais de temperatura referentes ao período compreendido entre 1980 e 2010 da estação de Paranaíba e os dados de temperatura média mensal estimada de Pinto e Alfonsi (1974), apenas para a altitude de 500 metros que é a mais próxima da altitude da estação meteorológica (PAIVA; SILVEIRA; BALDO, 2011).

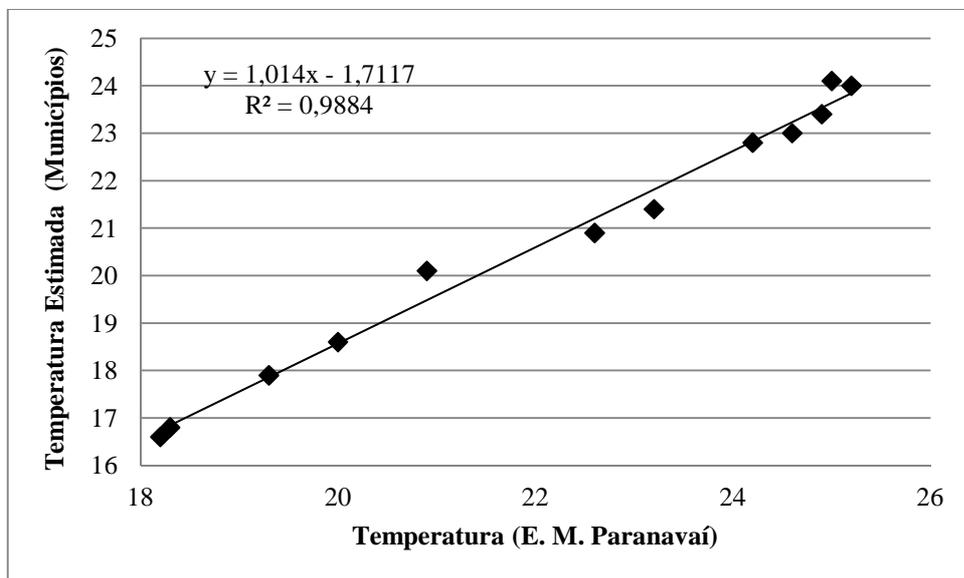


Figura 19 – Dispersão e nível de correlação dos valores de temperatura média mensais para os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí e estação meteorológica de Paranaíba.

4.6 Escolha dos anos padrão (seco e chuvoso)

A escolha dos anos padrão representativos (seco e chuvoso) para a aplicação dos balanços hídricos nos municípios foi realizada utilizando como critério o maior número de ocorrência de seca ou excesso de chuva identificada num respectivo ano por cada posto e na estação meteorológica. Assim, para a identificação desses anos representativos atípicos (seco/chuvoso) foi aplicada a tipologia de determinação de anos padrão proposta por Monteiro (1976), utilizando os valores mensais de precipitação de toda série histórica (1980 a 2010). Com base nesses valores, primeiramente, calculou-se o desvio da precipitação mensal, por meio da expressão:

$$Dp_m = p - NC_m \quad (6)$$

Onde: Dp_m – Desvio da precipitação mensal (mm);

p – Precipitação total mensal (mm);

NC_m – Normal climatológica do mês (mm).

Posteriormente, o cálculo do desvio da precipitação, determinou-se o coeficiente de variação do índice de chuva, por meio da expressão:

$$CV_m = \frac{Dp_m * 100}{NC_m} \quad (7)$$

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).

A partir dos valores do coeficiente de variação mensal das chuvas determinou-se o coeficiente de variação anual, usando a expressão:

$$CV_a = \frac{\sum_{n=1}^n CV_m}{n} \quad (8)$$

Onde: CV_a – Coeficiente de variação da chuva anual (%)

CV_m – Coeficiente de variação da chuva mensal (%);

n – número de meses.

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

1. **Ano normal** – representado por anomalias dentro do intervalo de 15% positivo a 15% negativo;
2. **Tendente a seco** – representado por desvios negativos entre 15,1 a 30%;
3. **Ano seco** – representado por desvios negativo superiores a 30,1%;
4. **Tendente a chuvoso** - representado por desvios positivos entre 15,1 a 30%;

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

4.7 Delimitação das áreas homogêneas: precipitação pluviométrica e temperatura

As áreas homogêneas nos municípios foram determinadas levando em consideração três aspectos importantes para a aplicação dos balanços hídricos específicos para cada tipo de solo, os valores médios anuais de precipitação pluviométrica para a série compreendida entre 1980 a 2010, os valores médios anuais estimados de temperatura do ar e as altitudes.

A precipitação pluviométrica foi delimitada obedecendo ao intervalo de no mínimo 55 mm. Esse intervalo foi utilizado com base no valor do curso médio anual da disponibilidade de água no solo para o Estado do Paraná que é de aproximadamente 55 mm (ORTOLANI *et al.*, 1970).

A delimitação realizada pela temperatura e altitude foi procedida de forma conjunta, já que os valores de temperatura foram estimados com base nas altitudes, além das latitudes (PINTO; ALFONSI, 1974). Os intervalos atribuídos para essa delimitação estão representados a cada 100 metros de altitude, cotas de 300, 400 e 500 metros, e no mínimo 0,5°C de variação na temperatura. Esses intervalos se aproximam da variação de temperatura de acordo com as diferenças altimétricas citada por Ometto (1981), que relaciona uma variação de 0,65°C de temperatura para mais ou para menos a cada 100 metros de altitude.

Para facilitar a identificação de cada intervalo delimitado e distribuído dentro dos municípios, foram atribuídos aos intervalos dois grupos categóricos denominados como: setores e subsetores. Aos setores está atribuída a delimitação dos intervalos (isoietas) de precipitação pluviométrica que receberam algoritmos representados por números romanos (I, II, III e IV). Os subsetores estão delimitados pela temperatura (isotermas) e altitude que são representados por letras minúsculas do alfabeto (a, b e c) subsequente aos números romanos (**Figura 20**). Essa compartimentação serviu de base para a obtenção dos valores específicos de precipitação pluviométrica mensal nos anos atípicos (seco e chuvoso) e de temperatura mensal para cada grupo categórico.

Posteriormente, os intervalos setorizados foram sobrepostos ao mapa de solos para então serem aplicados os balanços hídricos edafológicos, com CAD específica para cada tipo de solo dentro do seu respectivo setor e subsetor, assim caracterizando um melhor detalhamento do comportamento edafoclimático dos municípios (**Figura 21**).

Vale ressaltar que alguns trabalhos que contemplaram os municípios, tais como de Andrade (2005) e Paiva (2010) propuseram uma compartimentação da paisagem baseada mais em informações a cerca das formas do relevo local, que não couberam para utilização nesse trabalho.

4.8 Balanço hídrico edafológico

Para a realização dos balanços hídricos foram utilizados os valores específicos de precipitação pluviométrica delimitado pelos setores nos anos atípicos representativos (seco e chuvoso) e, também, dos valores de precipitação do ano anterior e do ano posterior a eles para que pudesse ser comparado com o ciclo das principais culturas dos municípios. Esses valores foram obtidos por meio da espacialização mensal da precipitação pluviométrica de cada ano, sendo sobreposta a setorização estabelecida pela precipitação média anual.

Os valores de temperatura foram obtidos também, por meio de sua espacialização mensal, que foi sobreposta aos subsetores estabelecidos pela temperatura média anual estimada. Os valores de temperatura utilizados no balanço hídrico não são referentes aos anos representativos (seco e chuvoso) por se tratar de valores médios estimados compilados em uma série de dados e não por um ano específico.

Para a determinação da marcha anual da água disponível nos horizontes de cada perfil das classes de solos analisadas nos municípios, com suas respectivas CAD, foi aplicado balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), com modificações realizadas por Ranzani (1971), que utiliza de dados climáticos e edafopedológicos para determinar o ritmo da água disponível em cada perfil de solo, além de propiciar a identificação de áreas que apresentam excedentes e/ou deficiências hídricas.

A evapotranspiração potencial foi determinada utilizando os valores de temperatura média estimada e a latitude dos municípios, relacionando-os aos monogramas preconizados por Thornthwaite (1948).

Para a estimativa da camada de solo com e sem água disponível foi utilizada a seguinte expressão:

$$Ct = Eh_{\text{acum}} + \frac{(P - EP)_{\text{acum}} - h_{\text{acum}}}{\frac{h}{Eh}} \quad (9)$$

Onde: Ct – Espessura da camada de terra (mm) com água disponível, quando P – EP for positiva e sem água disponível quando P – EP for negativa;

P – Precipitação pluviométrica média (mm);

EP – Evapotranspiração potencial média (mm);

Eh_{acum} - espessura dos horizontes do perfil de solo acumulada (mm).

h_{acum} - camada de água disponível acumulada (mm).

h - camada de água disponível no horizonte (mm);

Eh = espessura do horizonte (mm).

Os balanços hídricos foram aplicados especificamente para cada tipo de solo presentes dentro dos setores e subsetores compartimentados nos municípios. Foram utilizados como referência para sua aplicação os anos identificados como seco (1988) e chuvoso (2009). No entanto, como o intuito do trabalho também é correlacionar as informações obtidas pela dinâmica climática e dinâmica da água no solo com a produção agrícola, os balanços hídricos foram aplicados levando em consideração o período entre o plantio e colheita das safras para os anos de referência identificados. Assim, cada ano representativo (seco e chuvoso) foi correlacionado com dois períodos de safra nos municípios, as safras que foram semeadas no ano anterior e colhidas no ano representativo e as que foram semeadas no ano representativo e colhidas no ano posterior, ou seja, para o ano seco as safras de 1987/1988 e 1988/1989 e para o ano chuvoso as safras de 2008/2009 e 2009/2010.

4.9 Tipos de cultura e produção agrícola

Os dados referentes aos tipos de cultura e produção agrícola dos municípios foram obtidos via *sítio eletrônico* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema IBGE de Recuperação Automática (IBGE-SIDRA) e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - Banco de Dados do Estado (IPARDES). Os dados obtidos são representativos ao período compreendido entre 1980 a 2010.

Embora exista uma grande diversidade de cultivos agrícolas nos municípios foram selecionados, para efeito de comparação da produção com os dados do balanço hídrico

edafológico, apenas os cultivos temporários ou de ciclo curto mais representativo em área produzida (ha), como: cana-de-açúcar, milho (1ª e 2ª safra⁹), soja e trigo.

Para identificar a interferência do clima na produção agrícola nos anos atípicos selecionados foi adotado o período relacionado à época de semeadura e colheita das lavouras usando como base as informações específicas para a região dispostas no Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná (CARAMORI; GONÇALVES; FARIA, 2003), no Calendário Agrícola da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB - PR). As informações sobre o período de plantio e colheita da cana-de-açúcar foram obtidas junto a Cooperativa Agrícola Regional de Produtores de Cana – COOPCANA¹⁰, unidade São Carlos do Ivaí (Quadro 2).

Quadro 2 – Calendário agrícola adaptado para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai - PR.

Cultivos	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Cana-de-açúcar												
Milho (1ª safra)												
Milho (2ª safra)												
Soja												
Trigo												


 Plantio Colheita

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

4.10 Elaboração das bases cartográficas

A elaboração das bases cartográficas representou uma parte de fundamental importância no desenvolvimento do trabalho, já que esta se resume na representação e síntese de informações obtidas junto a órgãos oficiais especializados, tais como: o Instituto das Águas do Paraná - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), Minerais do Paraná (MINEROPAR), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), U.S. Geological Survey (USGS - GLOVIS) e de trabalhos de campo realizados nos municípios.

⁹ 1ª safra = ciclo normal e 2ª safra = safrinha.

¹⁰ O plantio da cana é realizado a cada 5 anos, sendo que a primeira colheita é feita entre 15 e 18 meses e as colheitas posteriores são realizadas a cada 12 meses (COOPCANA).

Os mapas temáticos foram elaborados utilizando diversas técnicas e *softwares* de geoprocessamento como: *Global Mapper*[®] versão 11, *Surfer*[®] versão 9, *ENVI*[®] versão 4.3, *ArcGis*[®] versão 10, *Google Earth*[®] versão 6.2 e finalizadas no *software* de vetorização gráfica *Corel Draw*[®] versão X4.

Para cada mapa temático elaborado criou-se um diretório específico onde foi salvo o banco de dados SIG (Sistema de Informação Geográfica). Esses arquivos SIG's foram editados utilizando o sistema de projeção UTM (fuso 22 sul) e *Datum* horizontal WGS84. Todos os mapas foram finalizados na escala 1: 250.000.

4.10.1 Base político-administrativa dos municípios

Como base para todas os mapas temáticos elaborados utilizou-se o recorte político-administrativo dos municípios do Paraná de 2010, desenvolvido e distribuído gratuitamente via *sítio eletrônico* do ITCG, no formato de arquivo *Shapefile*¹¹ (*.shp), de onde foram extraídos, utilizando o *software Global Mapper*, a área (km²), os limites municipais e os municípios limítrofes de São Carlos do Ivaí e Florai.

4.10.2 Mapas de Pluviosidade (Isoietas)

Os mapas de Pluviosidade, nas suas diversas escalas de análise (mensal, anual e sazonal), foram elaborados no *software Surfer*, que utiliza do método reticulado para realizar a interpolação de dados, com os quais foram gerados valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi realizado por meio do método *kriging* ou *krigagem*, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação (LANDIM, 2000).

Segundo Flores (2000), este método possibilita a melhor representação da continuidade dos fenômenos geográficos e, mais especificamente, do fenômeno pluvial, permitindo desta forma uma melhor espacialização dos regimes pluviométricos predominantes para uma área de estudo em diferentes escalas de análise.

Os mapas foram gerados separadamente e posteriormente exportados no formato *Geo Tiff* para serem recortados no *software Global Mapper* utilizando a base dos municípios.

¹¹ *Shapefile* é um formato popular de arquivo que contém dados geoespaciais em forma de vetores (ponto, linha, polígono) usado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Foi desenvolvido e regulamentado pela Esri (Environmental Systems Research Institute) como uma especificação aberta para interoperabilidade de dados entre os softwares da própria empresa e de outros fornecedores (ESRI, 2008).

4.10.3 Mapa de Unidades Litoestratigráficas

As informações pertinentes para a elaboração do mapa de Unidades Litoestratigráficas foram obtidas no Atlas Geológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2001), folhas de Umuarama (SF.22-Y-C) e Londrina (SF.22-Y-D). No entanto, a base digital (*.shp) com a delimitação de cada Unidade Litoestratigráfica foi obtida gratuitamente via *sítio eletrônico* do ITCG, editada na escala 1: 250.000. Essa base digital foi recortada utilizando o *software Global Mapper*, onde permaneceram apenas as informações contidas dentro da área dos municípios.

4.10.4 Mapa Hipsométrico

Os valores expressos no mapa Hipsométrico foram obtidos utilizando como base uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission - S24W053.hgt*), elaborada e distribuída gratuitamente via *sítio eletrônico* pela NASA. Essas imagens são resultado do projeto desenvolvido pela NASA no início do ano 2000, visando o mapeamento em três dimensões de todo o globo terrestre (ZYL, 2001).

A imagem SRTM foi recortada e trabalhada no *software Global Mapper*, onde posteriormente no arquivo recortado foram aplicados os intervalos de classes de altitude com equidistância de 50 metros. Os intervalos classificados para os municípios estão compreendidos entre 250, 300, 350, 400, 450, 500 e 550 metros de altitude.

4.10.5 Mapas de Temperatura (Isotermas)

Para a espacialização da temperatura média estimada foi utilizada a variação altimétrica dos municípios, tomando como base o recorte do mapa Hipsométrico feito sobre a imagem SRTM. Os valores cotados de altitude foram extraídos da imagem e representados em intervalos de 50 metros. Após a geração das isolinhas altimétricas, os valores cotados de altitude foram correlacionados aos valores de temperatura obtidos nas tabelas de temperaturas médias mensais estimadas para o Estado do Paraná (PINTO; ALFONSI, 1974).

No *software Global Mapper* as isolinhas receberam os dados de temperatura, gerando uma Grade Triangular (TIN), com a representação colorida da variação térmica mensal para cada classe altimétrica.

4.10.6 Mapa de Declividade

O mapa de Declividade, assim como o Hipsométrico, teve como base a imagem SRTM. Os intervalos de classificação da declividade utilizados foram os propostos pela EMBRAPA (1999), que considera as classes de 0 a 3% (Plano), 3 a 8% (Suave ondulado), 8 a 20% (Ondulado), 20 a 45 % (Forte Ondulado), 45 a 75% (Montanhoso) e maior do que 75% (Escarpado). Esses intervalos foram aplicados sobre a imagem SRTM utilizando a ferramenta *slope shader* do *software ENVI*. Optou-se por utilizar esse sistema de classificação da declividade, para que fosse, juntamente com a hidrografia, possível realizar adequações no mapa de tipos solos dos municípios.

4.10.7 Hidrografia

A hidrografia dos municípios foi elaborada partindo da base hidrográfica do Estado do Paraná disponível em formato de arquivo digital (*.shp) via *sítio eletrônico* do ITCG e editada na escala 1:250.000. Devido sua escala de pouco detalhamento, que apresentava apenas os cursos principais dos rios e ribeirões, tornou-se necessário a adequação da base hidrográfica para uma escala de maior detalhamento, onde se obtivesse, também, as informações de alguns cursos d'água tributários de menor expressão, como os córregos e riachos. Essas informações serviram, posteriormente, para adequação do mapa de tipos de solos dos municípios. Todo esse processo de adequação da rede hidrográfica dos municípios seguiu os procedimentos descritos por Paiva (2010).

4.10.8 Mapa de Tipos de Solos

As informações sobre os Tipos de Solos que ocorrem nos municípios foram obtidas por meio do mapa solos do Estado do Paraná editado na escala 1: 250.000, folhas: MI 495 e MI 496 (EMBRAPA, 2007). A base digital (*.shp) atualizada do mapa de solos de todo o Estado, também, está disponível no *sítio eletrônico* do ITCG. Esse arquivo foi importado para o *software Global Mapper* onde se realizou o recorte da área de interesse utilizando a base dos municípios.

Ao sobrepor o recorte das informações dos tipos de solos, principalmente, a rede hidrográfica mais detalhada e, posteriormente as classes de declividade, observou-se que alguns solos ali encontrados estavam generalizados, cruzando leitos de pequenos córregos e

sobre algumas feições de relevo onde dificilmente ocorrem. O Latossolo, por exemplo, foi o solo que sofreu mais ajustes, por estar transpondo em alguns pontos cabeceiras de drenagem e feições de relevo mais dissecado (ondulado), onde sua ocorrência é praticamente inexistente (EMBRAPA, 1999).

No intuito de diminuir essa generalização procedeu-se o ajuste do mapa de tipos de solos no *software Global Mapper*, correlacionando-a com as informações de declividade e hidrografia, promovendo assim, o reposicionamento dos solos em conformidades com os cursos d'água e relevos onde geralmente ocorrem.

4.10.9 Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Para a elaboração do mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra foram utilizadas imagens de satélite LandSat 5, sensor TM, tomada em 19/05/2011, correspondente à órbita 223 e ponto 76, com resolução espacial de 30 metros (1 pixel= 900m²), já processadas (georreferenciadas), obtidas via *sítio eletrônico* do U.S Geological Survey (USGS - GLOVIS).

As imagens foram trabalhadas no *software ENVI*, onde foram procedidos os seguintes passos: recorte da cena de interesse, aplicação da composição colorida (3B, 4R, 5G - falsa) e a conversão do formato original *TIFF* para *IMG*. Posteriormente, a esse processamento, as imagens foram submetidas ao método de classificação supervisionada automática *MAXVER* (*máxima verossimilhança ou Maxlikelihood*). Segundo Florenzano (2002), esse método de classificação utilizado é caracterizado como do tipo “*pixel a pixel*” porque utiliza apenas a informação espectral, isoladamente, de cada *pixel* para encontrar regiões homogêneas. Este algoritmo considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

Para evitar erros de interpretação visual das imagens foram estabelecidos 30 pontos de treinamento coletados em campo com GPS. Mesmo assim, após a classificação, a imagem foi submetida ao filtro de pós-classificação “*Análise de Majoração ou Minoração*” para diminuir os erros de identificação de cada *pixel*.

Os pontos de treinamento foram divididos em sete grupos de tipos de uso da terra, que são representados pelas:

1. Florestas densas ou Matas;
2. Silvicultura (cultivo de eucalipto e pinos);

3. Lavouras Permanentes (cultivo de laranja e café);
4. Lavouras Temporárias (cultivo de soja, milho e trigo);
5. Cultivo de cana-de-açúcar;
6. Pastagem (pastos e vegetação de brejo);
7. Solo exposto (áreas usadas para o cultivo de lavouras temporárias de ciclo curto e/ou cana-de-açúcar).

4.10.10 Áreas Urbanas e Rodovias

As informações referentes às áreas urbanas e rodovias foram digitalizadas manualmente no *software Google Earth* e exportadas no formato de arquivo *kmz*. Esses arquivos foram importados para o *software Global Mapper*, onde foram realizados ajustes, recorte e o agrupamento dos mesmo a todos os mapas temáticos.

4.10.11 Mapas de Excedente e Deficiência Hídrica

Para a elaboração dos mapas de excedente e deficiência hídrica foi utilizado como base os arquivos SIG's de tipos de solos, precipitação, altitude e temperatura, já previamente setorizados. Nesses arquivos foram adicionados os valores referentes aos excedentes e deficiências hídricas de cada setor e ano. Todos esses procedimentos foram realizados no *software ArcGis*, onde gerou-se um novo arquivo SIG, que posteriormente, foi submetido a ferramenta “*union*” para gerar os polígonos de representação homogênea dos intervalos com os valores representativos dos excedentes e deficiências por setores nos municípios.

4.11 Cálculos estatísticos

Todos os cálculos estatísticos utilizados na análise climática (média, preenchimentos de dados faltantes, desvio-padrão, coeficiente de variação), na análise pedológica (porcentagens, água disponível e capacidade de água disponível) e no balanço hídrico edafoclimático, mais os gráficos, quadros e tabelas, foram elaborados em planilha eletrônica do *software Excel*[®] 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos perfis representativos dos solos

Nos municípios analisados os solos mais representativos são os Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico. Esses solos ao serem submetidos às análises apresentaram variações significativas quanto às características físicas (granulometria, densidade e umidade) e químicas (macronutrientes), decorrentes principalmente do seu material de origem e, também, das condições do relevo onde ocorrem. Essas variações vão demandar cuidados específicos para cada solo quanto ao manejo e tipo de uso, principalmente, nos que derivam dos arenitos da Formação Caiuá, que apresenta, geralmente, valores significativos de areia (superiores a 60%), baixa fertilidade e capacidade de reter umidade, além da maior suscetibilidade a erosão quando comparados com os solos formados a partir do basalto da Formação Serra Geral que apresentam textura argilosa ou muito argilosa.

5.1.1 LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

O Latossolo Vermelho Distrófico encontrado nos municípios desenvolveu-se essencialmente sobre os arenitos da Formação Caiuá, ocorrendo geralmente em porções de relevo com declividades inferiores a 6 %, habitualmente situados nos topos de interflúvios, sendo cultivado atualmente com lavouras de cana-de-açúcar, principalmente em São Carlos do Ivaí. As principais características observadas para esse solo foi intensa intemperização, boa drenagem, ausência de concreções lateríticas, coloração predominantemente vermelha (2,5 YR), com variações entre “*chroma*” e “*value*” em profundidade (3/6 e 4/6 a 4/8), com horizontes A e B de difícil diferenciação, com transição variando de plana-gradual a plana-difusa. A estrutura é fraca, pequena a média e granular no horizonte Ap, fraca, pequena a média e bloco angulares a subangulares no horizonte BA e fraca a moderada, pequena a média e bloco angulares a subangulares no horizonte Bw₁ e Bw₂, com textura variando, entre areia-franca, franco-arenosa e franco-argiloarenosa (**Figura 22**).

A análise da composição granulométrica mostrou, como principal característica, um baixo teor de silte e argila e alto teor de areia total, prevalecendo a areia grossa (**Tabela 7**). Essa característica foi evidenciada em todo o perfil amostrado e confirmou a classificação textural “média” para solo, como descrita pela EMBRAPA (2007). A baixa relação silte/argila

Os resultados granulométricos analisados ao longo do perfil demonstram uma pequena variação nos teores de argila entre os horizontes Bw_1 e Bw_2 , de 21 % para 22%, respectivamente (**Figura 23 - A**). O menor valor foi observado no horizonte Ap (11%) indicando que o uso e manejo do solo tem favorecido uma lavagem das argilas que consequentemente promove a arenização da camada superficial.

A densidade aparente do solo é de $1,62 \text{ gr/cm}^3$ (**Tabela 7**), com uma significativa elevação entre os horizontes Ap e BA, onde os valores passaram de $1,479 \text{ gr/cm}^3$ para $1,843 \text{ gr/cm}^3$, respectivamente, enquanto que nos horizontes Bw_1 e Bw_2 , a relação é inversa, apresentando redução nos valores em profundidade (**Tabela 7**). A maior densidade no horizonte BA pode estar relacionada à compactação promovida, pelo manejo inadequado com a utilização de maquinários agrícolas muito pesados (FAGERIA; STONES, 2006). Essa compactação, segundo Silveira (2001), é mais evidente entre 20 e 40 cm de profundidade, limites que se encaixam no intervalo descrito como horizonte BA desse solo.

A umidade contida no solo apresentou uma relação evidente com a fração argila, tanto que, à medida que aumenta a porcentagem de argila em profundidade (**Figura 23 - A**) a água disponível também aumenta (**Figura 23 - B**). A umidade total disponível no solo é de $0,056 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ou $0,56 \text{ mm/cm}$, consideravelmente baixa (FONTES; OLIVEIRA, 1982), sendo o horizonte Ap o que apresentou o menor volume de água disponível com $0,032 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, devido ao baixo teor de matéria orgânica e argila (**Tabela 7**). Os horizontes subsuperficiais (BA, Bw_1 e Bw_2) apresentaram valores de água disponível muito próximo, mas superiores ao Ap, com $0,062 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $0,065 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e $0,066 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, respectivamente (**Tabela 7**).

Os baixos valores totais obtidos na capacidade de campo (CC), de $0,285 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, e no ponto de murcha permanente (CMP), de $0,229 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (**Tabela 7**), aliados às características texturais, estruturais, e de porosidade total dos horizontes, sugerem que esse solo, apresenta um rápido preenchimento ou saturação, em períodos mais chuvosos, devido à baixa CC, e da mesma forma, uma rápida perda da umidade em períodos de escassez de chuvas. Consequentemente, a essas características a capacidade de água disponível (CAD) total do solo para as plantas é relativamente baixa, armazenando apenas 148,06 mm (**Tabela 7**).

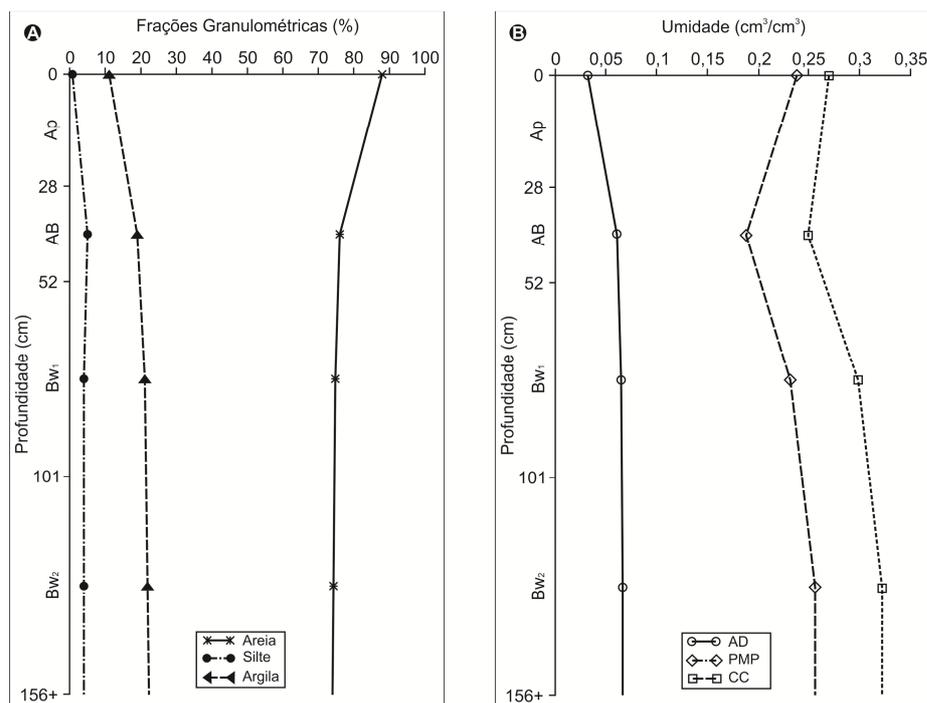


Figura 23 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Latossolo Vermelho Distrófico.

Em relação à composição química (macronutrientes) o solo apresentou uma diminuição nos valores dos seus atributos em profundidade e, conseqüentemente, o aumento de sua acidez devido à lixiviação das bases trocáveis.

Os valores da soma de bases se diferenciaram em profundidade, apresentando um decréscimo entre o horizonte Ap em relação aos outros horizontes entre 2,67 cmol_c/dm³ e 1,44 cmol_c/dm³, respectivamente, representando uma baixa composição de cátions trocáveis no solo (**Tabela 7**), o que segundo Pedroso Neto *et al.* (2008), é uma característica marcante da maioria dos Latossolos, principalmente, pelos baixos níveis encontrados de cálcio e magnésio. Esses resultados da soma de bases refletem a baixa CTC em pH 7,0 encontrada em todo o perfil do solo (EMATER, 1998), com valores variando entre 4,70 cmol_c/dm³, no horizonte Ap, a 3,4 cmol_c/dm³ no horizonte Bw₂.

Para a acidez extraível ou trocável (Al⁺³ e H⁺) foram encontrados valores com níveis médios em H⁺, que variaram de 2,03 cmol_c/dm³ (Ap) a 2,36 cmol_c/dm³ (BA e Bw₁), enquanto que o Al⁺³ foi encontrado apenas no horizonte Bw₂, com 0,25 cmol_c/dm³, onde concomitantemente, houve uma redução nos valores de H⁺ em relação aos horizontes BA e Bw₁ (**Tabela 7**). Os baixos valores de Al⁺³ remetem, também, uma baixa saturação por alumínio (EMATER, 1998), identificada apenas no horizonte Bw₂, com 14,8% (**Tabela 7**). Apesar dos valores de cátions ácidos terem sido baixos ainda apresentaram valores superiores

aos cátions essenciais na solução do solo, refletindo ao solo pobreza de nutrientes e possíveis limitações quanto à acidez no horizonte B.

A saturação por bases apresentou distinção entre os valores encontrados em relação à profundidade dos horizontes. O horizonte Ap exibiu uma saturação por base de 56,78%, enquanto que os horizontes subsuperficiais BA, Bw₁ e Bw₂ apresentaram 47,73%, 39,77%, 37,86%, respectivamente (**Tabela 7**), confirmando a classificação do solo como distrófico, concordando com a obtida pela EMBRAPA (2007).

Os valores de fósforo assimilável apresentaram discrepância significativa entre os níveis de suficiência em profundidade, sendo consideravelmente alto no horizonte Ap, com 20,81 mgP/cm³, moderado no horizonte BA, com 7,29 mgP/cm³, e baixo nos horizontes Bw₁ e Bw₂, com respectivos valores de 2,76 mgP/cm³ e 2,13 mgP/cm³ conforme a classificação estabelecida pela EMATER (1998) (**Tabela 7**). Os altos valores de fósforo encontrados no horizonte Ap, provavelmente está relacionada a tipo de adubação ou correção feita no solo.

O pH do solo, tanto em $CaCl_2$ quanto em H_2O , em termos gerais, apresentou uma variação significativa nos valores em profundidade, sendo considerados básicos nos horizontes Ap e BA, moderadamente ácidos no horizonte Bw₁ e altamente ácidos no horizonte Bw₂ (EMATER, 1998). Os valores de pH em H_2O foram sempre superiores aos valores de pH em $CaCl_2$ apresentando ΔpH positivo em todos os horizontes, o que demonstra a maior presença de cargas positivas na solução solo em detrimento da possível participação dos óxidos de ferro (PRADO, 2003). Em H_2O os valores de pH do solo variaram na ordem 7,2 a 5,0, enquanto em $CaCl_2$ o pH variou entre 6,4 e 4,6, isso em relação aos horizontes Ap e Bw₂ (**Tabela 7**).

Os valores encontrados do teor de carbono orgânico e matéria orgânica foram relativamente baixos em todos os horizontes do solo, com valores extremos de 4,83 gr/cm³ e 8,33 gr/cm³, no horizonte Ap, e 2,11 gr/cm³ e 3,64 gr/cm³, no horizonte Bw₂ (**Tabela 7**).

Tabela 7 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Latossolo Vermelho distrófico.

LATOSSOLO VERMELHO Distrófico													
Composição Granulométrica							Densidade Apar.	Umidade			CAD/Hor		
Horizontes		Areia		Silte	Argila	Sil/Arg	Classe Textural	(g/cm ³)	(cm ³ /cm ³)			(mm)	
Símb.	Profund. (cm)	Grossa	Fina						----- % -----				CC
Ap	0 – 28	77	11	01	11	0,09	Areia-franca	1,479	0,27	0,238	0,032	13,27	
BA	28 – 52	73	03	05	19	0,26	Franco-arenosa	1,843	0,25	0,188	0,062	27,42	
Bw ₁	52 – 101	71	04	04	21	0,19	Franco-argiloarenosa	1,646	0,298	0,233	0,065	52,63	
Bw ₂	101 – 156 ⁺	71	03	04	22	0,18	Franco-argiloarenosa	1,513	0,323	0,257	0,066	54,72	
Total =								1,62	0,285	0,229	0,056	148,04	

Composição Química (Macronutrientes)															
Horizontes		Bases trocáveis			Soma de Bases (S)	Acidez Ext.		CTC (pH7)	Satur. por Bases (V)*	Satur. por Al (m)**	Fósforo Assimil. (P)	pH (1: 2,5)		Carb. Org. (C)	Matéria Org. (MO)
Símb.	Profund. (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺		Al ⁺³	H ⁺					CaCl ₂	H ₂ O		
		----- cmol/dm ³ -----						----- % -----					---- g/dm ³ ----		
Ap	0 – 28	1,89	0,68	0,10	2,67	0,00	2,03	4,70	56,78	0,00	20,81	6,4	7,2	4,83	8,33
BA	28 – 52	1,40	0,72	0,30	2,15	0,00	2,36	4,51	47,73	0,00	7,29	5,7	6,4	4,31	7,42
Bw ₁	52 – 101	1,07	0,47	0,02	1,56	0,00	2,36	3,92	39,77	0,00	2,76	5,5	6,1	2,89	4,98
Bw ₂	101 – 156 ⁺	0,92	0,51	0,01	1,44	0,25	2,11	3,80	37,86	14,8	2,13	4,6	5,0	2,11	3,64

*V (%) = 100 (S/T); **m (%) = 100 (Al⁺³/(S + Al⁺³)).

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

5.1.2 ARGISSOLO VERMELHO Distrófico

O Argissolo Vermelho Distrófico analisado nos municípios se desenvolveu predominantemente sobre os arenitos da Formação Caiuá, no entanto, em alguns casos encontra-se sobre faixas transicionais entre o arenito e o basalto da Formação Serra Geral. Ocorre geralmente em declividades que variam entre 8% e 20%, comumente é encontrado no terço médio e inferior das vertentes, sendo cultivado com pastagens em ambos os municípios e, também, com cana-de-açúcar em São Carlos do Ivaí. O perfil descrito para esse solo apresentou predominantemente a coloração vermelha (2,5 YR), com variações entre “chroma” e “value” em profundidade (5/4 a 5/6 e 4/6). A estrutura no horizonte Ap é fraca, muito pequena, maciça que se desfaz em grão simples; no horizonte EB é fraca, pequena a média, granular passando a bloco angular; no horizonte Bt₁ é fraca a moderada, média, bloco angular a subangular; e no horizonte Bt₂ é moderada, média, bloco angular a subangular, com textura variando entre areia (Ap), franco-arenosa (EB e Bt₁) e franco-argiloarenosa (Bt₂) e transição plana-clara e plana-gradual (**Figura 24**).

A análise da composição granulométrica do solo mostrou, assim como no Latossolo Vermelho Distrófico, um baixo teor de silte e argila e alto teor de areia total, prevalecendo a areia grossa (**Tabela 8**).

Em relação aos horizontes observa-se que o solo apresenta um elevado gradiente textural (3,6), com argila passando de 6% no horizonte Ap para 25% no horizonte Bt₂ (**Figura 25 - A**). A classificação textural desse solo variou entre arenosa nos horizontes Ap e EB a média nos horizontes Bt₁ e Bt₂, sendo definida como “arenosa/média”, concordando com a descrita pela EMBRAPA (2007). Apresenta uma baixa relação silte/argila (< 0,7) que indica baixo teor de silte e, portanto, um alto grau de intemperismo do material.

A densidade aparente do solo é de 1,60 gr/cm³. Em relação aos horizontes os resultados mostraram que os maiores valores estão concentrados nos horizontes EB e Bt₁, com 1,888 gr/cm³ e 1,612 gr/cm³, respectivamente, enquanto que os menores valores são encontrados nos horizontes Ap e Bt₂, com respectivos 1,448 gr/cm³ e 1,486 gr/cm³ (**Tabela 8**). Os maiores valores de densidade dos horizontes EB e Bt₁, além de representar um grau de compactação relativamente comum para essa profundidade em solos com uso agrícola (FAGERIA; STONES, 2006), mostram uma relação direta com a diminuição do teor de matéria orgânica contida nos horizontes, ao passo que, quando a matéria orgânica se elevava a densidade diminui e, conseqüentemente eleva a porosidade total na porção do solo.

mostrando que há relação entre o aumento da argila com a elevação da umidade no solo, isso fica evidente ao observar semelhança entre as curvas das duas variáveis em profundidade (**Figura 25 – A e B**).

O solo apresentou um baixo valor de água disponível, com $0,049 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ou $0,49 \text{ mm/cm}$ conforme a classificação apresentada por Fontes e Oliveira (1982). Observa-se no horizonte EB uma redução na umidade, tanto na capacidade de campo quanto no ponto de murcha permanente, em relação aos outros horizontes, que pode ser explicada pelo aumento da densidade aparente no horizonte (**Tabela 8**), que interfere diretamente, devido à compactação, no fluxo e na capacidade de armazenar água do solo, que apresentou um valor total muito baixo com apenas $123,86 \text{ mm/mm}$ (**Tabela 8**).

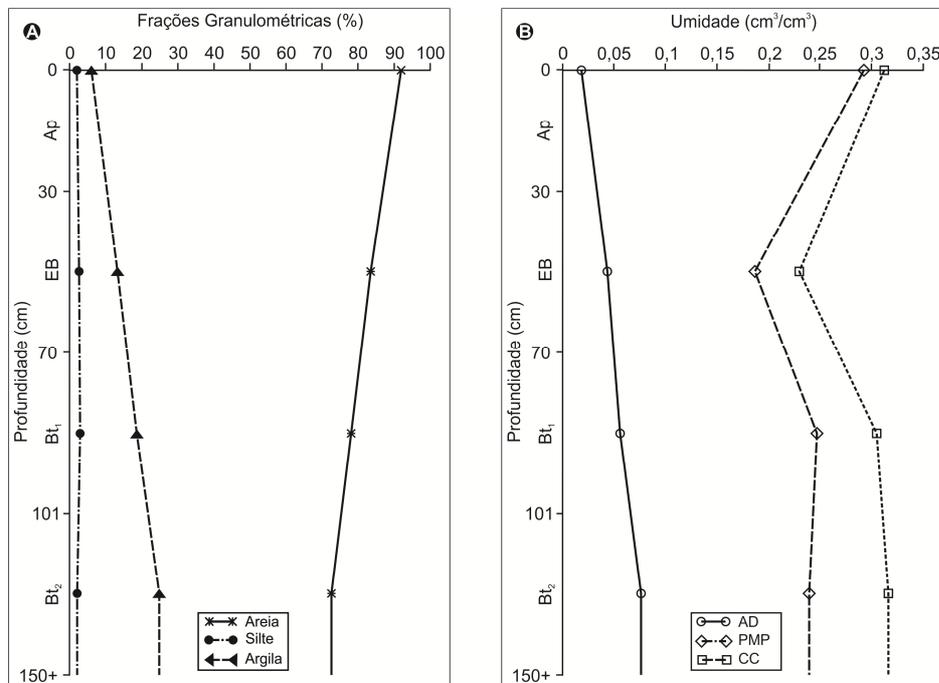


Figura 25 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Argissolo Vermelho distrófico.

Em relação à composição química (macronutrientes) o solo apresentou, de modo geral, diminuição nos valores dos seus atributos entre o horizonte Ap e EB e elevação entre os horizontes Bt₁ e Bt₂. Os maiores valores de soma de bases foram encontrados nos horizontes Ap e Bt₂, com respectivos $2,32 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e $2,41 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ (**Tabela 8**). Os resultados da soma de bases refletem diretamente na baixa CTC em pH 7,0 (EMATER, 1998) encontrada em todo o perfil do solo, com os maiores valores variando entre $4,35 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$, no horizonte

Ap, a 4,78 cmol_c/dm³, no horizonte Bt₂. Os menos valores concentraram-se entre os horizontes EB e Bt₁, 3,93 cmol_c/dm³ e 4,36 cmol_c/dm³, respectivamente (**Tabela 8**).

A acidez extraível ou trocável (Al⁺³ e H⁺) apresentou valores com níveis médios em H⁺, que variaram de 2,03 cmol_c/dm³ (Ap) a 2,37 cmol_c/dm³ (Bt₂), enquanto que o Al⁺³ foi encontrado apenas no horizonte EB, com 0,35 cmol_c/dm³ (**Tabela 8**). A saturação por Al⁺³ foi identificada apenas no horizonte EB, com 20,2 %, que remete a uma alta saturação para o horizonte (EMATER, 1998).

A saturação por bases apresentou distinção entre os valores encontrados em relação à profundidade. O horizonte Ap e Bt₂ exibiu uma saturação por base de 53,36% e 51,38%, respectivamente, enquanto que os horizontes EB e Bt₁ apresentaram, respectivamente, 35,33%, 45,85% (**Tabela 8**). Embora o horizonte Bt₂ tenha apresentado um caráter eutrófico, na média entre a saturação por bases do horizonte Bt, o valor de 48,66% obteve identificou o solo como distrófico, assim como classificado pela EMBRAPA (2007).

Os valores de fósforo assimilável apresentaram discrepância significativa entre os níveis de suficiência em profundidade, sendo consideravelmente alto no horizonte Ap, com 14,58 mgP/cm³, e relativamente baixo nos horizontes EB, Bt₁ e Bt₂, com 2,58 mgP/cm³, 2,49 mgP/cm³ e 2,22 mgP/cm³, respectivamente (**Tabela 8**). O horizonte Ap desse solo exibiu um alto valor de fósforo, assim como ocorreu no Latossolo Vermelho Distrófico, que é resultado do uso constante de fertilizantes.

O pH do solo, tanto em CaCl₂ quanto em H₂O, em termos gerais, apresentou uma variação significativa nos valores entre os horizontes, apresentando-se ácido no horizonte EB, moderadamente ácido no horizonte Bt₁ e básico nos horizontes Ap e Bt₂ (EMATER, 1998). Os valores de pH em H₂O foram sempre superiores aos valores de pH em CaCl₂ apresentando ΔpH positivo em todos os horizontes, assim como ocorre no Latossolo Vermelho Distrófico. Em H₂O os valores de pH do solo variaram na ordem 6,7 a 5,0, enquanto em CaCl₂ o pH variou entre 6,0 e 4,5, isso em relação aos horizontes Ap e EB que são os que representam os valores extremos de pH básico e ácido do solo (**Tabela 8**).

Os valores encontrados do teor de carbono orgânico e matéria orgânica foram relativamente baixos em todos os horizontes do solo, com valores extremos de 3,81 gr/cm³ e 6,56 gr/cm³, no horizonte Bt₂, e 2,67 gr/cm³ e 4,60 gr/cm³, no horizonte EB (**Tabela 8**).

Tabela 8 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Argissolo Vermelho Distrófico.

ARGISSOLO VERMELHO Distrófico													
Composição Granulométrica							Densidade Apar.	Umidade			CAD/hor.		
Horizontes		Areia		Silte	Argila	Sil/Arg	Classe Textural	(g/cm³)	(cm³/cm³)				
Símb.	Profund. (cm)	Grossa	Fina						CC	PMP	AD	(mm)	
----- % -----													
Ap	0 – 30	76	16	02	06	0,33	Areia	1,448	0,313	0,295	0,019	8,18	
EB	30 – 70	74	10	03	13	0,23	Franco-arenosa	1,888	0,23	0,186	0,044	33,21	
Bt ₁	70 – 110	68	10	03	19	0,16	Franco-arenosa	1,612	0,305	0,248	0,057	36,71	
Bt ₂	110 – 150 ⁺	62	11	02	25	0,08	Franco-argiloarenosa	1,483	0,317	0,24	0,077	45,75	
Total =								1,608	0,291	0,242	0,049	123,86	

Composição Química (Macronutrientes)															
Horizontes		Bases trocáveis			Soma de Bases (S)	Acidez Ext.		CTC (pH7)	Satur. por Bases (V)*	Satur. por Al (m)**	Fósforo Assimil. (P)	pH (1: 2,5)		Carb. Org. (C)	Matéria Org. (MO)
Símb.	Profund. (cm)	Ca⁺²	Mg⁺²	K⁺		Al⁺³	H⁺					CaCl₂	H₂O		
----- cmol _c /dm ³ -----							----- % -----			mgP/dm ³		---- g/dm ³ ----			
Ap	0 – 30	1,66	0,60	0,07	2,32	0,00	2,03	4,35	53,36	0,00	14,58	6,0	6,7	3,44	5,94
EB	30 – 70	0,89	0,43	0,07	1,39	0,35	2,19	3,93	35,33	20,2	2,58	4,5	5,0	2,67	4,60
Bt ₁	70 – 110	1,43	0,51	0,06	2,00	0,00	2,36	4,36	45,85	0,00	2,49	5,4	6,1	3,14	5,41
Bt ₂	110 – 150 ⁺	2,09	0,30	0,02	2,41	0,00	2,27	4,78	51,48	0,00	2,22	5,8	6,5	3,81	6,56

*V (%) = 100 (S/T); **m (%) = 100 (Al⁺³/(S + Al⁺³)).

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

5.1.3 LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

O Latossolo Vermelho Eutroférico nos municípios se desenvolveu essencialmente sobre as rochas básicas da Formação Serra Geral, ocorre geralmente em porções de relevo com declividades inferiores a 6 %, habitualmente encontrado nos topos de interflúvios, sendo cultivado, principalmente, com lavouras temporárias em ambos os municípios. O perfil descrito para esse solo apresentou profunda e intensa intemperização, boa drenagem, ausência de concreções lateríticas, coloração predominantemente vermelho-escura (10R), sem variações entre “*chroma*” e “*value*” em profundidade (3/4), com horizontes A e B de difícil diferenciação visual. Apresentou estrutura moderada a forte, média, granular passando a bloco subangular no horizonte Ap; moderada, média, bloco angulares a subangulares no horizonte AB; e forte, muito pequena, granular nos horizontes Bw₁ e Bw₂, com textura muito argilosa sem variação em profundidade, apresentando transição plana-difusa entre os horizontes (**Figura 26**).

A análise da composição granulométrica do solo mostrou, como principal característica, um baixo teor de silte e areia total e alto teor de argila, que ultrapassou em todos os horizontes os 60% (**Tabela 9**). Nos horizontes observa-se a presença de um baixo gradiente textural (1,17), com ligeiro aumento de argila em profundidade, passando de 67% no horizonte Ap para 79% no horizonte Bw₂ (**Figura 27 - A**). A baixa relação silte/argila (< 0,6) encontrada no horizonte B comprova o elevado processo de intemperização do material, caracterizando a presença do horizonte diagnóstico B latossólico, assim como no Latossolo Vermelho Distrófico. Os resultados mostraram ainda, que a classificação textural desse solo é “muito argilosa” divergindo da classificação “argilosa” definida pela EMBRAPA (2007).

A densidade aparente do solo é de 1,25 gr/cm³, apresentando maiores valores nos horizontes superficiais (Ap e AB) e diminuição nos horizontes subjacentes. A maior densidade nos primeiros horizontes pode estar diretamente relacionada com o tráfego dos maquinários agrícolas, que segundo Tormena; Roloff e Sá (1998) podem ser relativamente comuns em solos submetidos aos sistemas de plantio direto e convencional. O maior valor de densidade é encontrado no horizonte AB, com 1,337 gr/cm³, no horizonte Ap a densidade é de 1,285 gr/cm³, e nos horizontes subjacentes (Bw₁ e Bw₂) os valores foram, respectivamente, de 1,209 gr/cm³ e 1,196 gr/cm³ (**Tabela 9**).

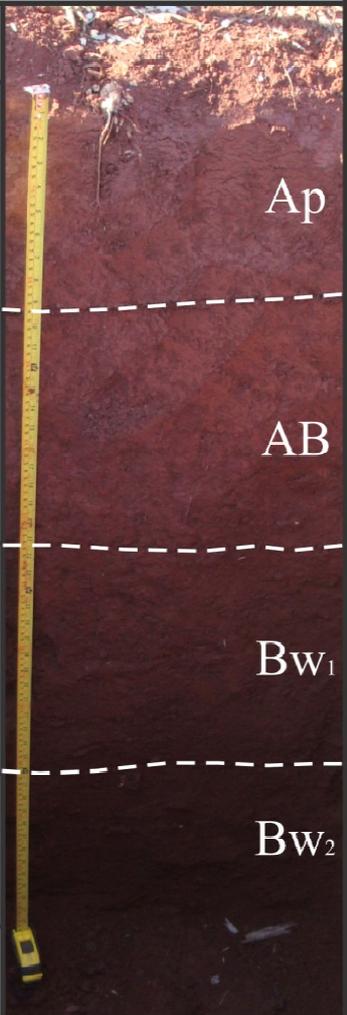
LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico	
Localização: Município de Florai	UF: Paraná Coord.: 23°21'40.3"S / 52°20'26.2"W
DESCRIÇÃO GERAL	
Situação e declive: Topo plano com declividade > 6%	Altitude: 438 metros
Cobertura vegetal sobre o perfil: Milho safrinha	
Unidade Litoestratigráfica	
Era: Mesozóico	Grupo: São Bento Formação: Serra Geral Litologia: Basalto
Relevo Regional: Topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, predominância de relevo suave ondulado.	
Drenagem: Bem drenado	Erosão: Ligeiro Tipo: não aparente
Pedregosidade: não pedregosa	Rochosividade: não rochosa
Vegetação Primária: Floresta Estacional Semidecidual	Uso atual: Lavouras Temporárias
Clima: Cfa - Subtropical Úmido Mesotérmico	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Ap - 0 - 23 cm; vermelho escuro (10 R 3/4, úmido), muito argilosa; moderada a forte, média, granular passando a bloco subangular; ligeiramente dura (seco); muito friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
AB - 23 - 55 cm; vermelho escuro (10 R 3/4, úmido), muito argilosa; moderada, média, bloco angular a subangular; ligeiramente dura (seco); muito friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
Bw₁ - 55 - 96 cm; vermelho escuro (10 R 3/4, úmido); muito argilosa; forte, muito pequena, granular; macia (seco); muito friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
Bw₂ - 96 - 150 ⁺ cm; vermelho escuro (10 R 3/4, úmido); muito argilosa; forte, muito pequena, granular; macia (seco); muito friável (úmido); plástica; pegajosa.	
Descrição e Coleta: Prof. Dr. Hélio Silveira, Carlos H. da Graça e Paulo M. B. Terassi. Foto: Carlos Henrique da Graça Data: 04/08/2011	

Figura 26 – Perfil representativo do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico.

A disponibilidade de água total no solo é de 0,152 cm³/cm³ ou 1,52 mm/cm, consideravelmente alta (FONTES; OLIVEIRA, 1982). Nos horizontes a água disponível variou pouco em relação a profundidade (**Figura 27 - B**), sendo o maior valor registrado no horizonte Bw₂, com 0,158 cm³/cm³, seguido pelo horizonte Ap, com 0,155 cm³/cm³, enquanto

que o menor valor foi encontrado no horizonte Bw_1 , com $0,142 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (**Tabela 9**). Para diminuição no volume de água disponível no horizonte Bw_1 , não foi observada nenhuma correlação com a porcentagem de argila e nem com o teor de matéria orgânica, já que o total de argila nos horizontes Bw_1 e Bw_2 são os mesmos e no caso da matéria orgânica o teor é menor no horizonte Bw_2 (**Tabela 9**), que teoricamente deveria apresentar menor volume de água disponível. No entanto, ao considerar o perfil como um todo, observa-se que a porcentagem de argila e matéria orgânica influenciou diretamente na estruturação do solo, conseqüentemente, na manutenção do conteúdo da água disponível que totalizou $284,69 \text{ mm}$ (**Tabela 9**).

O maior intervalo, marcado pela água disponível, entre a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) pode representar que o solo tem por característica um processo mais lento de preenchimento ou saturação dos horizontes, devido à alta CC, e do mesmo modo, uma vagarosa perda de umidade, devido, principalmente, as boas condições estruturais e granulométricas que apresenta. A capacidade de campo total é de $0,391 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e o ponto de murcha permanente total é de $0,238 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (**Tabela 9**).

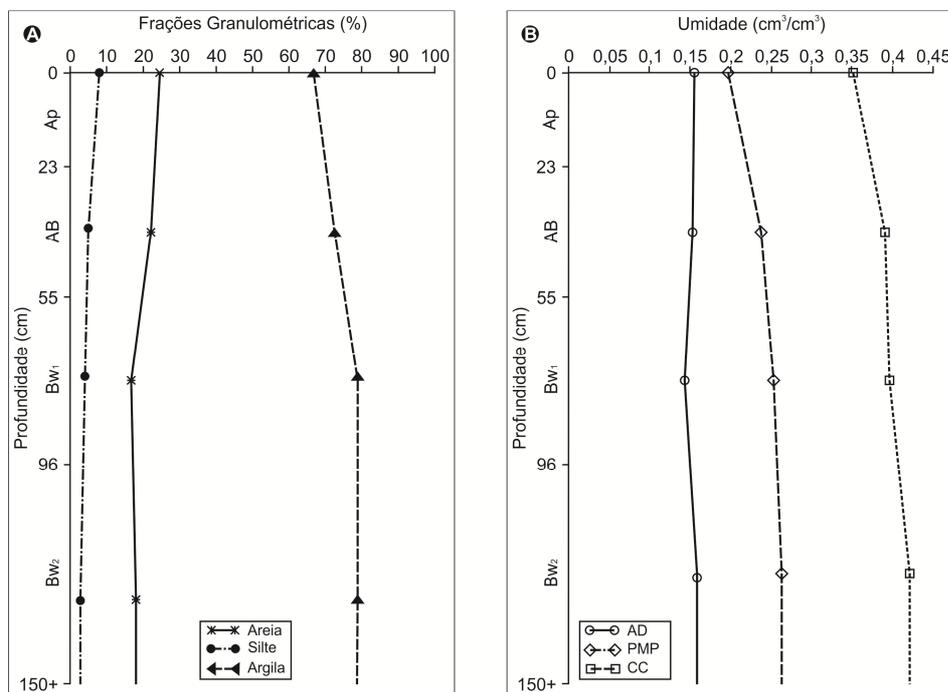


Figura 27 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Latossolo Vermelho Eutroférrico.

Os valores das bases trocáveis apresentaram redução em profundidade, mas no geral, os valores foram elevados em quase todos os horizontes, exceto no horizonte Bw_2 , onde todos

os elementos foram consideravelmente baixos (EMATER, 1998). As somas das bases, conseqüentemente, apresentou a mesma variação em profundidade, com alta saturação no horizonte Ap (5,48 cmol_c/dm³), média nos horizontes AB e Bw₁ (4,93 cmol_c/dm³ e 4,11 cmol_c/dm³) e baixa saturação no horizonte Bw₂ (2,32 cmol_c/dm³) (**Tabela 9**). Os valores elevados na soma de bases juntamente com a alta concentração de matéria orgânica nos horizontes corroboraram no aumento da CTC em pH 7,0, proporcionando uma maior retenção de cátions e evitando que sejam lixiviados, mantendo assim, maiores cargas de nutrientes para as plantas na solução do solo.

Para a acidez extraível ou trocável (Al⁺³ e H⁺) foram encontrados valores com níveis médios em H⁺, que variaram de 4,28 cmol_c/dm³ (Ap) a 3,83 cmol_c/dm³ (Bw₁), enquanto que o Al⁺³ foi encontrado apenas no horizonte Bw₂, com 0,55 cmol_c/dm³, onde concomitantemente, houve um leve aumento nos valores de H⁺ no horizonte Bw₂ em relação Bw₁ (**Tabela 9**). A saturação por Al⁺³ foi identificada apenas no horizonte Bw₂, com 23,2%, que remete a uma alta saturação para o horizonte (EMATER, 1998), no entanto, não é significativo para representar restrições, quanto ao enraizamento das plantas no solo em profundidade.

A saturação por bases apresentou uma pequena variação entre os valores encontrados em relação à profundidade dos horizontes. Os horizontes Ap, AB e Bw₁ exibiram uma saturação por bases superior a 50%, dando-lhes um caráter eutrófico, sendo que no horizonte Ap o valor chegou a 65,16%, enquanto que o horizonte Bw₂ apresentou um caráter distrófico, com apenas 34,29% (**Tabela 9**).

Os valores de fósforo assimilável apresentaram discrepância significativa entre os níveis de suficiência em profundidade, sendo consideravelmente alto no horizonte Ap, com 15,47 mgP/cm³, e baixo nos horizontes AB, Bw₁ e Bw₂, com respectivos valores de 2,93 mgP/cm³, 1,96 mgP/cm³ e 1,78 mgP/cm³ (**Tabela 9**).

O pH do solo, tanto em CaCl₂ quanto em H₂O, não apresentou variação significativa nos valores entre os horizontes Ap, AB e Bw₁, sendo todos considerados moderadamente ácidos, e o horizonte Bw₂ altamente ácido (EMATER, 1998). Em H₂O os valores de pH variaram na ordem 5,8 a 4,9, enquanto em CaCl₂ o pH variou entre 5,3 e 4,5, isso em relação aos horizontes AB e Bw₂ (**Tabela 9**).

Os valores de carbono orgânico e matéria orgânica foram relativamente altos (EMATER, 1998) em todos os horizontes do solo, com extremos de 16,25 gr/cm³ e 10,67 gr/cm³, no horizonte Ap, e 28,02 gr/cm³ e 18,39 gr/cm³, no horizonte Bw₂ (**Tabela 9**).

Tabela 9 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Latossolo Vermelho Eutroférico.

LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico															
Composição Granulométrica							Densidade Apar.	Umidade			CAD/hor				
Horizontes		Areia		Silte	Argila	Sil/Arg	Classe Textural	(g/cm ³)	(cm ³ /cm ³)			(mm/mm)			
Símb.	Profund. (cm)	Grossa	Fina						CC	PMP	AD				
----- % -----															
Ap	0 – 23	11	14	08	67	0,12	Muito Argilosa	1,285	0,352	0,197	0,155	45,77			
AB	23 – 55	08	14	05	73	0,07	Muito Argilosa	1,337	0,392	0,238	0,154	66,07			
Bw ₁	55 – 96	06	11	04	79	0,05	Muito Argilosa	1,209	0,397	0,255	0,142	70,67			
Bw ₂	96 – 150 ⁺	07	11	03	79	0,04	Muito Argilosa	1,196	0,421	0,263	0,158	102,18			
Total =								1,257	0,391	0,238	0,152	284,69			
Composição Química (Macronutrientes)															
Horizontes		Bases trocáveis			Soma de Bases (S)	Acidez Ext.		CTC (pH7)	Satur. por Bases (V)*	Satur. por Al (m)**	Fósforo Assimil. (P)	pH (1: 2,5)		Carb. Org. (C)	Matéria Org. (MO)
Símb.	Profund. (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺		Al ⁺³	H ⁺					CaCl ₂	H ₂ O		
----- cmol _c /dm ³ -----							----- % -----			mgP/dm ³	---- g/dm ³ ----				
Ap	0 – 23	3,80	1,40	0,28	5,48	0,00	4,28	9,76	65,16	0,00	15,47	5,2	5,7	16,2	28,0
AB	23 – 55	3,47	1,40	0,06	4,93	0,00	3,97	8,90	55,40	0,00	2,93	5,3	5,8	12,6	21,8
Bw ₁	55 – 96	2,93	1,15	0,03	4,11	0,00	3,83	7,94	51,76	0,00	1,96	5,2	5,7	11,7	20,2
Bw ₂	96 – 150 ⁺	1,73	0,55	0,03	2,32	0,55	3,89	6,76	34,29	23,2	1,78	4,5	4,9	10,6	18,4

*V (%) = 100 (S/T); **m (%) = 100 (Al⁺³/(S + Al⁺³)).

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

5.1.4 NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico

O Nitossolo Vermelho Eutroférico nos municípios se desenvolveu sobre as rochas básicas da Formação Serra Geral, ocorre geralmente em porções de relevo com declividades que variam entre 8% a 20%, comumente encontrado nas partes inferiores das vertentes próximos ao fundo de vale, sendo cultivado, principalmente, com lavouras temporárias em Florai e com cana-de-açúcar em São Carlos do Ivaí. O perfil descrito para esse solo apresentou como característica profunda e intensa intemperização, boa drenagem, coloração predominantemente vermelho (10R), com variações entre “*chroma*” e “*value*” em profundidade (4/4 e 4/8 a 4/6), destacando uma forte cerosidade no horizonte B (**Figura 28**). Na subdivisão do horizonte B foi identificada a presença do horizonte Bw logo abaixo do Bnítico, esse fato, segundo EMBRAPA (1999), classifica esse solo como Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico, atingindo até o quarto nível categórico.

A estrutura no horizonte Ap é moderada a forte, média, granular passando a blocos subangulares; nos horizontes AB e Bnítico é moderada, média, blocos angulares a subangulares; e no horizonte Bw é forte, muito pequena, granular; com textura muito argilosa sem apresentar variação em profundidade e transição entre os horizontes plana-gradual e plana-difusa (**Figura 28**).

A análise da composição granulométrica do solo mostrou, como principal característica, um baixo teor de silte e areia total e alto teor de argila, que ultrapassou em todos os horizontes os 60%, assim como no Latossolo Vermelho Eutroférico (**Tabela 10**).

Em relação aos horizontes observa-se que o solo apresenta um baixo gradiente textural (1,21), com aumento gradual de argila até a profundidade do horizonte Bnítico₂, e uma leve diminuição no horizonte Bw. Os valores de argila variaram de 63% a 81% entre o horizonte Ap e Bnítico₂, seguido de redução para 79% no horizonte Bw (**Figura 29 - A**). A baixa relação silte/argila (< 0,6) encontrada no horizonte B demonstra o elevado processo de intemperização do material. Os resultados mostraram ainda, que a classificação textural desse solo é “muito argilosa” divergindo, também, da classificação “argilosa” definida pela EMBRAPA (2007).

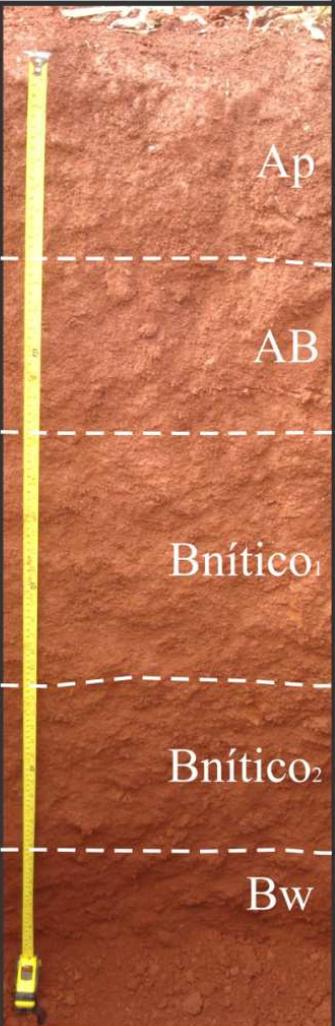
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	
Localização: Município de Florai	UF: Paraná Coord.: 23°21'40.3"S / 52°20'26.8"W
DESCRIÇÃO GERAL	
Situação e declive: Baixa vertente com declividade de 8 a 20% Altitude: 371 metros	
Cobertura vegetal sobre o perfil: Milho safrinha	
Unidade Litoestratigráfica	
Era: Mesozóico	Grupo: São Bento Formação: Serra Geral Litologia: Basalto
Relevo Regional: Topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, predominância de relevo suave ondulado.	
Drenagem: Bem drenado	Erosão: Moderado Tipo: sulcos rasos
Pedregosidade: não pedregosa	Rochosividade: não rochosa
Vegetação Primária: Floresta Estacional Semidecidual	Uso atual: Lavouras Temporárias
Clima: Cfa - Subtropical Úmido Mesotérmico	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Ap - 0 - 20 cm; vermelho acinzentado (10 R 4/4, úmido), muito argilosa; moderada a forte, média, granular passando a bloco subangular; macia a ligeiramente dura (seco); friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-gradual.	
AB - 20 - 40 cm; vermelho (10 R 4/8, úmido), muito argilosa; moderada, média, bloco angular a subangular; cerosidade comum a abundante, ligeiramente dura (seco); friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
Bnítico₁ - 40 - 81 cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); muito argilosa; forte, média a grande, bloco angular a subangular; cerosidade abundante a forte; ligeiramente dura (seco); friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
Bnítico₂ - 81 - 108 cm; vermelho (10 R 4/6, úmido); muito argilosa; forte, média a grande, bloco angular a subangular; cerosidade abundante; ligeiramente dura (seco); friável (úmido); muito plástica; muito pegajosa; transição plana-difusa.	
Bw - 108 - 150 ⁺ cm; vermelho acinzentado (10 R 4/4, úmido); muito argilosa; forte, muito pequena, granular; macia (seco); muito friável (úmido); plástica; pegajosa.	
Descrição e Coleta: Prof. Dr. Hélio Silveira, Carlos H. da Graça e Paulo M. B. Terassi. Foto: Carlos Henrique da Graça Data: 06/08/2011	

Figura 28 – Perfil representativo do NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico.

A densidade aparente do solo é de $1,29 \text{ gr/cm}^3$, apresentando maior valor no horizonte AB, com $1,442 \text{ gr/cm}^3$, tendendo a diminuir em relação aos horizontes subjacentes (Tabela 10). No horizonte Ap foi encontrada a menor densidade com valor de $1,125 \text{ gr/cm}^3$, que pode

estar associada a maior concentração de matéria orgânica em superfície e ao revolvimento do solo.

A disponibilidade de água total no solo é de $0,148 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ou $1,48 \text{ mm/cm}$, consideravelmente alta (FONTES; OLIVEIRA, 1982), sendo muito próxima a encontrada no Latossolo Vermelho Eutroférico. A capacidade da água disponível variou consideravelmente em todos os horizontes (**Figura 29 - B**), tendendo a uma maior concentração nos horizontes AB, Bnítico₁ e Bnítico₂, que está diretamente relacionada às características texturais e estruturais que proporciona maior armazenamento de água nesses horizontes. O maior volume de água disponível foi encontrado no horizonte AB, com $0,174 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, seguido por uma leve redução nos horizontes Bníticos e Bw, com respectivos, $0,167 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $0,169 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e $0,164 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, enquanto que o menor volume de água disponível foi encontrado no horizonte Ap, com $0,068 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (**Tabela 10**). O menor volume de água disponível no horizonte Ap pode estar associada ao tipo de estrutura, menor porcentagem de argila e densidade do solo. O Nitossolo apresentou boas condições hídricas, devido a sua capacidade de água disponível para as plantas que totalizou $306,06 \text{ mm}$ (**Tabela 10**).

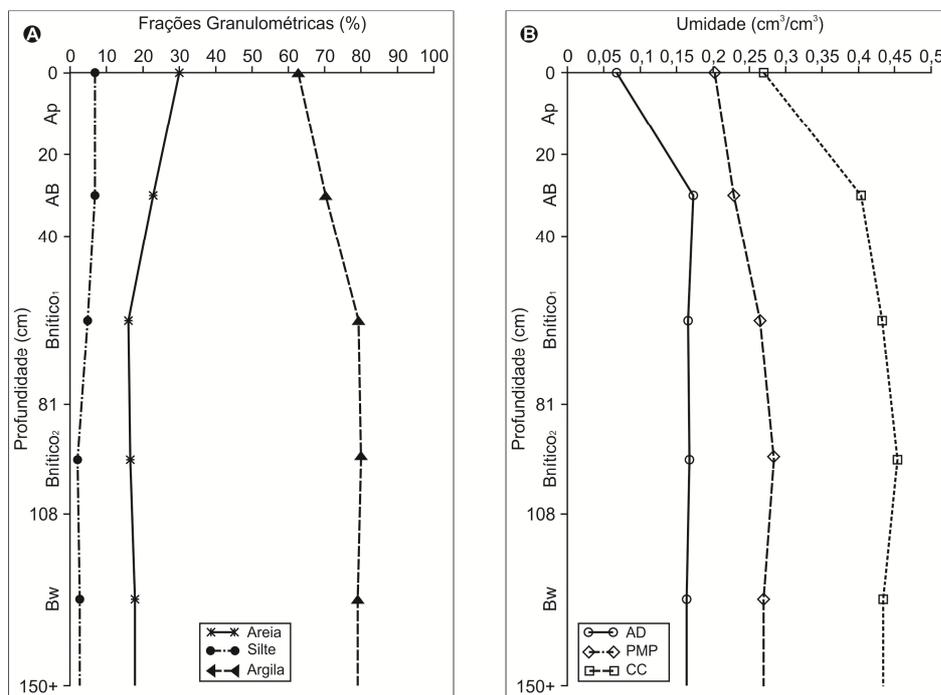


Figura 29 – Variações das frações granulométricas (A) e da umidade (B) em relação à profundidade no perfil do Nitossolo Vermelho Eutroférico.

A composição química (macronutrientes) apresentou como característica pequena variação em profundidade nos valores de seus atributos, entretanto, apresenta-se com uma boa composição nutricional (**Tabela 10**).

A boa composição encontrada quanto as bases trocáveis em todos os horizontes resultou numa alta soma de bases (EMATER, 1998), que variou entre 8,87 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no horizonte Ap e 5,40 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no horizonte Bw, que conseqüentemente, refletiu numa alta CTC em pH 7,0, principalmente, nos horizontes Ap e AB, com 13,31 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e 11,93 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente (**Tabela 10**), proporcionando ao solo uma baixa lixiviação das bases trocáveis, mantendo maiores cargas de nutrientes disponíveis para as plantas em solução.

Para a acidez extraível ou trocável (Al^{+3} e H^+) foram encontrados valores com níveis variáveis entre alto e médio em H^+ (EMATER, 1998), com 4,44 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nos horizontes Ap e AB e 2,95 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no horizonte Bnítico₂, enquanto que não foi encontrado níveis de Al^{+3} em nenhum dos horizontes e, conseqüentemente, não há saturação por alumínio no solo (**Tabela 10**), portanto, sem restrições químicas quanto ao seu uso agrícola.

A saturação por bases apresentou uma pequena variação entre os valores encontrados em profundidade, mas no geral, todos os horizontes exibiram valores acima de 60%, destacando os horizontes Bnítico₂ e Ap com maiores valores, 67,66 % e 66,65%, respectivamente (**Tabela 10**). Os altos valores de saturação por bases confirmou o caráter eutrófico ao solo, assim como obtido pela EMBRAPA (2007).

Os valores de fósforo assimilável apresentaram variação significativa, sendo consideravelmente alto no horizonte Ap, com 9,34 mgP/cm^3 , e baixo nos horizontes AB, Bnítico₁, Bnítico₂ e Bw, com respectivos valores de 3,82 mgP/cm^3 , 3,02 mgP/cm^3 , 3,91 mgP/cm^3 e 2,72 mgP/cm^3 (**Tabela 10**).

O pH do solo, tanto em CaCl_2 quanto em H_2O , não apresentou variação significativa nos valores entre os horizontes Ap e AB, sendo considerados moderadamente ácidos, e nos horizontes Bnítico₁, Bnítico₂ e Bw, se mostraram básicos (EMATER, 1998). Em H_2O os valores de pH do solo variaram na ordem 6,10 a 5,3, enquanto que em CaCl_2 o pH variou entre 6,8 e 5,9, isso em relação aos horizontes Bnítico₂ e AB (**Tabela 10**).

Os valores encontrados do teor de carbono orgânico e matéria orgânica foram altos em todos os horizontes do solo e apresentaram variação no teor em profundidade, com valores extremos de 20,25 gr/cm^3 e 34,91 gr/cm^3 , no horizonte Ap, e 8,39 gr/cm^3 e 14,46 gr/cm^3 , no horizonte Bnítico₂ (**Tabela 10**).

Tabela 10 – Caracterização física (granulometria, densidade aparente e umidade) e química (macronutrientes) do Nitossolo Vermelho Eutroférico.

NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico															
Composição Granulométrica							Densidade Apar.	Umidade			CAD/Hor				
Horizontes		Areia		Silte	Argila	Sil/Arg	Classe Textural	(g/cm ³)	(cm ³ /cm ³)						
Símb.	Profund. (cm)	Grossa	Fina						CC	PMP	AD	(mm/mm)			
----- % -----															
Ap	0 – 20	11	19	07	63	0,11	Muito Argilosa	1,125	0,27	0,202	0,068	15,40			
AB	20 – 40	07	16	07	70	0,10	Muito Argilosa	1,442	0,405	0,23	0,174	50,44			
Bnítico ₁	40 – 81	05	11	05	79	0,06	Muito Argilosa	1,304	0,432	0,265	0,167	89,55			
Bnítico ₂	81 – 108	05	12	02	81	0,02	Muito Argilosa	1,326	0,454	0,285	0,169	60,72			
Bw	108 – 150 ⁺	07	11	03	79	0,04	Muito Argilosa	1,3	0,435	0,27	0,164	89,95			
Total =								1,299	0,399	0,250	0,148	306,06			
Composição Química (Macronutrientes)															
Horizontes		Bases trocáveis			Soma de Bases (S)	Acidez Ext.		CTC (pH7)	Satur. por Bases (V)*	Satur. por Al (m)**	Fósforo Assimil. (P)	pH (1: 2,5)		Carb. Org. (C)	Matéria Org. (MO)
Símb.	Profund. (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺		Al ⁺³	H ⁺					CaCl ₂	H ₂ O		
----- cmol _c /dm ³ -----							----- % -----			mgP/dm ³	----- g/dm ³ -----				
Ap	0 – 20	6,45	1,7	0,68	8,87	0,0	4,44	13,31	66,65	0,00	9,34	5,5	6,1	20,2	34,9
AB	20 – 40	5,61	1,5	0,39	7,49	0,0	4,44	11,93	62,78	0,00	3,82	5,3	5,9	16,3	28,1
Bnítico ₁	40 – 81	4,90	1,2	0,17	6,30	0,0	3,42	9,72	64,81	0,00	3,02	5,7	6,4	9,0	15,6
Bnítico ₂	81 – 108	4,62	1,5	0,07	6,17	0,0	2,95	9,12	67,66	0,00	3,91	6,1	6,8	8,4	14,5
Bw	108 – 150 ⁺	3,85	1,5	0,06	5,40	0,0	3,55	8,95	60,33	0,00	2,72	5,6	6,3	9,6	16,6

*V (%) = 100 (S/T); **m (%) = 100 (Al⁺³/(S + Al⁺³)).

Elab.: Carlos Henrique da Graça (2012).

5.2 Análise das variáveis climáticas: precipitação pluviométrica e temperatura do ar

O conhecimento das características climáticas de uma região é de fundamental importância para o planejamento e desenvolvimento de grande parte das atividades socioeconômicas, principalmente as voltadas para o setor primário de produção. Segundo Sant'Anna Neto (1998), somente a partir do conhecimento da dinâmica climática da atmosfera, sua gênese e previsão, que se podem minimizar os efeitos negativos do clima sobre as atividades desenvolvidas pelo homem. Desse modo, os estudos sobre a variabilidade temporo-espacial dos elementos climáticos, como a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar, são de fundamental importância na compreensão da dinâmica do clima servindo para subsidiar o planejamento local e regional das atividades agrícolas, pois é a partir de seu ritmo mensal e sazonal que estas atividades são programadas.

5.2.1 Distribuição da pluviosidade média anual, interanual, sazonal e mensal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai

A distribuição pluviométrica para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai demonstrou uma relativa variabilidade espacial na pluviosidade média anual que representou uma amplitude pluviométrica de aproximadamente 150 mm e uma precipitação média de 1.480 mm (**Figura 30**).

A variabilidade pluviométrica nos municípios revelou dois padrões distintos na distribuição das chuvas que reforça relação direta exercida pelos fatores estáticos “orografia” e dinâmicos “sistemas atmosféricos” atuantes sobre a região. Tanto que, os maiores valores pluviométricos, acima de 1.530 mm, são encontrados sobre porções do relevo acima de 500 metros de altitude, identificadas principalmente a nordeste de Florai, enquanto que, os menores valores médios, abaixo de 1.455 mm (**Figura 30**), são encontrados no extremo noroeste de São Carlos do Ivaí, onde o relevo revela altitudes inferiores a 300 metros (CORREA, 2009).

A exceção para esse comportamento se restringiu ao sul de São Carlos do Ivaí que apresentou valores pluviométricos próximos a 1.530 mm (**Figura 30**), mesmo estando sobre altitudes abaixo de 300 metros, que pode estar relacionado a atuação mais frequente da passagem dos sistemas atmosféricos extratropicais advindos dos sul e sudoeste do Estado (CORREA, 2009).

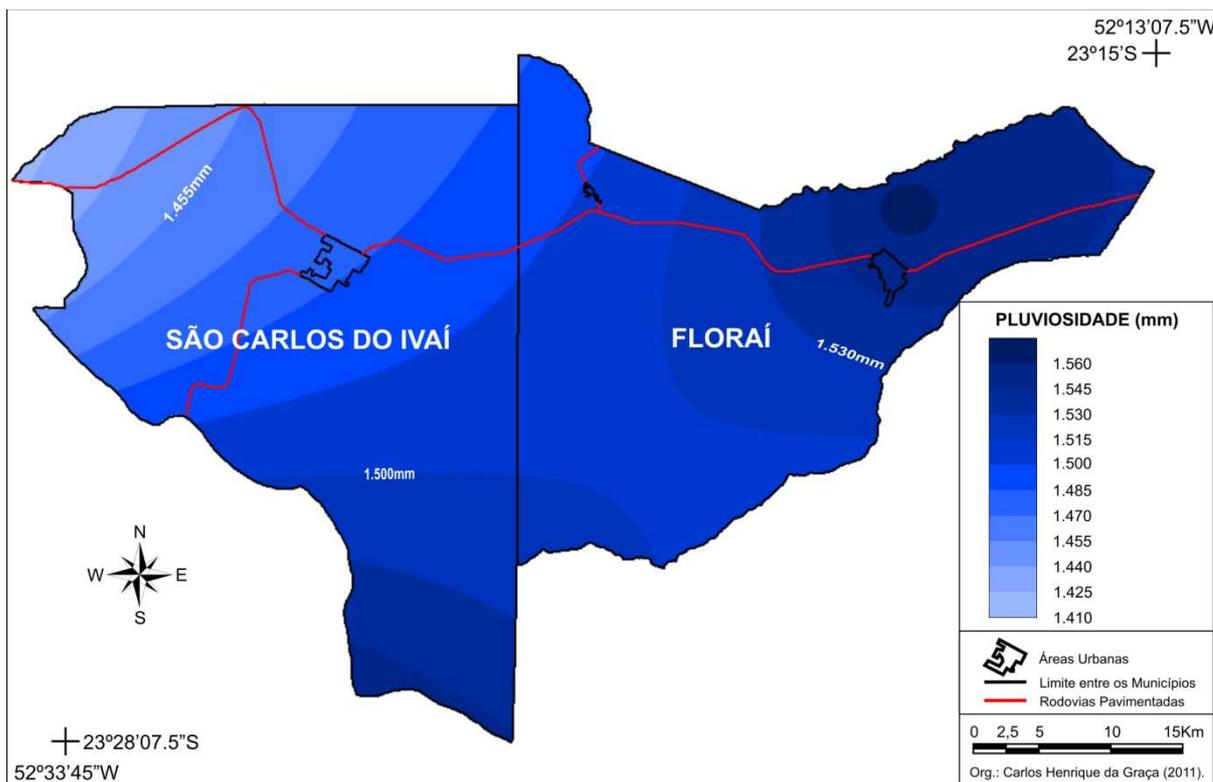


Figura 30 – Distribuição da precipitação média anual para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).

Para o comportamento pluviométrico médio interanual nos municípios observa-se uma grande variabilidade em relação à média regional, que é de 1500 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Dentro da série histórica analisada, representada entre os anos de 1980 a 2010, os maiores volumes pluviométricos acumulados ocorreram nos anos de 2009 e 1997, ambos com valores de precipitação acima de 2.000 mm, seguidos pelo ano de 1983, com uma precipitação média de 1.941,83 mm (**Figura 31**), enquanto que os menores volumes pluviométricos foram registrados em 1988, 1985 e 1991, ambos apresentando totais de precipitação acumulados inferiores a 1.160 mm (**Figura 31**).

Nesses anos, tanto os mais chuvosos quanto os menos chuvosos, a variação nos totais pluviométricos estão associadas à atuação dos fenômenos interanuais El Niño e La Niña, que segundo Nery, Baldo e Martins (1998), caracterizam-se por promover alterações significativas no ritmo climático regional, responsáveis especialmente pela variabilidade interanual da precipitação. 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). Na fase negativa (La Niña), o fenômeno é inverso, para ambas as regiões (SOUSA; NERY, 2002).

Em toda região Sul do Brasil, segundo Grimm, Ferraz e Gomes (1998), é encontrada uma forte consistência entre a variabilidade pluviométrica e os eventos de anomalia de pressão atmosférica e temperatura de superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial. No Estado do Paraná, Nery, Vargas e Martins (1997) observaram que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação estiveram diretamente associadas com as fases extremas de Oscilação Sul (ENOS).

Os anos que apresentaram a menor variabilidade em relação à média pluviométrica regional foram 1995 e 1996, com os respectivos valores médios de 1.504,66 mm e 1498,45 mm (**Figura 31**). Embora estivessem sobre a atuação da La Niña, isso não foi determinante para que ocorresse uma expressiva redução nos totais pluviométricos, já que o evento foi de fraca intensidade (TRENBERTH, 1997), e exerceu pouca influência no clima da região.

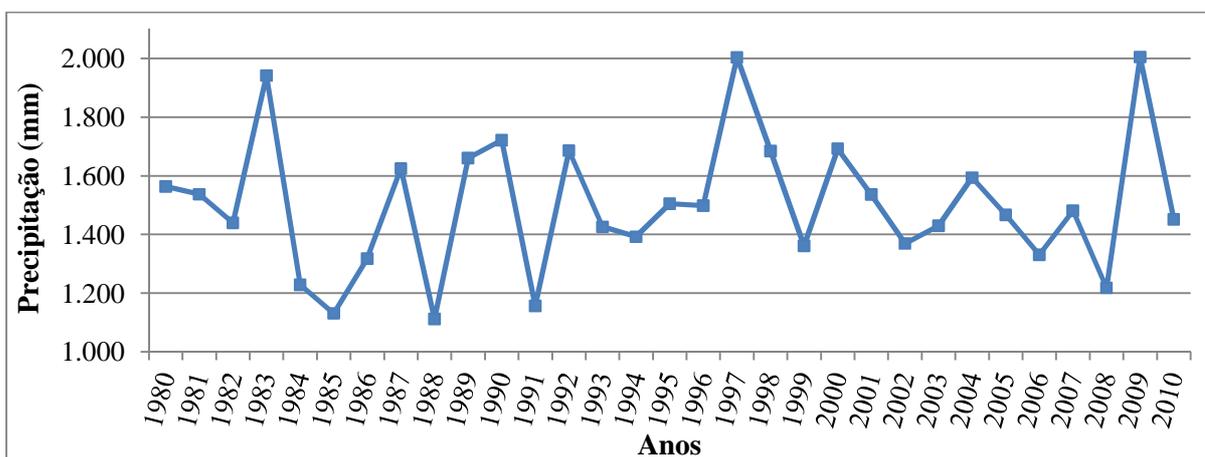


Figura 31 - Variabilidade interanual da precipitação nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí (1980 – 2010).

A variabilidade interanual da precipitação revelou um padrão marcado por irregularidades (positivas ou negativas) na pluviosidade média da região ao longo dos anos. Essas irregularidades são mais evidentes quando submetidas à análise de desvios de precipitação. A maioria dos anos analisados apresentou um baixo desvio (positivo ou negativo) na precipitação, que não superou os 100 mm. Os anos que se destacaram com os menores desvios foram 1995 e 1996, com respectivos valores médios de 1,7 mm e - 4,5 mm (**Figura 32**). Outros anos apresentaram desvios de precipitação relativamente altos, que se enquadraram entre 100 mm e 300 mm, destacando os anos de 1990 e 2008 com os maiores desvios de precipitação dentro desse intervalo. Em 1990 o desvio foi positivo, com um total de 218,6 mm, enquanto que em 2008 o desvio foi negativo, com um total de 285,2 mm (**Figura 32**).

Os maiores desvios positivos na precipitação ocorreram nos anos de 2009 e 1997, ambos com valores acima de 500 mm, seguidos pelo ano de 1983 que apresentou um desvio positivo de 438,8 mm (**Figura 32**). Os anos de 1988, 1985 e 1991 representam os maiores desvios negativos, com valores compreendidos entre 300 mm e 400 mm (**Figura 32**).

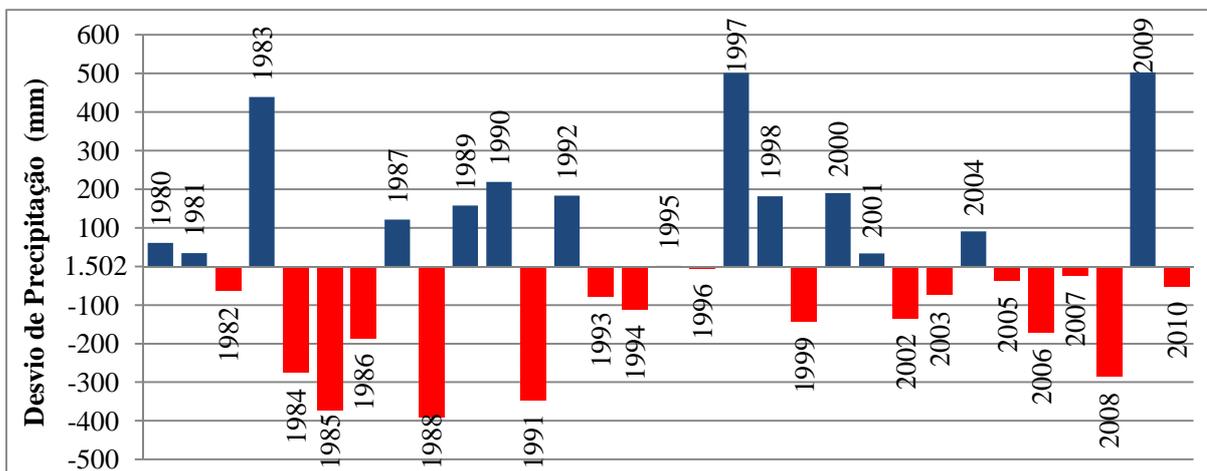


Figura 32 - Desvio médio da precipitação anual nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).

Na distribuição sazonal da precipitação os maiores valores pluviométricos estão concentrados nas estações do verão e primavera, com médias variando entre 500 mm e 450 mm, respectivamente, enquanto que os menores valores estão concentrados nas estações do outono e inverno, que apresentam médias variando entre 320 mm e 240 mm, respectivamente (CORREA, 2009). Essa sazonalidade na distribuição das chuvas, segundo Simões (1954) e Nimer (1989), é própria das regiões Norte e Noroeste do Paraná, onde a dinâmica atmosférica apresenta características semelhantes ao clima Tropical, com habitual concentração das chuvas no período do verão e primavera e redução significativa no outono e inverno.

A maior concentração das chuvas no verão e na primavera é marcada pela atuação dos Complexos Convectivos de Mesoescalas (CCM), associados ao maior aquecimento diurno e à disponibilidade de umidade, que atuam em toda a região Sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e nas regiões Norte e Central da Argentina, que segundo Fedorova e Khan (1999), caracteriza-se por sua grande extensão e pela formação de chuvas torrenciais localizadas com alta intensidade pluviométrica e de curta duração, muitas vezes acompanhadas de vendavais e granizo.

Nos municípios, embora o verão e a primavera sejam as estações mais chuvosas, sua distribuição espacial não apresenta similaridade, sendo possível observar núcleos de concentração das chuvas ocorrendo em locais diferenciados. No verão a maior concentração

das chuvas é observada a nordeste de Florai, com valores médios acima de 500 mm, enquanto que a porção noroeste de São Carlos do Ivaí apresentou os menores valores médios para a estação, registrando médias abaixo de 465 mm (**Figura 33 – A**).

Na primavera as chuvas são mais concentradas na porção sul dos municípios, com valores médios superiores a 470 mm, tendendo a diminuir gradativamente em direção aos extremos noroeste de São Carlos do Ivaí e nordeste de Florai, onde os valores médios estão abaixo de 450 mm (**Figura 33 – D**).

No outono e inverno os totais pluviométricos sofrem uma redução significativa se comparada com o verão e primavera, devido à menor atuação dos sistemas atmosféricos tropicais e a maior dependência dos sistemas atmosféricos polares (Frente Polar Atlântica) para ocorrência de chuvas. A distribuição espacial da precipitação nos municípios segue o mesmo comportamento para ambas as estações. No outono a maior concentração das chuvas é encontrada nas porções nordeste de Florai e sul de São Carlos do Ivaí, com valores médios superiores a 320 mm, enquanto que os menores valores médios são encontrados a noroeste de São Carlos do Ivaí, com valores próximos a 300 mm (**Figura 33 – B**).

No inverno nota-se uma maior homogeneidade na distribuição da precipitação, tanto que a amplitude pluviométrica encontrada ficou abaixo dos 20 mm, mesmo assim, ocorre uma tendência de maior concentração das chuvas na porção sul dos municípios e nordeste de Florai, com valores médios superiores a 240 mm, e diminuição desses valores à medida que se desloca ao extremo noroeste de São Carlos do Ivaí, onde registrou valores abaixo de 236 mm (**Figura 33 – C**).

A distribuição sazonal para os municípios, embora apresente uma variação significativa nos totais médios registrados, apresentaram um comportamento muito semelhante para ambas às estações, com maior tendência de concentração das chuvas nas porções sul dos municípios e nordeste de Florai e diminuição a noroeste de São Carlos do Ivaí. Esse comportamento vem reforçar a relação existente entre o relevo e a localização geográfica como fatores preponderantes na organização da distribuição pluviométrica nos municípios, ou seja, a maior concentração das chuvas para todas as estações esteve sempre relacionada a porções do relevo mais elevada, superiores a 500 metros de altitude, quando não, o fator principal ficou a cargo da proximidade da linha imaginária do Trópico de Capricórnio, enquanto que os menores valores estão associados às porções mais baixas do relevo, inferiores a 300 metros de altitude (CORREA, 2009).

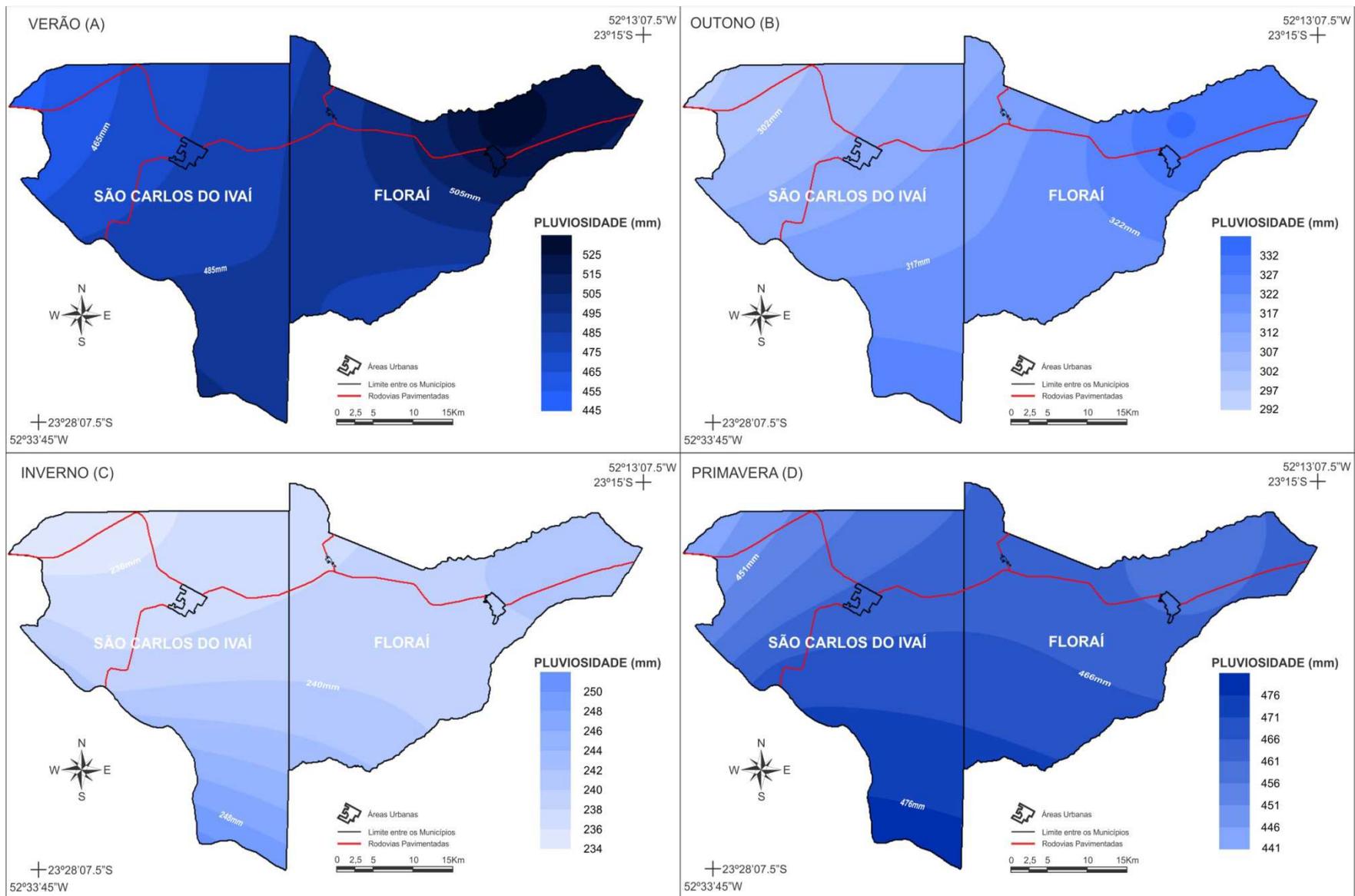


Figura 33 – Distribuição da pluviosidade média sazonal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (1980 – 2010).

O comportamento da dinâmica atmosférica regional, já referida anteriormente, vai impor condições de significativa variabilidade na distribuição pluviométrica média mensal para os municípios. De modo geral, os totais pluviométricos mais elevados estão concentrados entre os meses de janeiro a março e de setembro a dezembro, ambos com médias pluviométricas variando entre 125 mm e 200 mm, enquanto que os meses entre abril e agosto, exceto o mês de maio, apresentam os menores totais pluviométricos, com médias que variam entre 55 mm a 100 mm. Segundo Nimer (1989) nos meses mais chuvosos, principalmente no verão e fim da primavera, as atuações mais frequentes das correntes de oeste favorecem a formação de processos convectivos mais intensos responsáveis por elevar os valores pluviométricos na região.

Para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril a distribuição pluviométrica nos municípios apresentou o mesmo comportamento, com uma maior tendência de concentração de valores médios mais elevados a nordeste de Florai, enquanto que os menores valores médios se concentram a noroeste de São Carlos do Ivaí. O mês de janeiro foi o mais chuvoso para os municípios, apresentando um valor médio de aproximadamente 200 mm (**Figura 34 - A**).

Nos meses de fevereiro e março observa-se uma redução gradativa nos valores pluviométricos médios em relação a janeiro. Em fevereiro a média pluviométrica se aproximou de 170 mm (**Figura 34 - B**), enquanto que no mês de março a média registrada foi de aproximadamente 130 mm (**Figura 34 - C**). A redução mais significativa na pluviosidade média do mês de março em relação aos outros meses do verão pode estar associada a menor influência dos Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a região sul do Brasil, que são mais atuantes entre os meses de dezembro a fevereiro (VELASCO; FRITSCH, 1987).

O mês de abril marca o início do outono onde habitualmente ocorre uma redução nos totais pluviométricos para a região. Durante o mês de abril identifica-se uma maior atuação das correntes de oeste que associadas às correntes provenientes de sul proporcionam essa redução nos valores médios para esse período. A média pluviométrica registrada para o mês foi de aproximadamente 100 mm, consideravelmente baixa se comparada aos meses anteriores (**Figura 34 - D**).

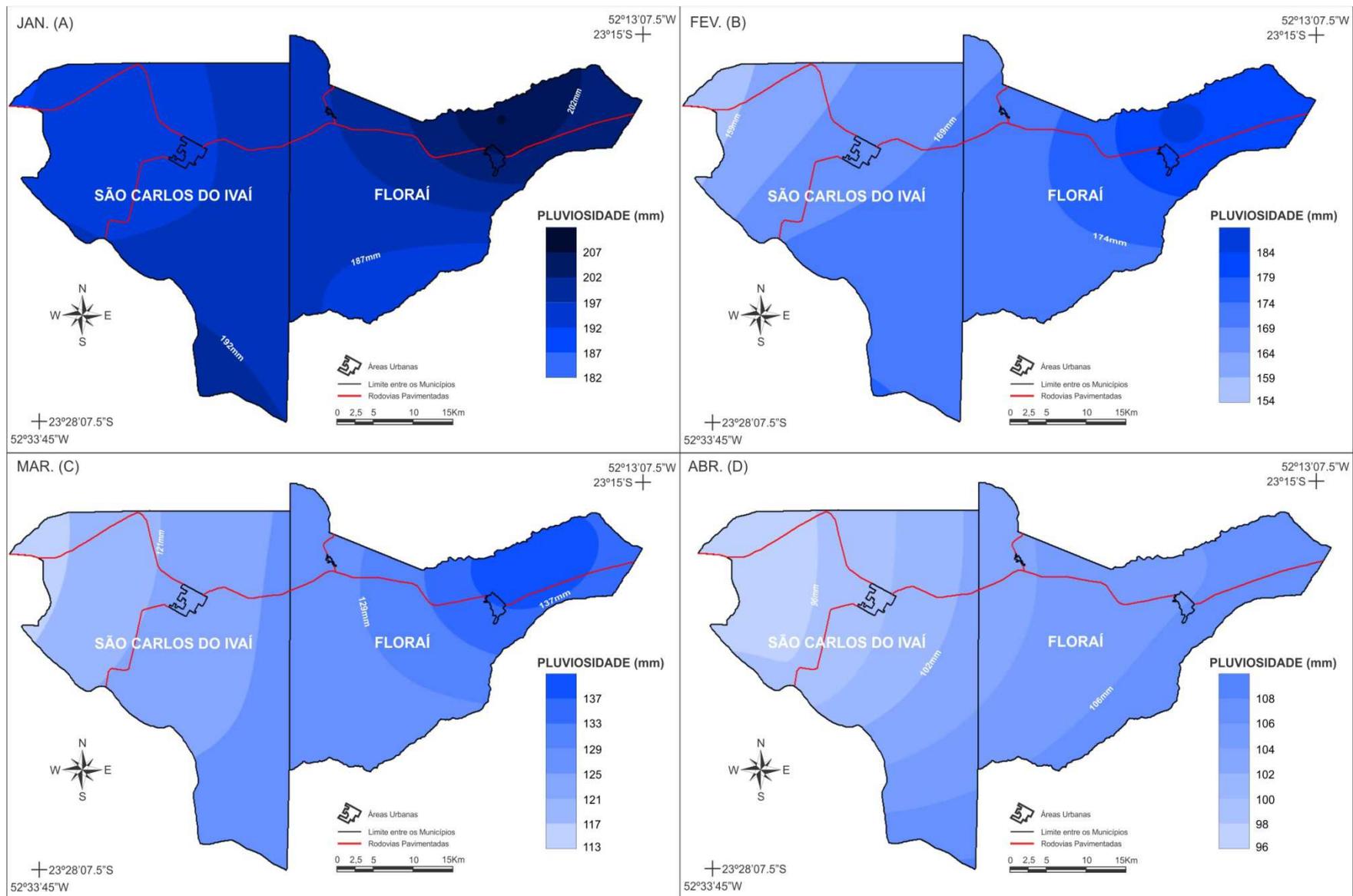


Figura 34 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): janeiro (A); fevereiro (B); março (C); abril (D).

No mês de maio ocorreu uma elevação nos valores pluviométricos médios para os municípios em relação aos meses anteriores e posteriores (abril e junho), que reflete num padrão esperado para a região. Nessa época do ano já ocorre com mais frequência a atuação dos sistemas polares para o interior da Região Sul do Brasil com moderada intensidade, que ao se encontrar com os sistemas atuantes mais aquecidos (tropical atlântica ou tropical continental) ocasionam zonas de instabilidade, elevando os totais pluviométricos (TOMMASELLI; BALDO; SILVEIRA, 2004; BALDO, 2006).

A média pluviométrica para o mês de maio é superior a 120 mm, com uma distribuição diferenciada dos meses anteriores, sendo mais expressiva a concentração das chuvas na porção sudoeste de São Carlos do Ivaí e nordeste de Florai, enquanto que os menores valores estão situados numa faixa que se estende da porção norte dos municípios ao noroeste de São Carlos do Ivaí (**Figura 35 – E**).

No mês de junho a média pluviométrica ficou próxima a 90 mm (**Figura 35 – F**), apresentando um decréscimo típico para essa época do ano que é marcada pelo fim do outono e início do inverno. A distribuição espacial da pluviometria para esse mês apresentou o mesmo comportamento registrado nos meses do verão (janeiro, fevereiro e março) e início do outono (abril) (**Figura 35**).

Nos meses de julho e agosto as médias pluviométricas foram as mais baixas do ano, com respectivos 58 mm e 57 mm, destacando o mês de agosto como o mais seco (**Figura 35 – G e H**). Embora os valores médios para esses meses sejam muito próximos, sua distribuição apresenta um comportamento bem distinto. Em julho a distribuição pluviométrica segue a tendência apresentada no mês de junho, enquanto que em agosto, há uma variação nesse comportamento, com uma maior concentração das chuvas na porção sudoeste de São Carlos do Ivaí que tende a diminuir gradativamente no sentido nordeste de Florai.

A significativa redução nos totais médios pluviométricos dos meses de junho, julho e agosto esta diretamente relacionada à menor intensidade de atuação dos processos convectivos quando comparados ao período do verão, e há maior frequência de entrada do sistema polar atlântico, que, devido às suas características, ocasiona maior estabilidade do tempo atmosférico no período representado pelo inverno (NIMER, 1989).

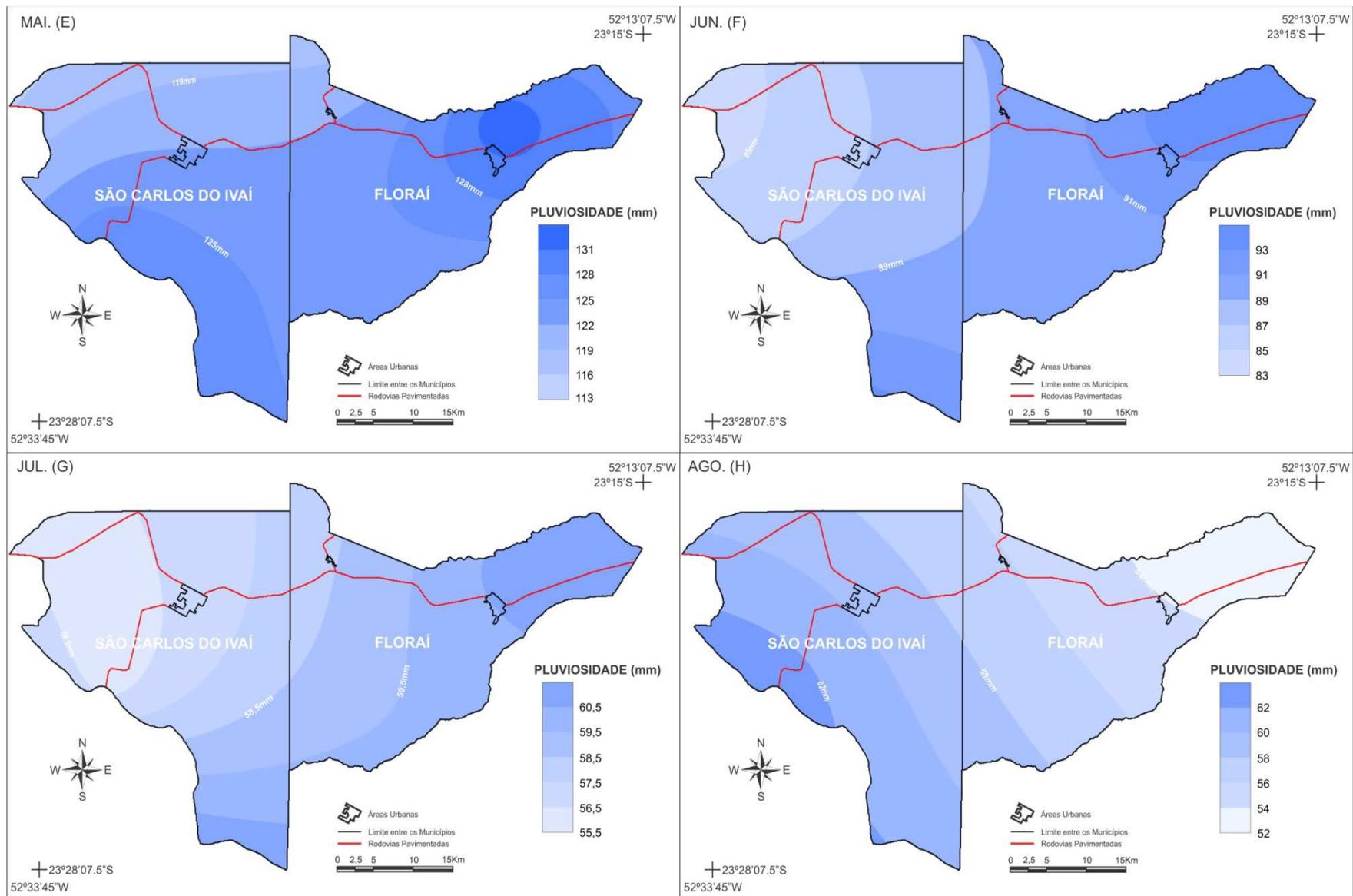


Figura 35 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): maio (E); junho (F); julho (G); agosto (H).

Para os meses de setembro, outubro e novembro a distribuição pluviométrica apresentou o mesmo comportamento, sendo muito semelhante ao identificado nos meses do verão, com maior concentração das médias mais elevadas a nordeste de Florai e sul de São Carlos do Ivaí e uma tendência de redução dos valores médios a partir da porção central dos municípios em direção a noroeste de São Carlos do Ivaí. Em setembro os valores médios apresentaram uma elevação significativa, quando comparado ao mês de agosto, por representar o fim da estação seca do inverno e dá início a primeira, superando os 120 mm em média (**Figura 36 – I**).

Nessa fase transitória entre o fim do inverno e começo da primavera, segundo Baldo (2006), ainda há uma intensa atividade dos anticiclones migratórios polares, enquanto que no interior do país já começa a intensificar-se o aquecimento pela maior insolação, gerando grandes instabilidades tropicais, responsáveis pelas chuvas. Esse comportamento da dinâmica atmosférica vai influenciar de forma mais evidente na elevação dos totais médios do mês de outubro, que apresenta uma média pluviométrica superior a setembro e novembro, com aproximadamente 150 mm (**Figura 36 – I**). Em novembro os valores médios voltam a diminuir, apresentando uma média inferior a de outubro e próxima a registrada em setembro, chegando a 130 mm (**Figura 36 – K**).

O mês de dezembro apresentou uma distribuição pluviométrica muito singular, distinguindo-se de todos os outros meses do ano pela maior concentração das chuvas ao sul dos municípios e redução marcada por uma faixa que se estende desde o oeste de São Carlos do Ivaí até o noroeste de Florai. Nesse mês os valores médios registrados foram muito superiores aos observados em novembro, com aproximadamente 180 mm (**Figura 36 – L**), sendo juntamente com janeiro os meses mais chuvosos para os municípios.

A maior concentração das chuvas nesses meses é influenciada pela atuação mais frequente de correntes perturbadas de oeste que ocasionam a formação de sistemas atmosféricos de mesoescala (NIMER, 1989) e da formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que traz muita umidade da Amazônia Equatorial (QUADRO, 1994), principalmente, para as regiões centro-oeste e sudeste e, dependendo de sua intensidade de atuação, pode atingir também algumas porções mais ao sul do Brasil.

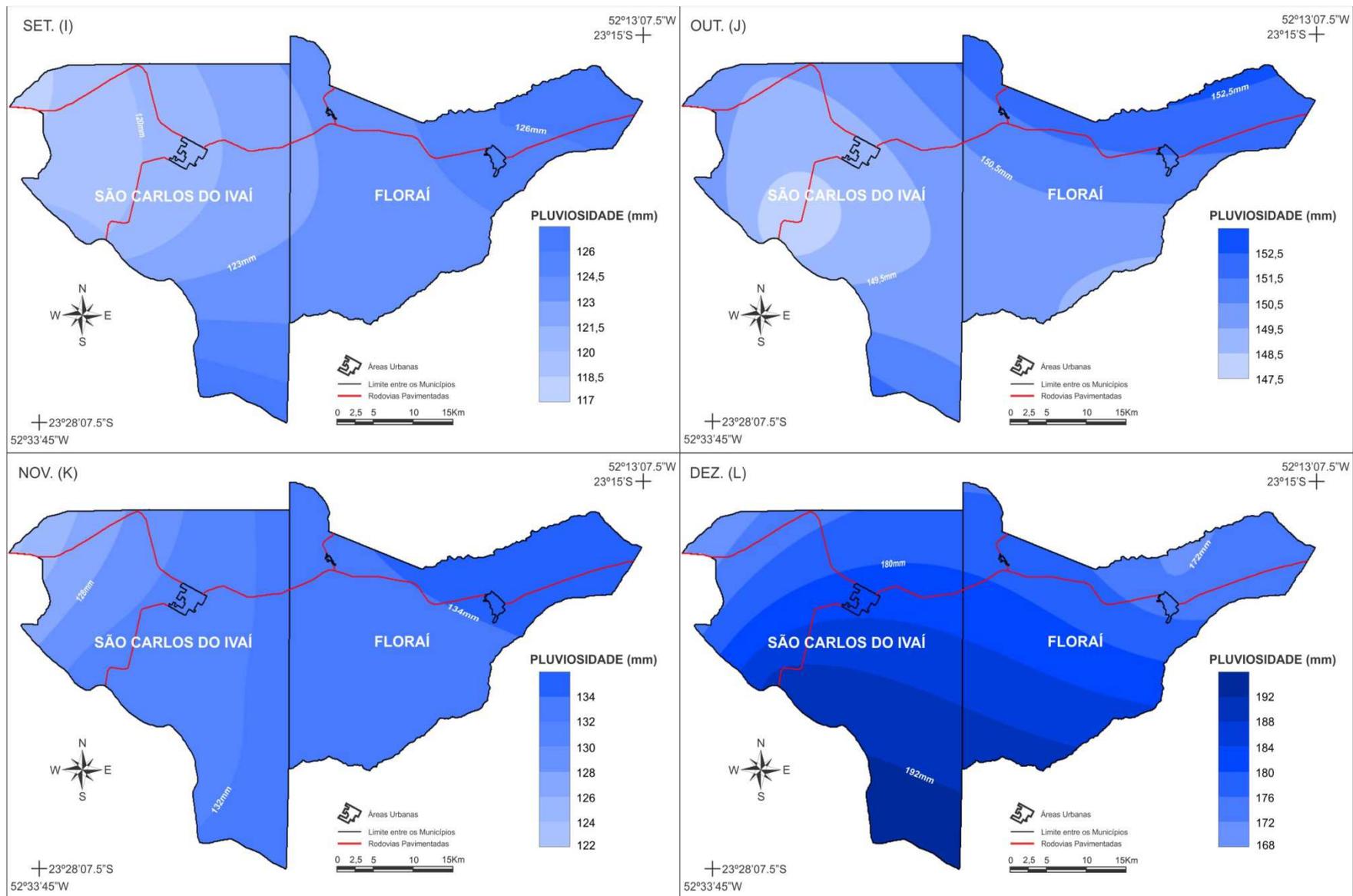


Figura 36 – Distribuição da pluviosidade média mensal (1980 – 2010): setembro (I); outubro (J); novembro (K); dezembro (L).

5.2.2 Distribuição da temperatura média anual, sazonal e mensal para os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí

A análise da distribuição da temperatura média anual estimada mostrou que esse elemento apresenta as maiores médias nas porções mais baixas do relevo, abaixo de 300 metros de altitude, concentradas principalmente, ao sul e sudoeste de São Carlos do Ivaí, enquanto que as menores temperaturas estão atreladas as maiores altitudes, acima de 500 metros, principalmente na porção leste e nordeste de Floraí (**Figura 37**). A temperatura média anual para os municípios é de 21,3 °C, e a maior temperatura média estimada é de 22 °C e a menor de 20,6 °C (**Figura 37**), correspondendo a uma variação térmica de 1,4 °C. No entanto, predomina sobre os municípios temperaturas média acima de 21 °C, que estão relacionadas às porções de relevo inferiores a 450 metros de altitude.

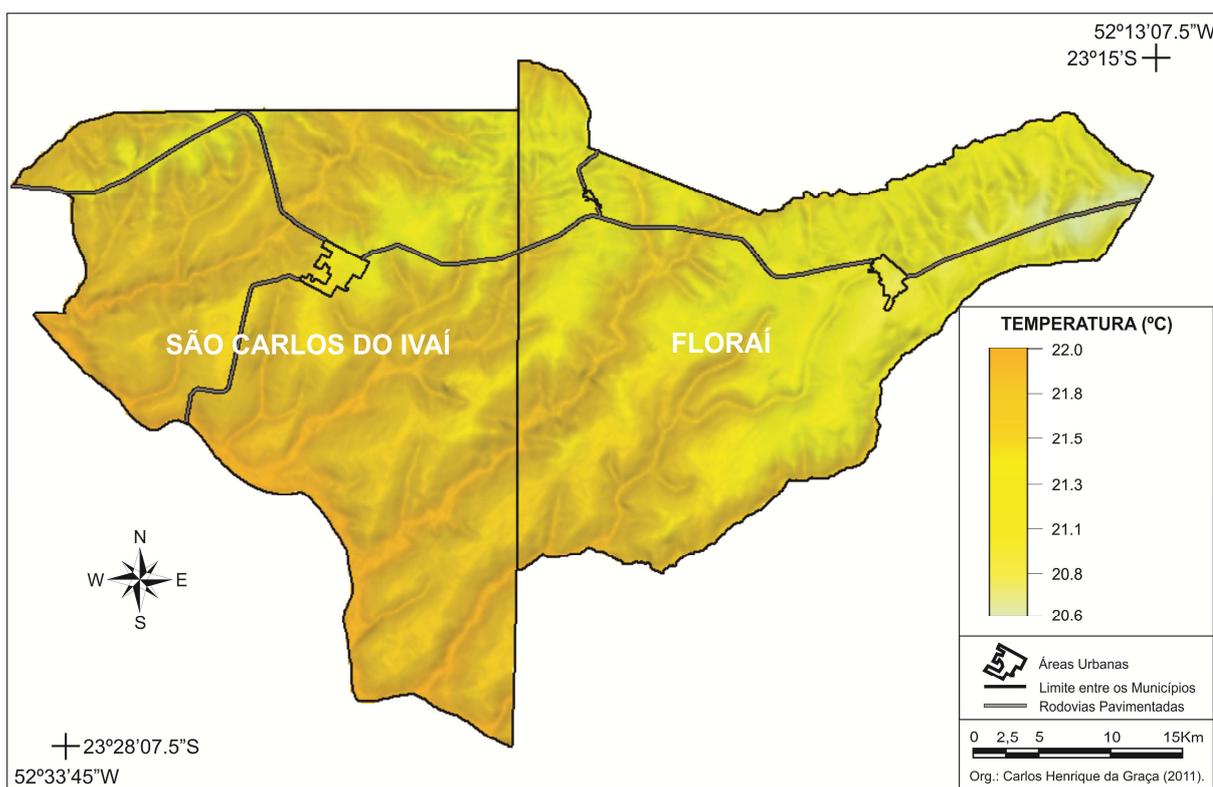


Figura 37 – Distribuição da temperatura média anual para os municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí.

Para a escala sazonal a distribuição das temperaturas médias estimadas apresentou o mesmo comportamento para todas as estações, assim como já identificado na distribuição média anual para os municípios. Segundo Nimer (1989), cabe, quase que exclusivamente, ao relevo e a latitude, o controle da distribuição geográfica da temperatura durante o verão na região sul do Brasil, estabelecendo áreas mais quentes durante o mês de janeiro (verão). No

Paraná as áreas mais aquecidas durante essa estação são representadas pela região compreendidas entre os vales dos rios Paranapanema e Paraná, porção que se estende de norte a oeste do Estado. No inverno, segundo Buriol *et al.* (1973) , o papel do relevo não é tão destacado, sendo a variação latitudinal o fator mais importante, além da atuação mais frequente dos sistemas polares oriundos do Atlântico Sul.

O verão e a primavera foram às estações que apresentaram as maiores médias de temperaturas estimadas, com 24,3 °C e 23,1 °C, respectivamente (**Tabela 11**). No verão as temperaturas concentram-se entre 25,1 °C e 23,4 °C, com predomínio das temperaturas acima de 24 °C, que estão relacionadas às porções do relevo inferiores a 450 metros. Na primavera as temperaturas estão concentradas entre 23,9 °C e 22,2 °C, estando mais homogeneamente distribuídas, sendo mais representativas as temperaturas acima de 23 °C, que estão associadas às porções de relevo inferiores a 400 metros de altitude (**Figura 38 – A e D**). A variação térmica em relação à altitude para ambas as estações é de 1,7 °C.

Tabela 11 – Valores médios sazonais das temperaturas estimadas em (°C).

Altitude	Verão	Outono	Inverno	Primavera
250	25,1	19,5	19,4	23,9
300	24,8	19,3	19,2	23,6
350	24,5	19,1	19,0	23,3
400	24,3	18,9	18,8	23,1
450	24	18,7	18,7	22,8
500	23,7	18,4	18,5	22,5
550	23,4	18,3	18,3	22,2
Média	24,3	18,9	18,8	23,1

Fonte: Pinto e Alfonsi (1974).

No outono e inverno as temperaturas médias estimadas estão entre 18,9 °C e 18,8 °C, respectivamente (**Tabela 11**). Para o outono as temperaturas concentram-se entre 19,5 °C e 18,3 °C, enquanto que no inverno as médias variaram entre 19,4°C a 18,3 °C, sendo mais representativos os valores inferiores a 19 °C, para ambas as estações, que ocorrem em altitudes superiores a 400 metros (**Figura 38 – B e C**).

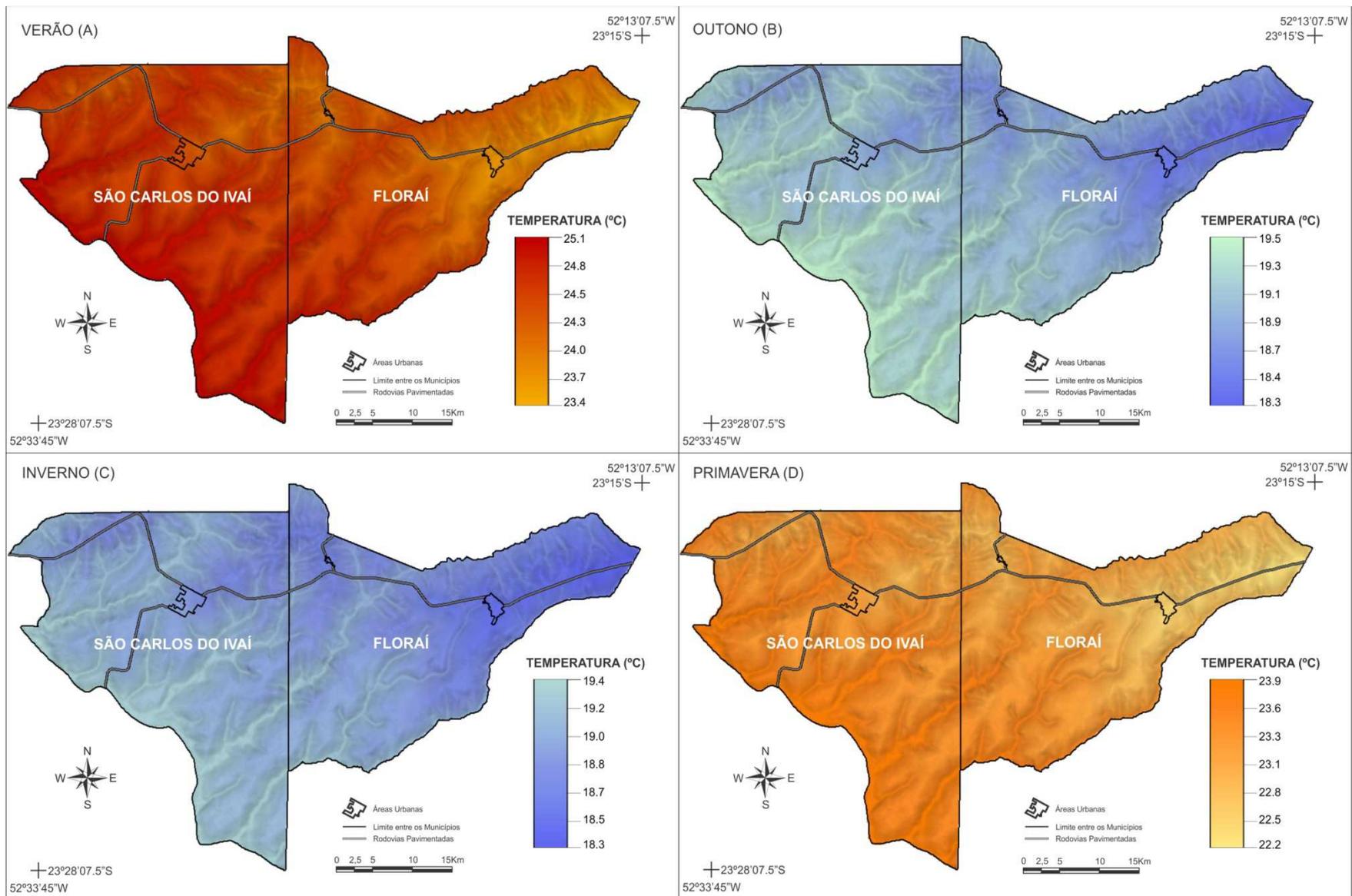


Figura 38 – Distribuição da temperatura média sazonal: verão (A); outono (B); inverno (C); primavera (D).

A variação da temperatura média mensal estimada mostrou um padrão diferenciado no comportamento dos valores médios mensais esperados para a região, onde geralmente janeiro e julho são os meses que apresentam os maiores e os menores valores médios de temperatura. O mês mais quente para os municípios foi fevereiro, com média de 24,7 °C, seguindo por janeiro e dezembro, com respectivas médias de 24,6 °C e 24 °C, enquanto que o mês considerado mais frio é junho, com média de 17 °C, seguindo por julho e agosto, que apresentaram 17,1 °C e 19 °C de média, respectivamente (**Tabela 12**).

Tabela 12 – Valores médios mensais das temperaturas estimadas em (°C).

Altitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
250	25,4	25,5	24,4	22,1	18,9	17,5	17,6	19,5	21,1	22,7	24,2	24,9	22
300	25,2	25,2	24,1	21,9	18,7	17,4	17,5	19,3	20,9	22,5	23,9	24,6	21,8
350	24,9	24,9	23,8	21,6	18,5	17,2	17,3	19,1	20,7	22,2	23,6	24,3	21,5
400	24,6	24,7	23,6	21,4	18,3	17	17,1	19	20,5	22	23,3	24	21,3
450	24,3	24,4	23,3	21,2	18,1	16,8	17	18,8	20,3	21,7	23,1	23,7	21,1
500	24	24,1	23	20,9	17,9	16,6	16,8	18,6	20,1	21,4	22,8	23,4	20,8
550	23,8	23,8	22,8	20,7	17,7	16,5	16,6	18,4	19,9	21,2	22,5	23,1	20,6
Média	24,6	24,7	23,6	21,4	18,3	17	17,1	19	20,5	22	23,3	24	21,3

Fonte: Pinto e Alfonsi (1974).

Os meses de janeiro e fevereiro apresentam uma variação de temperatura muito próxima, quando relacionadas entre as diferenças altimétricas do relevo. As temperaturas médias para ambos os meses enquadra-se entre 24 °C e 25,7 °C (**Figura 39 – A e B**), sendo que os maiores valores são registrados na porção sul e sudoeste do município de São Carlos do Ivaí, geralmente sobre altitudes inferiores a 450 metros, enquanto que os menores valores são encontrados apenas numa pequena área da porção nordeste do município de Floraí, onde ocorrem altitudes superiores a 500 metros.

Para os meses de março e abril nota-se uma variação mais expressiva no comportamento da temperatura média, quando comparado com os meses anteriores. O mês de março apresentou uma temperatura média 23,6 °C, enquanto que em abril a média foi de 21,4 °C (**Figura 39 – C e D**), o que representou uma redução na temperatura entre os meses de 2,2 °C. Os menores valores são registrados no mês de abril, principalmente na porção nordeste de Floraí (**Figura 39 – D**). A redução mais acentuada na temperatura no mês de abril é marcada pela fase transitória entre o solstício de verão e o equinócio de outono no Hemisfério Sul.

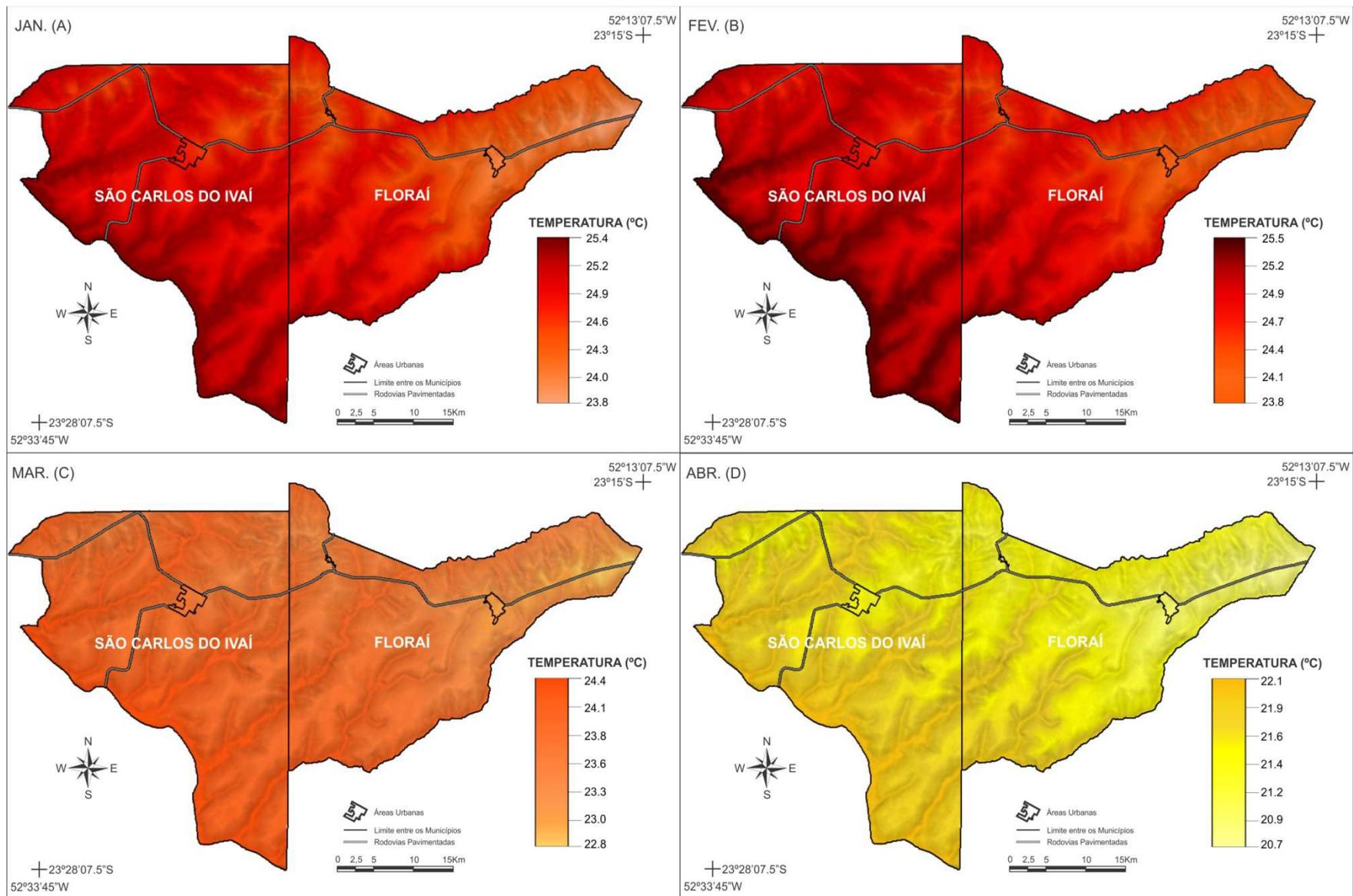


Figura 39 – Distribuição da temperatura média mensal: janeiro (A); fevereiro (B); março (C); abril (D).

Com o início do outono no mês de abril a tendência das temperaturas é apresentar queda ao longo dos meses subsequentes, fazendo com que as temperaturas médias do mês de maio e junho sejam bem inferiores às registradas em abril. No mês de maio a temperatura média estimada é de 18,3 °C (**Tabela 12**), representando uma queda de 3,1 °C em relação ao mês anterior. Isso ocorre devido ao início da atuação mais frequente das massas de ar polar sobre a região, que trazem geralmente pouca umidade e temperaturas baixas, essa atuação vai se intensificar ainda mais durante os meses do inverno. A distribuição da temperatura para o mês enquadrado-se entre 18,9 °C e 17,7 °C, sendo que as menores temperaturas foram observadas na porção nordeste de Floraf sobre altitudes superiores a 450 metros (**Figura 40 – E**).

A distribuição dos valores médios de temperatura para os meses de junho apresentou o mesmo padrão identificado no mês de maio, muito embora, seus valores sejam inferiores, com médias variando entre 17,5 °C e 16,5 °C (**Figura 40 – F**). A redução nos valores médios de temperatura para o mês de junho reflete uma tendência já esperada, devido às características influentes que marcam o fim do equinócio de outono e início do solstício de inverno no Hemisfério Sul.

Para os meses de julho e agosto as temperaturas médias foram seguidas de acréscimo em seus valores se comparado com o mês de junho, atingindo uma amplitude de 2 °C entre os meses de junho e agosto. O valor médio para o mês de julho é de 17,1 °C, valor muito próximo ao apresentado no mês de junho que é de 17 °C, enquanto que no mês de agosto as temperaturas médias foram mais elevadas, com uma média de 19 °C (**Tabela 12**).

No mês de julho as temperaturas médias oscilaram entre 17,6 °C e 16,6 °C (**Figura 40 – G**), apresentando uma distribuição mais homogênea ao longo dos municípios. Em agosto a distribuição das temperaturas médias apresentou uma oscilação maior se comparada com o mês anterior, representada por médias variando entre 19,5 °C e 18,4 °C (**Figura 40 – H**), com maior representatividade das médias inferiores a 19 °C, que se estendem sobre altitudes acima de 400 metros.

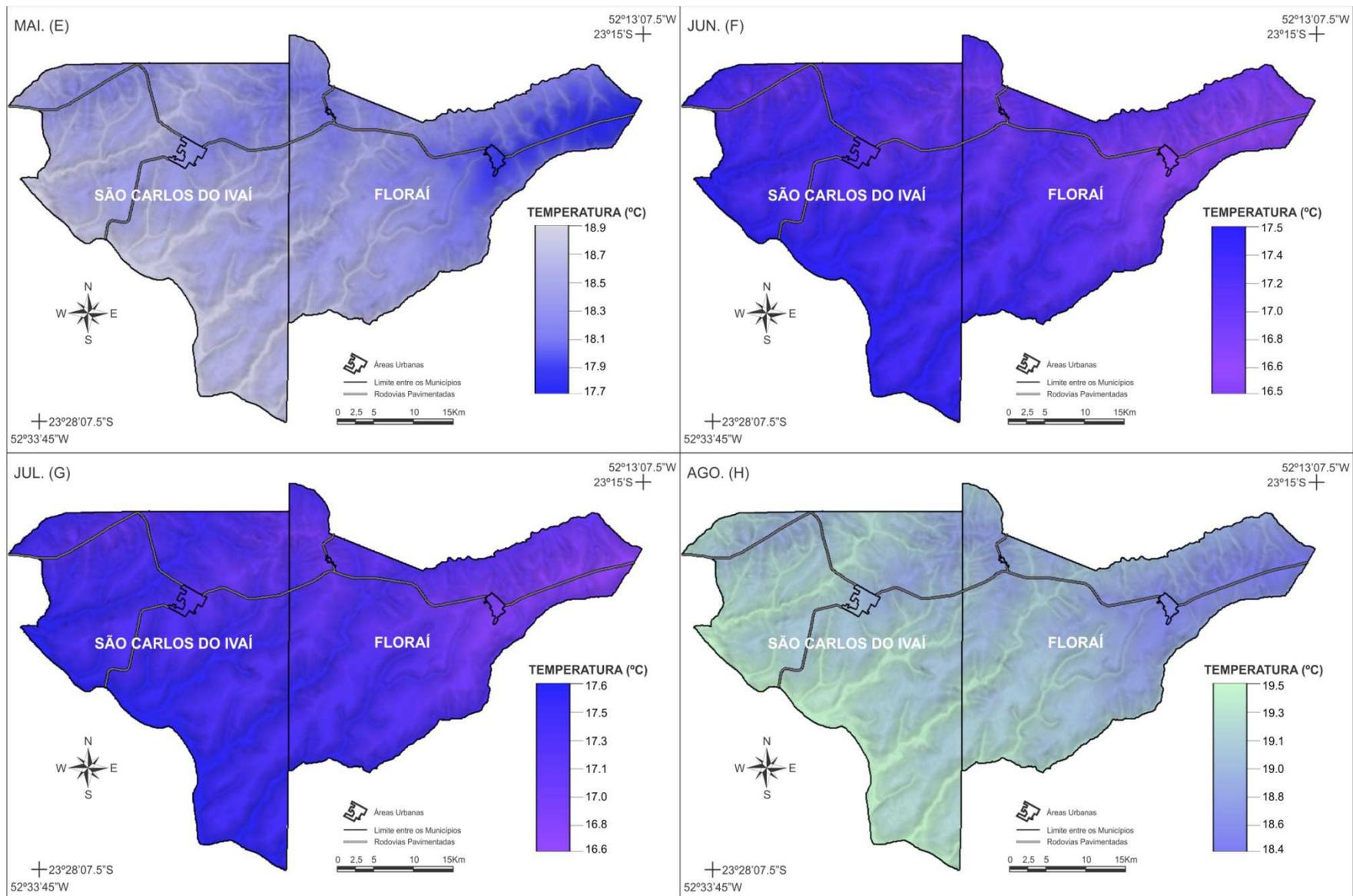


Figura 40 – Distribuição da temperatura média mensal: maio (E); junho (F); julho (G); agosto (H).

Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro houve um aumento mensal gradativo da temperatura média nos municípios. A distribuição espacial é a mesma para todos os meses, porém com valores médios oscilando entre 20,5 °C no mês de setembro e 24 °C no mês de dezembro (**Tabela 12**).

O mês de setembro exibiu um aumento na temperatura média em relação aos meses anteriores, por expor algumas características mais próximas às apresentadas durante a primavera, geralmente no decorrer desse mês, que marca a fase de transição entre o fim do inverno e início de primavera, no interior do Brasil já começa a se intensificar o aquecimento pela maior insolação, que além de formar linhas de instabilidade que ocasionam chuvas mais intensas, colabora para a elevação das temperaturas médias sobre a região norte e noroeste do Paraná.

As temperaturas médias em setembro variam entre 21,1 °C e 19,9 °C, sendo mais representativas as temperaturas acima de 23,3 °C (**Figura 41 – I**), distribuídas sobre porções do relevo com altitudes inferiores a 450 metros.

No mês de outubro, por apresentar características da primavera, as temperaturas médias continuam a se elevar com uma variação de 1,2 °C em relação a setembro. As suas médias variam entre 22,7 °C e 21,2 °C (**Figura 41 – J**). Em novembro a uma maior intensificação nos valores médios de temperatura, apresentando-se sempre superiores aos 23 °C (**Tabela 12**). A distribuição das médias demonstrou um padrão mais homogêneo para esse mês, sendo que grande parte dos municípios está sobre temperaturas acima de 22,8 °C (**Figura 41 – K**), onde predomina altitudes abaixo dos 500 metros.

No mês de dezembro o comportamento na distribuição da temperatura é muito próximo do apresentado no mês de novembro, muito embora, suas médias sejam superiores, ultrapassando os 23,1 °C. Nesse mês as temperaturas se assemelham as registradas nos meses de verão (janeiro e fevereiro), registrando nas porções mais baixas do relevo uma média de 24,9 °C (**Figura 41 – L**). O mês de dezembro marca a fase de transição entre o equinócio da primavera para o solstício de verão no Hemisfério Sul, onde os dias começam a ficar mais longos e receber uma maior incidência de radiação solar, explicando essa proximidade entre as médias da temperatura.

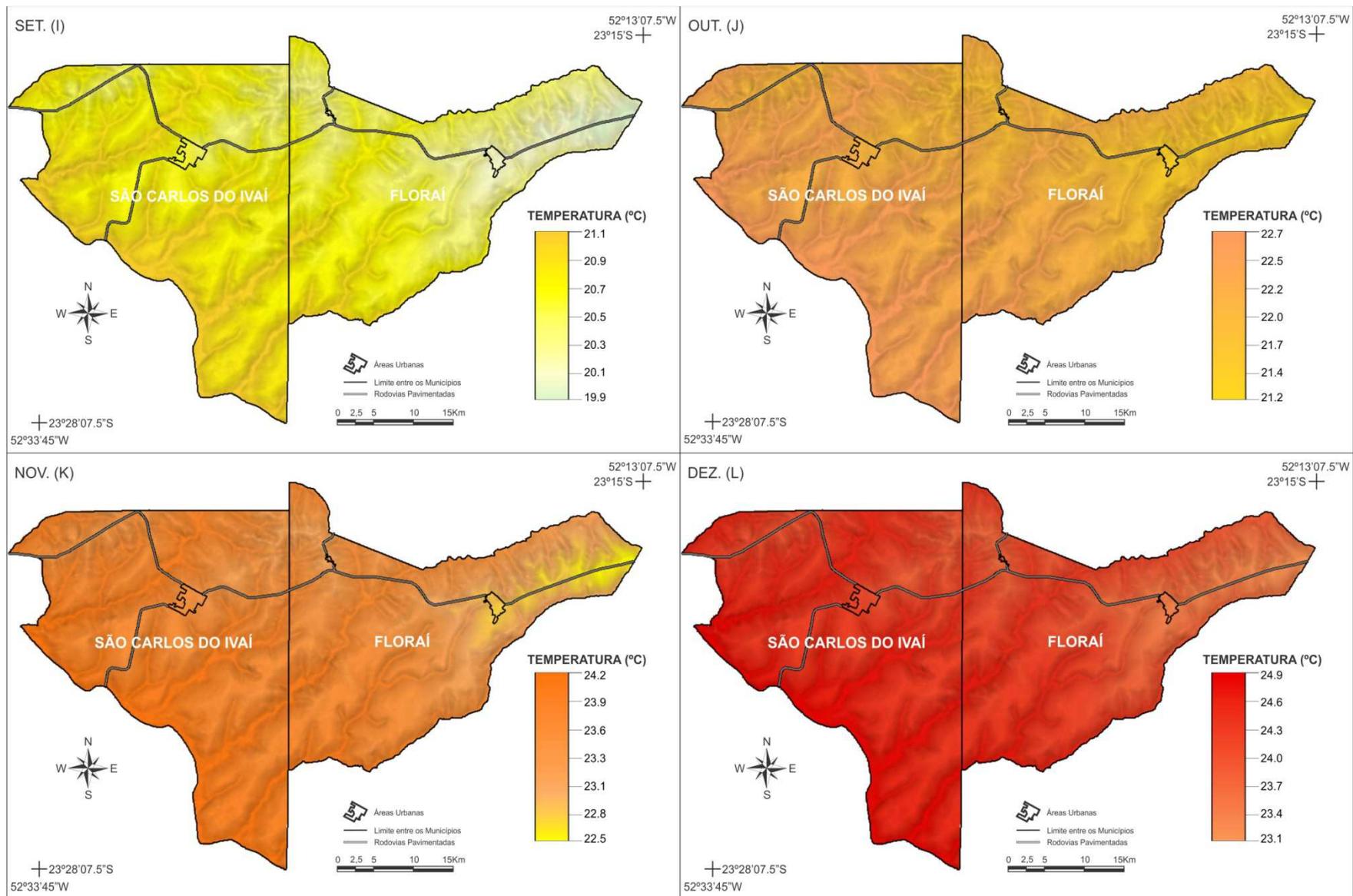


Figura 41 – Distribuição da temperatura média mensal: setembro (I); outubro (J); novembro (K); dezembro (L).

5.3 Análise dos anos padrão (1980 – 2010)

A análise dos anos padrão confirmou a variabilidade na distribuição da precipitação na região, sendo que num mesmo ano podem ocorrer distinções entre os padrões de chuva de um posto pluviométrico para o outro. Através dessa distinção que foi procedida a escolha dos anos representativos, sendo considerada para isso a maior ocorrência dos anos (seco e/ou chuvoso).

A classificação em anos padrões veio confirmar os anos de 2009, 1983 e 1997 como sendo os mais chuvosos e os anos de 1988, 1991 e 1985 com os mais secos de toda a série histórica analisada (1980 – 2010) para a região. No entanto, foram escolhidos como os mais representativos para a aplicação dos balanços hídricos edafológicos os anos de 2009 (chuvoso) e 1988 (seco) por apresentarem a maior sequência desse padrão de chuva classificado entre os postos, marcando uma maior regularidade na distribuição da pluviosidade.

No ano 2009 a ocorrência de ano padrão chuvoso foi registrada em sete dos dez postos analisados, os três restantes foram identificados como tendentes a chuvoso, enquanto que nos anos de 1983 e 1997, foram identificados seis e quatro postos pluviométricos, respectivamente, como representativos para os anos chuvosos (**Quadro 3**). Em 1997, embora tenha apresentado a segunda maior média pluviométrica, sua distribuição foi bem irregular se comparada com do ano 2009. A maioria dos postos nesse ano, cinco no total, foi identificado como tendentes a chuvoso e ainda um posto como ano normal (**Quadro 3**).

Para os anos mais secos, destaca-se o ano de 1988 com oito dos dez postos identificados como ano seco e dois como tendentes a seco. Nos anos de 1991 e 1985 foram identificados apenas quatro e três postos, respectivamente, como ano seco. A maioria dos postos para ambos os anos foram classificados com tendentes a seco e um posto em cada ano foi identificado como ano normal (**Quadro 3**).

Outros anos como, por exemplo, 2000, 1990 e 1998 merecem destaque por apresentarem, na maioria dos postos, a classificação de anos tendentes a chuvoso e o ano de 1984 que foi identificado com tendente a seco (**Quadro 3**). O restante dos anos da série analisada pode ser considerado como anos padrões normais de chuva, embora alguns apresentem anos que variam entre tendentes a chuvoso e tendentes a seco, como, 1992 e 2006, respectivamente (**Quadro 3**).

5.4 Comportamento edafoclimático nos anos atípicos (seco e chuvoso)

Em virtude do grande número de setores e de solos que os balanços hídricos foram aplicados serão abordados apenas alguns exemplos ao longo das discussões para demonstração dos resultados para cada ano. Assim, numa análise universal dos resultados percebe-se que houve uma significativa variação entre o comportamento da água disponível nos perfis dos solos em profundidade e nos períodos de excedente e deficiência hídrica em cada solo no mesmo ano e entre os anos representativos (seco e chuvoso). De maneira geral, pode-se afirmar que cada solo apresentou um resultado típico de acordo com sua capacidade de retenção de água, sendo que tais características estão estritamente ligadas à classe textural, tipo de estrutura e teor de matéria orgânica que cada solo apresenta, aliadas a intensidade das chuvas em determinadas épocas do ano.

Os solos que possuem texturas mais grosseiras nos municípios, como os Latossolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho Distrófico, foram os que apresentaram as maiores variações entre os resultados obtidos por meio do balanço hídrico, principalmente, pela sua baixa capacidade de água disponível (CAD) que é de 123,75 mm e 148,04 mm, respectivamente, enquanto que os solos argilosos, Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico, sofreram variações menores entre os seus resultados por possuírem capacidade de água disponível (CAD) mais elevada, com respectivamente 248,04 mm e 306,06 mm. Esses resultados confirmam o que já foi observado por Souza (1966); Carvalho *et al.* (1986); Zandonadi, (2006); Braido (2006; 2010) de que solos com textura arenosa/média e média tendem a apresentar como característica um rápido preenchimento ou saturação dos horizontes logo após as primeiras chuvas e perder a umidade, também, rapidamente depois de alguns dias sem chuvas, diferentemente dos solos com textura mais finas que detém maior capacidade de retenção de água por um período mais prolongado.

No ano representado pelo intervalo de 1987/1988 as maiores ausências de água nos solos foram identificadas entre os meses de agosto a setembro e de dezembro a março, esse último período refere-se, principalmente, aos solos encontrados nos setores I e II dos municípios, enquanto que nos meses de julho, novembro, maio e junho, os solos apresentaram preenchimento total do perfil (**Figura 42 – A, B, C e D**), exceto nos Argissolos (**Figura 43 – B**) e, também, no Latossolo Vermelho Distrófico encontrados no setor Ic que exibiram ausência de água na camada superficial do perfil no mês de junho.

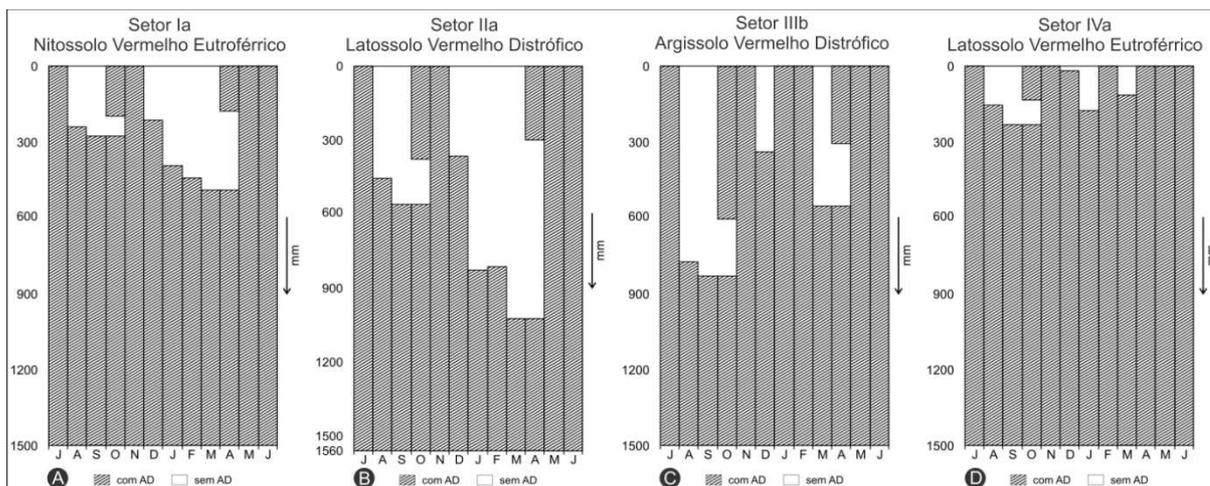


Figura 42 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (1987/1988).

A maior representatividade quanto a deficiência de água em profundidade nos solos analisados entre os anos de 1987/1988 foi encontrada nos Argissolos localizados nos setores Ib, Ic e Iib, principalmente, nos meses de setembro, janeiro e março, com valores variando em profundidade de 600 mm a 1000 mm sem água disponível, muito embora, valores próximos a esses também foram encontrados no setor IIIc, para os mesmos solos, com maior variação identificada nos meses de agosto e setembro, que apresentaram uma profundidade média de aproximadamente 800 mm sem água disponível (**Figura 43**).

O preenchimento total do perfil desses solos (Argissolos) nos setores Ib e Iib foi encontrado em apenas quatro meses, sendo eles julho, novembro, maio e junho, enquanto que no setor IIIc, além dos mesmos meses dos setores Ib e Iib, apresentaram preenchimento total os meses de janeiro e fevereiro (**Figura 43 – C e D**).

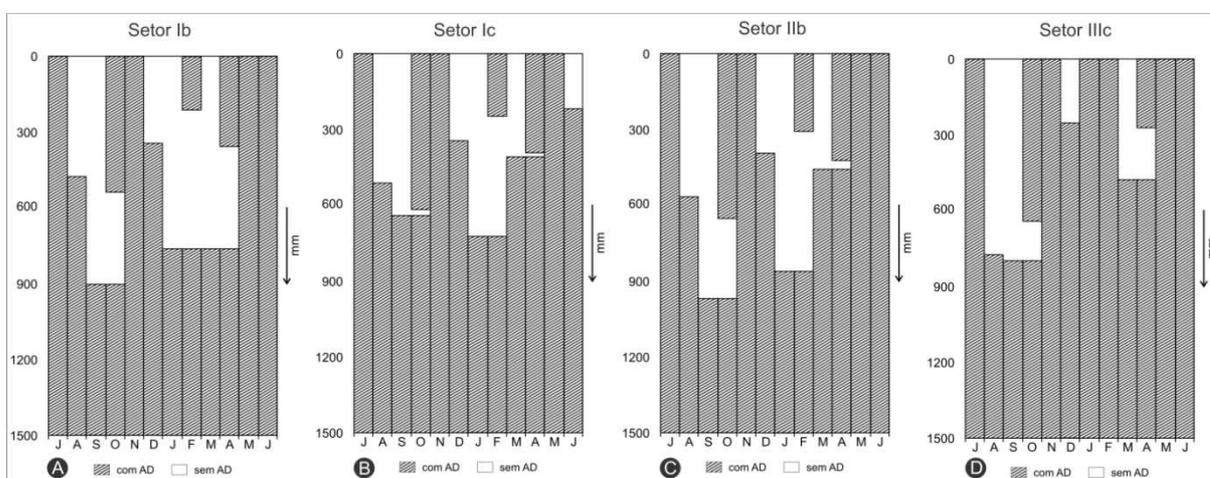


Figura 43 – Comportamento da água disponível no perfil do Argissolo Vermelho Distrófico (1987/1988).

Os solos com textura muito argilosa, Nitossolo e Latossolo Vermelho Eutroférico, exibiram ausências de água disponível em profundidade nos meses de agosto, setembro, janeiro e março, principalmente nos setores I e II dos municípios. A diferença encontrada nesses solos para o padrão descrito nos Argissolos, no mesmo ano, se deu pela profundidade atingida com deficiência de água no perfil que se concentrou em menores profundidades, no geral, entre 200 mm a 350 mm (**Figura 44 – A, B, C e D**). Nos setores III e IV, para os mesmos solos, a variação no padrão do comportamento identificado nos setores I e II é representada pelo preenchimento total do perfil dos solos nos meses de janeiro, fevereiro e abril (**Figura 44 – E e F**).

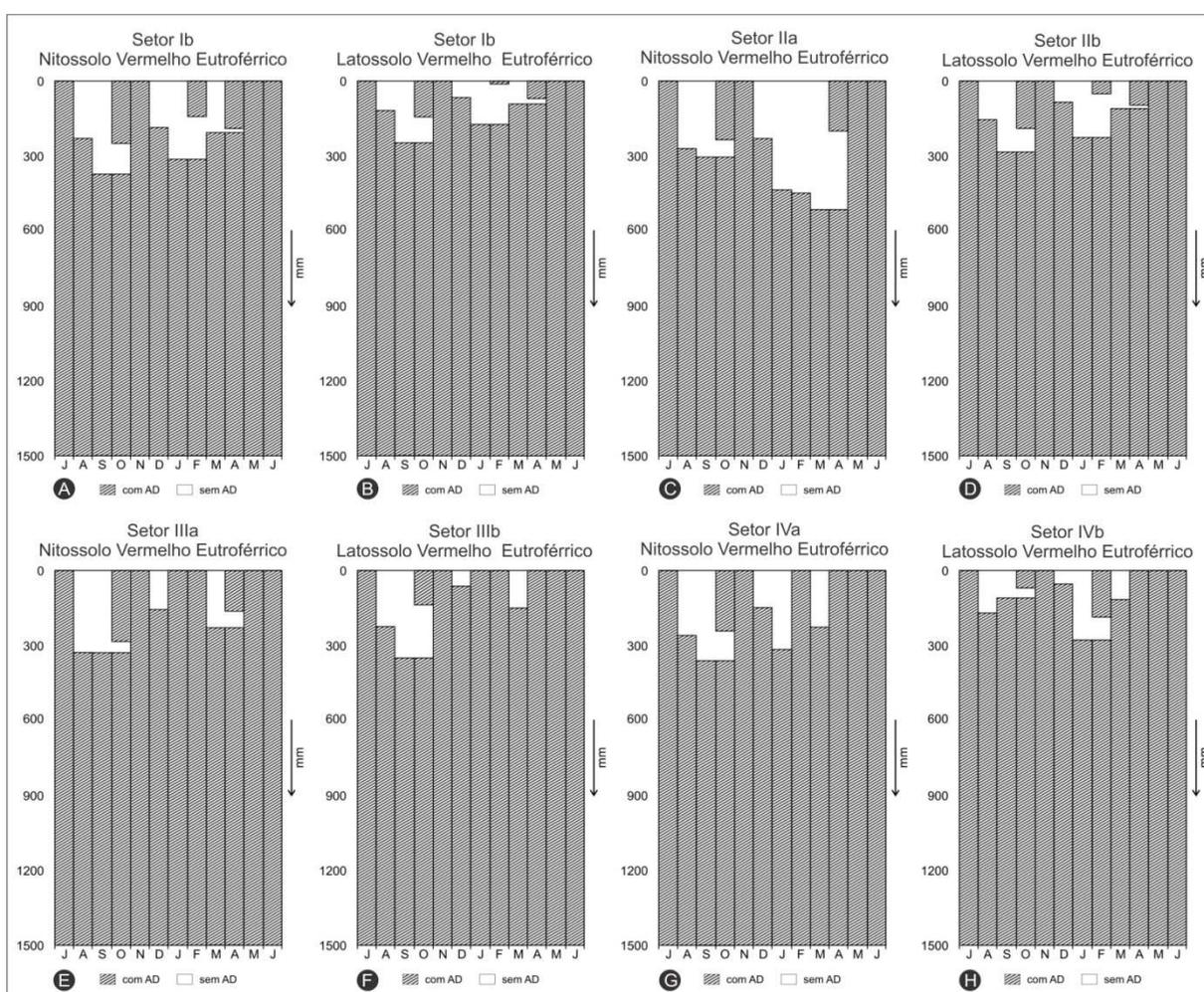


Figura 44 – Comportamento da água disponível nos perfis de Nitossolo e Latossolo Vermelho Eutroférico nos diferentes setores (1987/1988).

Durante o ano os períodos com excedente e deficiência hídrica apresentaram diferenciação devido às características de armazenamento de água que cada solo detém, independentemente dos setores onde estão situados. Assim, nos solos com textura

arenosa/média e média os períodos com excedente hídrico iniciaram-se no mês de novembro (**Figura 45 – A e C**), diferentemente do que ocorreu com os solos de textura muito argilosa que apresentaram excedente hídrico somente a partir do mês de maio (**Figura 45 – B e D**).

A ocorrência de deficiência hídrica no ano foi identificada apenas no mês de março e, exclusivamente, nos Argissolos dos setores Ib e IIb (**Figura 45 – A**), localizados no extremo noroeste de São Carlos do Ivaí e em partes da porção norte dos municípios (**Figura 47**).

As maiores variações foram identificadas entre os períodos que ocorrem armazenamento e utilização da água disponível nos solos. Entre os solos com textura arenosa/média e média o armazenamento de água ocorreu no mês de outubro, enquanto que o período de utilização se estendeu, principalmente, entre os meses de agosto, setembro, dezembro e março (**Figura 45 – A e C**). Para os solos com textura muito argilosa o período de armazenamento ocorreu entre os meses de outubro, novembro, fevereiro e abril, já os períodos de utilização foram encontrados nos meses de agosto, setembro, dezembro e março (**Figura 45 – B e D**), assim como identificado nos solos de textura arenosa/média e média.

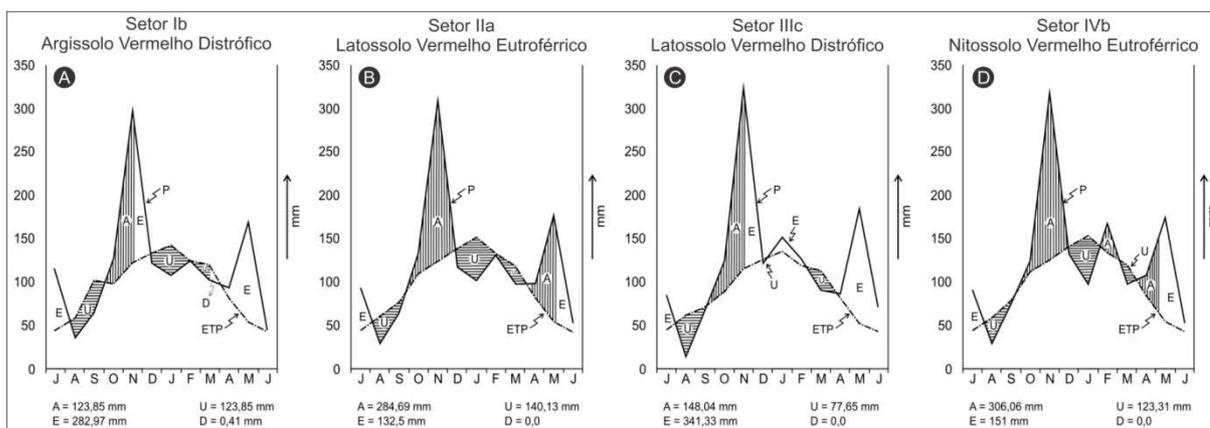


Figura 45 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (1987/1988).

Os resultados dos balanços hídricos mostraram que o ano compreendido entre 1987/1988 apresentou maior ocorrência de excedente hídrico em relação à deficiência hídrica em todos os setores para os variados tipos de solo.

Os maiores valores de excedente hídrico são encontrados, principalmente, nas porções norte e noroeste de São Carlos do Ivaí (setores I e II) e nordeste de Floráí (setor III), com totais superando os 250 mm anuais, ocorrendo essencialmente sobre os solos com textura arenosa/média e média (**Figura 46**).

Os menores valores de excedente hídrico, entre 50 mm e 150 mm, ocorreram com mais evidência na porção central dos municípios e sul de Floráí (setor II), onde predomina os solos de textura muito argilosa (**Figura 46**). Ao sul de São Carlos do Ivaí (setor IV) e nordeste de Floráí (setor III), sobre os solos com textura muito argilosa, foram encontrados valores intermediários de excedente hídrico, que se concentram entre 150 mm e 250 mm (**Figura 46**).

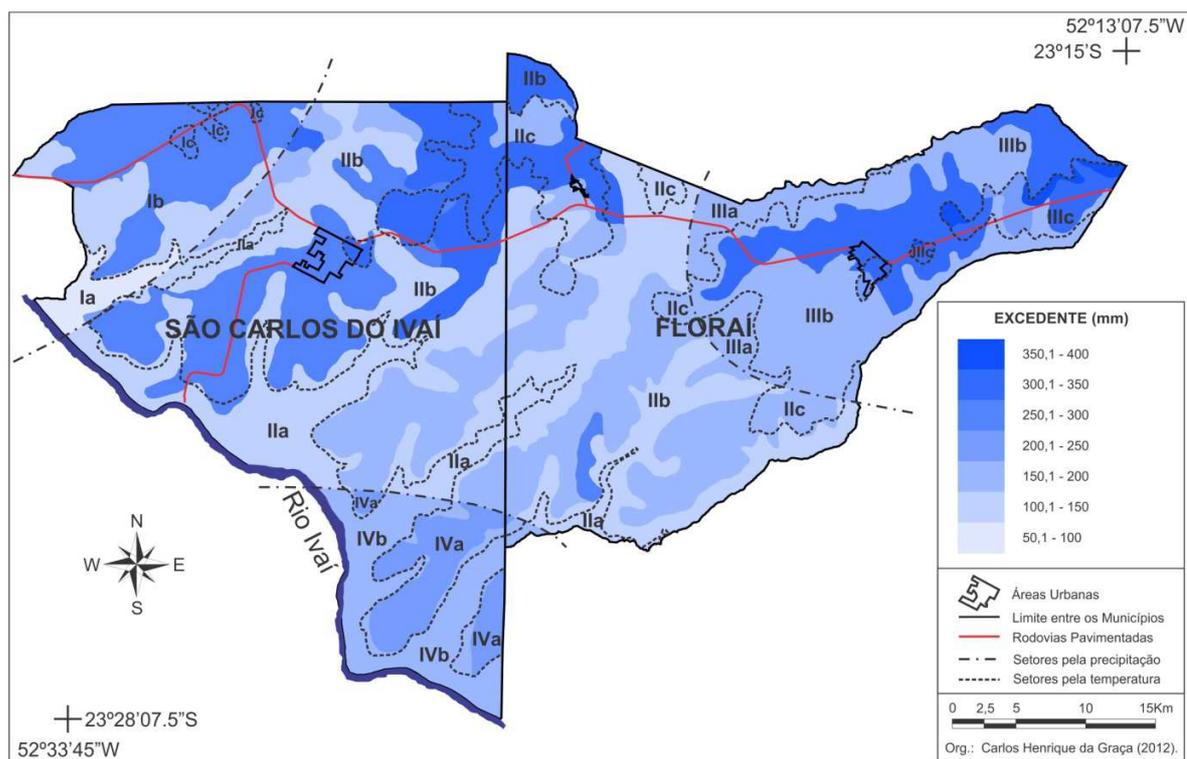


Figura 46 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 1987/1988 nos municípios.

Em relação à deficiência hídrica os valores obtidos foram muito baixos, concentrando-se entre 0,1 mm e 25 mm, sendo encontrados apenas nos Argissolos situados nas porções noroeste de São Carlos do Ivaí e norte dos municípios (setores Ib e Iib) (**Figura 47**).

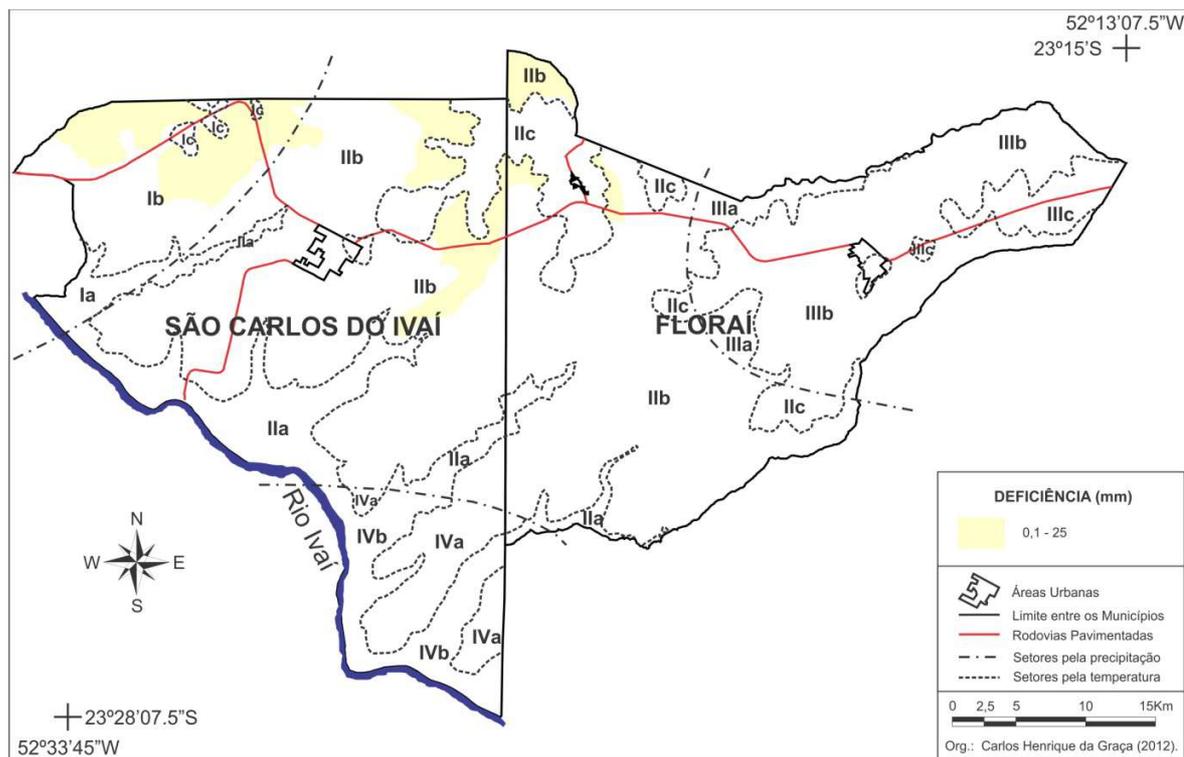


Figura 47 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 1987/1988 nos municípios.

No ano representado entre 1988/1989 os meses de julho, agosto, setembro e dezembro apresentaram, quanto ao comportamento da água disponível, ausência total de água no perfil em praticamente todos os setores, exceto nos setores Ic, Iic e IIIc, no mês de dezembro, que exibiu uma pequena camada de água disponível concentrada entre 1300 mm e 1500 mm de profundidade nos solos com textura arenosa/média e média e entre 500 mm a 550 mm nos solos com textura muito argilosa (**Figura 48**).

O mês de novembro também apresentou grandes deficiências de água no perfil em todos os solos, que variaram apenas em profundidade dependendo das características texturais de cada solo, e dos setores dos municípios onde estão localizados, ou seja, entre os solos com textura arenosa/média e média, as ausências de água em profundidade concentraram-se entre 900 mm e 1200 mm. Nos solos argilosos a ausência de água no perfil atingiu menores profundidades concentrando-se entre 400 mm e 500 mm (**Figura 48**).

O preenchimento total do perfil dos solos não seguiu um padrão marcado por regularidade entre os solos e setores, sendo principalmente identificado nos meses de fevereiro a junho nos solos com textura arenosa/média e média do setor I e nos meses de fevereiro, abril e junho nos setores II e III, para os mesmo solos (**Figura 48 – A, B e E**). Entre os solos com textura muito argilosa, apenas o Latossolo apresentou preenchimento total do perfil nos meses de fevereiro, abril e junho no setor III dos municípios (**Figura 48 – C e G**).

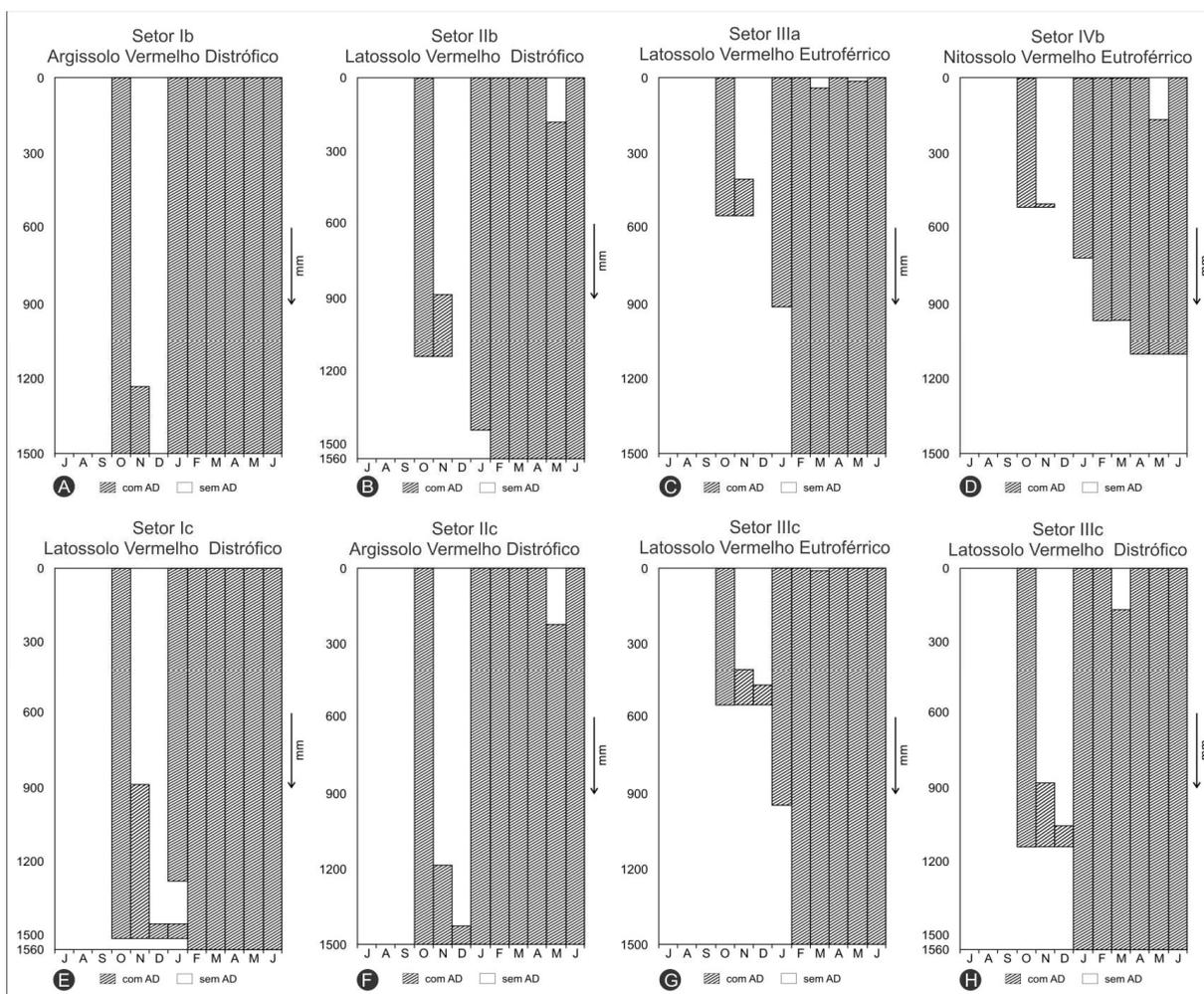


Figura 48 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (1988/1989).

Entre os solos analisados durante esse ano o Nitossolo merece destaque por ser o único que não apresentou preenchimento total do perfil em nenhum período do ano, no entanto, entre os meses de janeiro a junho nos setores I e II apresentou uma camada de água disponível constante entre as profundidades de 600 mm e 1300 mm, camada esta suficiente para suprir as necessidades de umidade das plantas durante esse período (**Figura 49**). Já entre os setores III e IV a camada de água disponível foi mais evidente entre os meses de janeiro, fevereiro, abril e junho atingindo profundidades maiores que variaram entre 900 mm a 1400 mm (**Figura 49**).

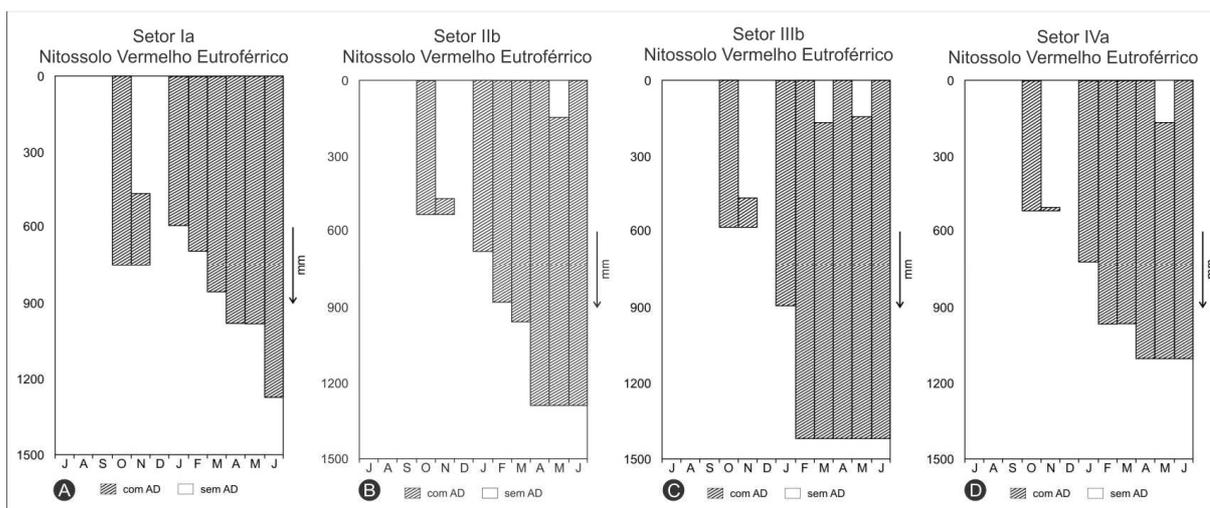


Figura 49 – Comportamento da água disponível nos perfis de Nitossolo Vermelho Eutroférico (1988/1989).

No decorrer desse ano o excedente e deficiência hídrica dos solos ocorreram em períodos diferenciados entre os setores e em cada solo devido à variação na distribuição da precipitação anual nos municípios e as características de armazenamento de água apresentadas pelos solos. Assim, entre os solos com textura arenosa/média e média, Argissolos e Latossolo Vermelhos Distróficos, os períodos com excedente hídrico ocorreram no mês de outubro, nos setores Ic, IIIb e IIIc, e no mês de janeiro nos setores Ia, Ib, II e IIIb (**Figura 50 – A, B, C e D**).

Nos solos com textura muito argilosa os períodos com ocorrência de excedente hídrico foram ainda mais variados entre os setores do que nos solos com textura arenosa/média e média, tanto que no Latossolo Vermelho Eutroférico localizado nos setores I e II os períodos de excedente ocorreram, principalmente, no mês de fevereiro, enquanto que no Nitossolo Vermelho Eutroférico os períodos com excedente ocorreram em março nos setores Ib e IIb, em abril no setor Ia e em junho no setor IIa. Entre esses mesmos solos, mas nos setores III e IV, os períodos de excedente hídrico apresentaram concordância entre os meses que ocorreram, sendo principalmente, no mês de janeiro no setor III, abril no setor IVa e junho no setor IVb (**Figura 50 – E, F, G e H**).

Os períodos que os solos apresentaram deficiência hídrica estão diretamente ligados aos baixos totais pluviométricos registrados entre os meses de julho a setembro em todos os setores dos municípios (**Figura 50**). Contudo, entre os solos com textura arenosa/média e média localizados no setor Ib, também, observou-se ocorrência de deficiência hídrica no mês de dezembro (**Figura 50 – A e B**).

Entre os períodos de armazenamento e utilização, os solos com textura arenosa/média e média apresentaram armazenamento, principalmente, no mês de outubro, enquanto que o período de utilização ocorreu essencialmente nos meses de novembro e dezembro (**Figura 50 - A, B, C e D**).

Nos solos com textura muito argilosa o período de armazenamento ocorreu, principalmente, nos meses de outubro e entre janeiro a março nos setores I e II e entre janeiro a abril nos setores III e IV, enquanto que a utilização da água no solo ocorreu, especialmente, entre os meses de novembro e dezembro (**Figura 50 - E, F, G e H**), assim como identificado nos solos com textura arenosa/média e média.

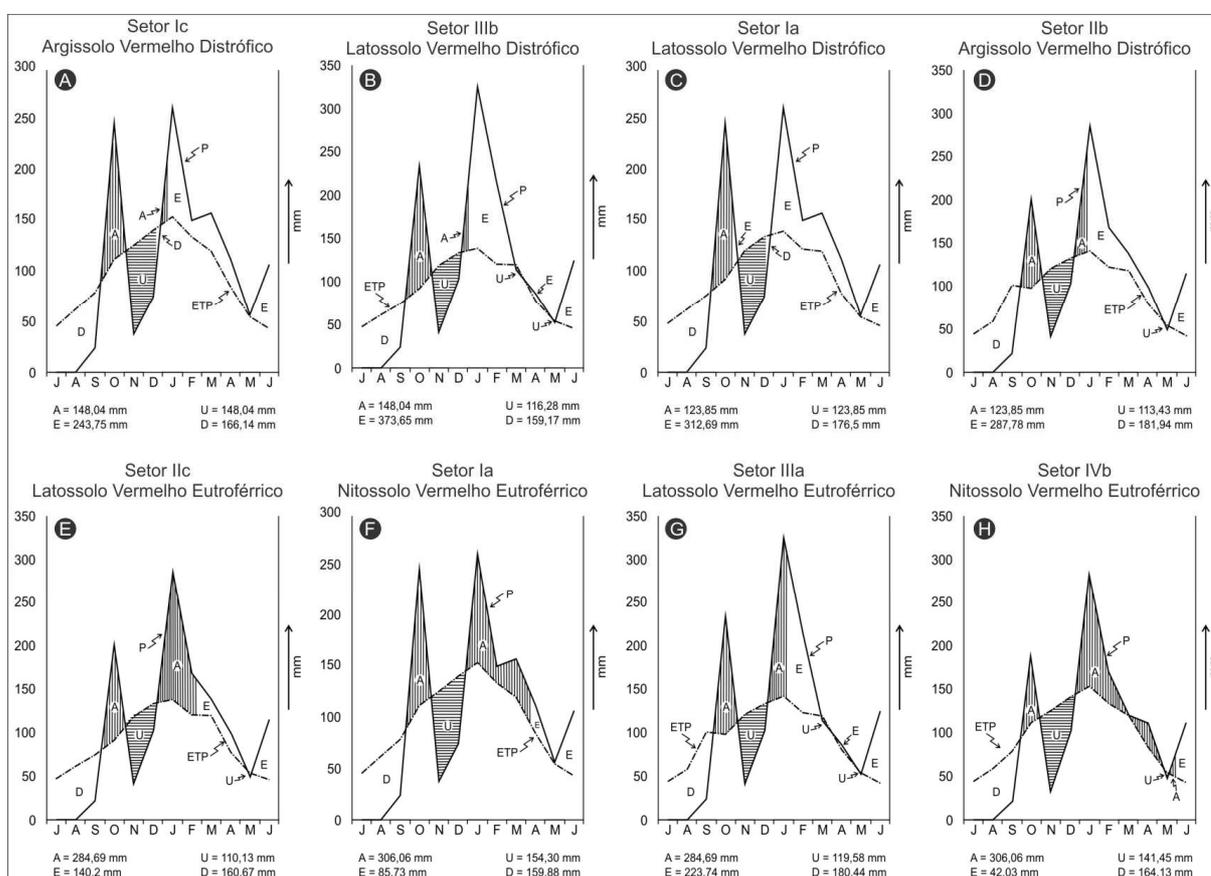


Figura 50 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (1988/1989).

Para esse ano os maiores valores de excedente hídrico foram encontrados, principalmente, nas porções nordeste de Florai (setor III), noroeste e norte de São Carlos do Ivaí (setores I e II), assim como identificado no ano anterior (1987/1988), com totais anuais superando os 300 mm, onde prevalecem os solos com textura arenosa/média e média, e entre 200 mm e 300 mm, onde são encontrados os solos com textura muito argilosa (**Figura 51**).

Os menores valores de excedente hídrico, inferiores a 50 mm, ocorreram essencialmente na porção sul do município de São Carlos do Ivaí (setor IV), onde são encontrados apenas os solos com textura muito argilosa e também, os menores valores pluviométricos no ano, entre os setores dos municípios (**Figura 51**).

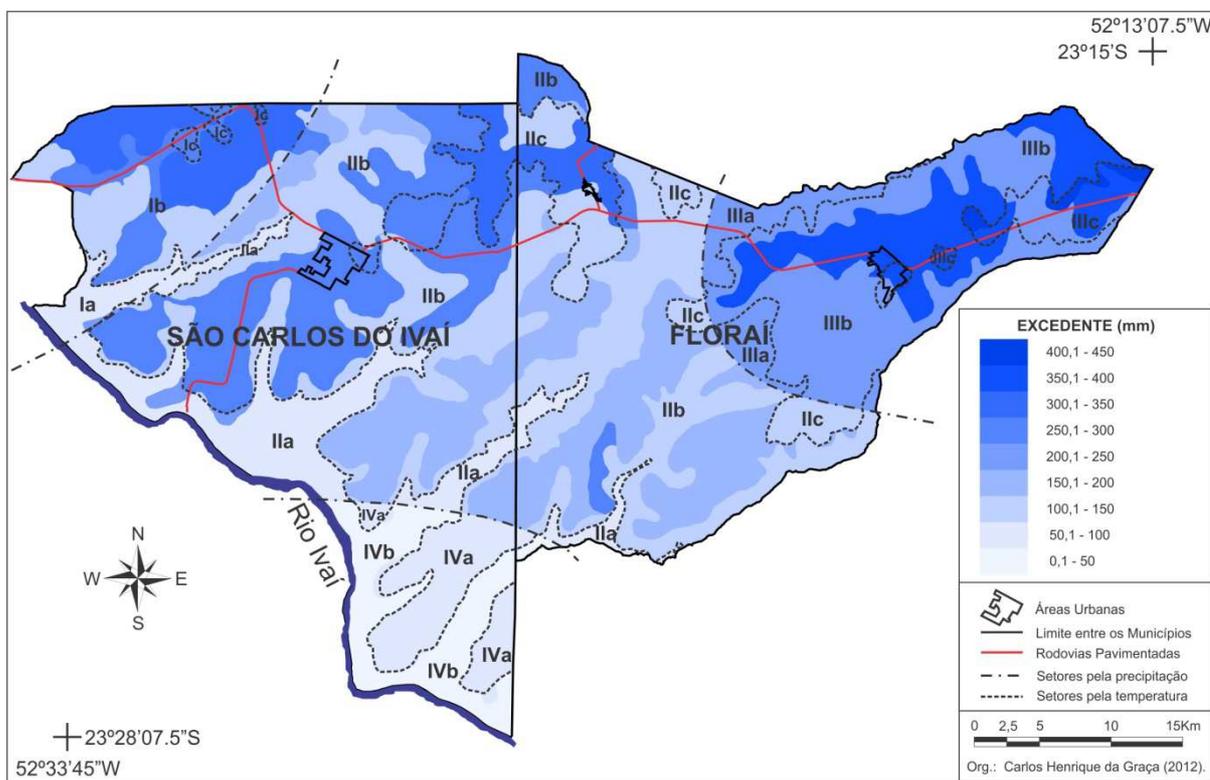


Figura 51 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 1988/1989 nos municípios.

Para deficiência hídrica os valores obtidos no ano foram muito próximos e relativamente altos, devido principalmente aos baixos totais pluviométricos registrados entre os meses de julho a setembro em todos os setores dos municípios. Os maiores valores foram encontrados na porção noroeste de São Carlos do Ivaí (setor Ib) sobre os solos com textura arenosa/média e média, com valores superiores a 200 mm anuais, enquanto que os menores valores, entre 150 mm e 175 mm, foram encontrados entre as porções nordeste de Florai (setor III), norte e sul de ambos os municípios (setor II) (**Figura 52**).

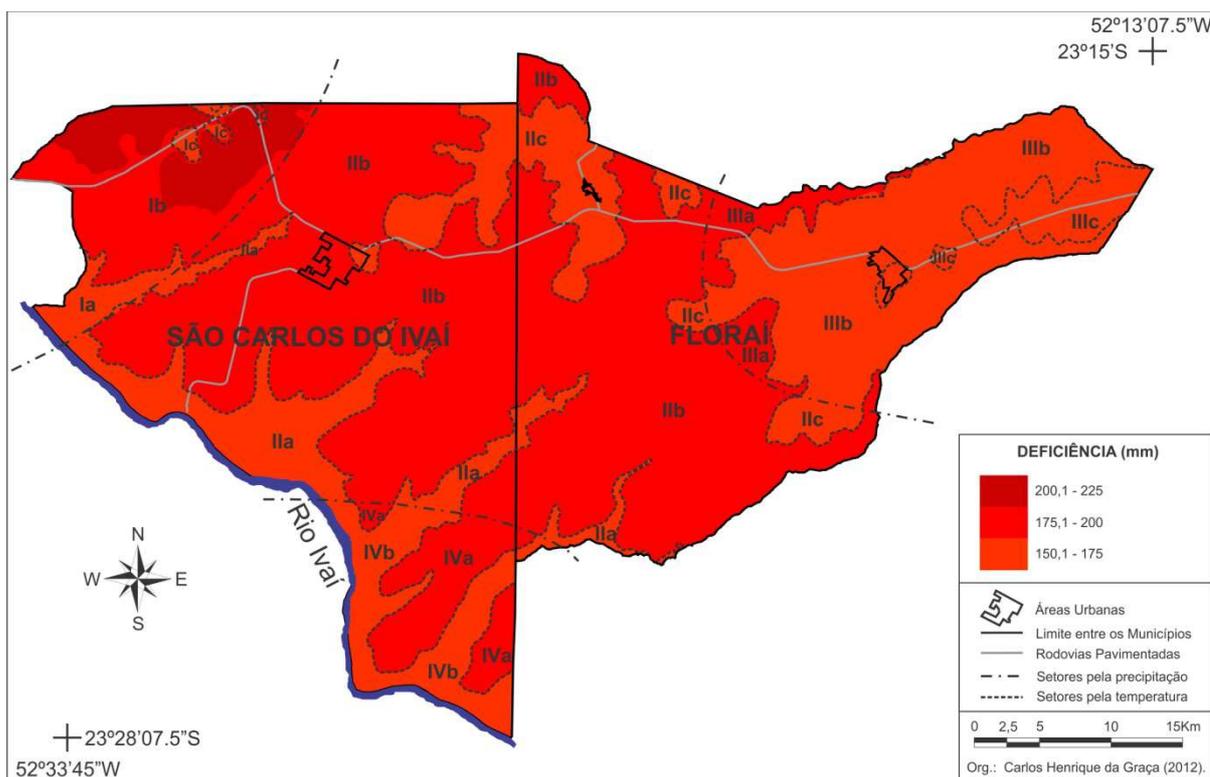


Figura 52 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 1988/1989 nos municípios.

No ano representado entre 2008/2009 as maiores ausências de água nos perfis foram identificadas, principalmente, nos meses de julho, dezembro e abril em todos os solos, independentemente dos setores onde estão localizados (**Figura 53**), enquanto que apenas os solos com textura arenosa/média e média apresentaram preenchimento total do perfil entre os meses de agosto, novembro, janeiro a março e junho nos setores I e II (**Figura 53 – A e B**), e entre setembro a novembro e janeiro a fevereiro no setor III (**Figura 53 – E e F**).

Entre os solos com textura arenosa/média e média os períodos com ausência de água no perfil, exceto julho, apresentaram profundidades que variaram entre 1100 mm e 1450 mm em dezembro e de 800 mm a 1200 mm no mês de abril (**Figura 53 – A, B, E e F**).

Nos solos com textura muito argilosa essas profundidades foram menores, exceto julho, e variaram de 500 mm a 600 mm no mês de dezembro e entre 400 mm e 500 mm no mês de abril (**Figura 53 – C, D, G e H**). Nesses solos em nenhum mês ocorreu o preenchimento total do perfil, no entanto, entre os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e, dependendo do setor onde estão localizados os solos, também os meses de agosto, outubro, novembro e junho, apresentaram uma camada de água disponível constante até as profundidades de 750 mm e 1400 mm, que dependendo do cultivo sobre o solo já são

suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas no decorrer desse período (**Figura 53 – C, D, G e H**).

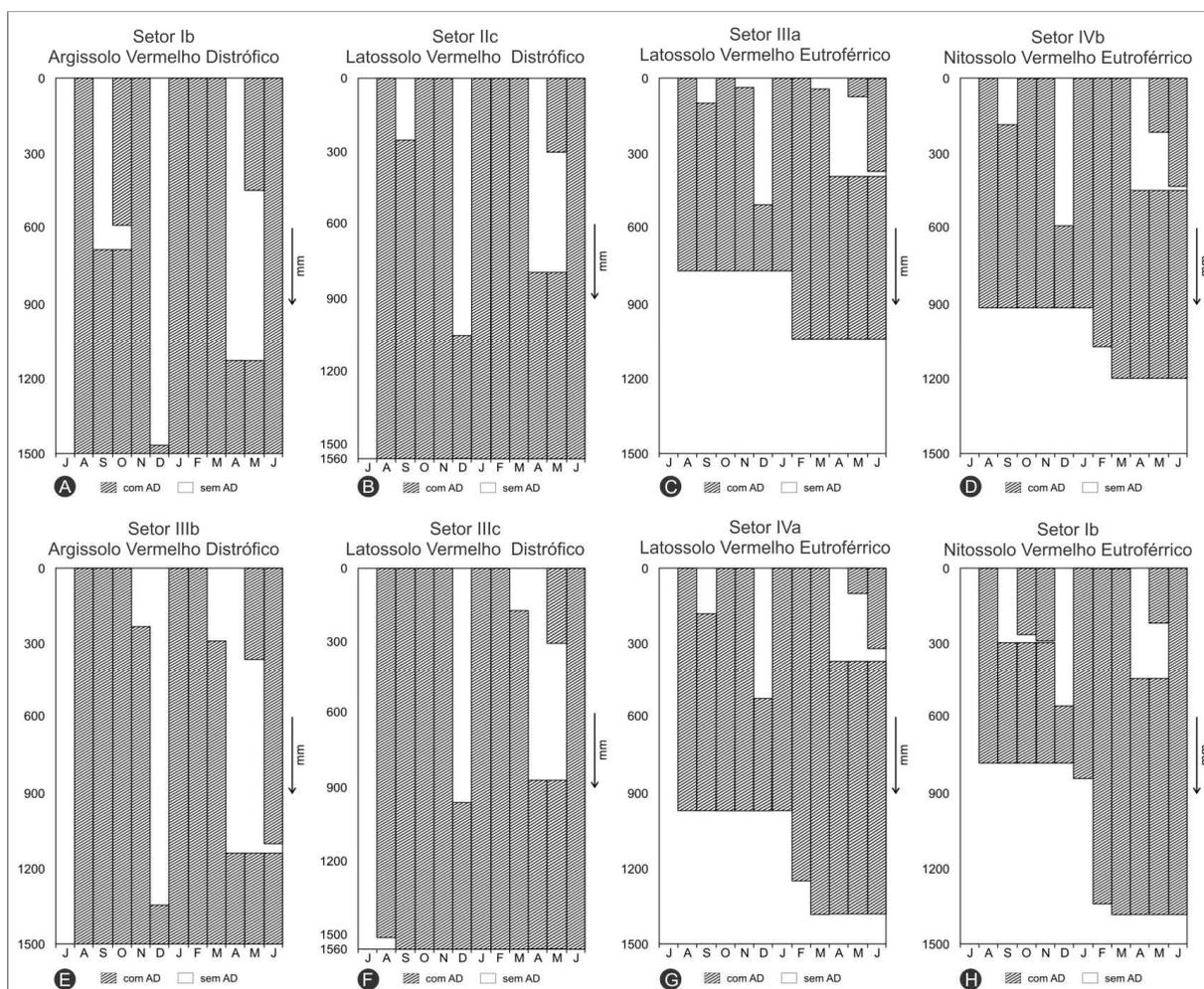


Figura 53 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (2008/2009).

No ano entre 2008/2009 o excedente hídrico apresentou, de modo geral, os mesmos períodos de ocorrência entre os solos com características texturais semelhantes, ou seja, os solos com textura arenosa/média e média exibiram excedente hídrico com início no mês de agosto (**Figura 54 – A, B, E e F**), logo após sua capacidade de água disponível ser satisfeita pelos elevados índices pluviométricos registrados nesse mês em todos os setores, enquanto que nos solos Ib com textura muito argilosa os períodos com excedente hídrico iniciaram-se apenas no mês de fevereiro (**Figura 54 - C, D, G e H**).

Os períodos de deficiência hídrica nos solos com textura arenosa/média e média ocorreram, principalmente, nos meses de julho e abril, exceto no Argissolos localizados nos setores Ib e IIb, que apresentaram deficiência hídrica iniciando no mês de dezembro (**Figura**

54 – A e E). Entre os solos argilosos a ocorrência de deficiência hídrica foi identificada apenas no mês de julho (**Figura 54 - C, D, G e H**).

Entre os períodos de armazenamento e utilização, os solos com textura arenosa/média e média apresentaram armazenamento apenas no mês de agosto, enquanto que o período de utilização ocorreu essencialmente nos meses de setembro, dezembro e abril (**Figura 54 - A, B, E e F**). Nos solos com textura muito argilosa o período de armazenamento ocorreu, principalmente, nos meses de agosto, outubro, novembro e janeiro, enquanto que a utilização da água no solo ocorreu, assim como identificado nos solos com textura arenosa/média e média, nos meses setembro, dezembro e abril (**Figura 54 – C, D, G e H**).

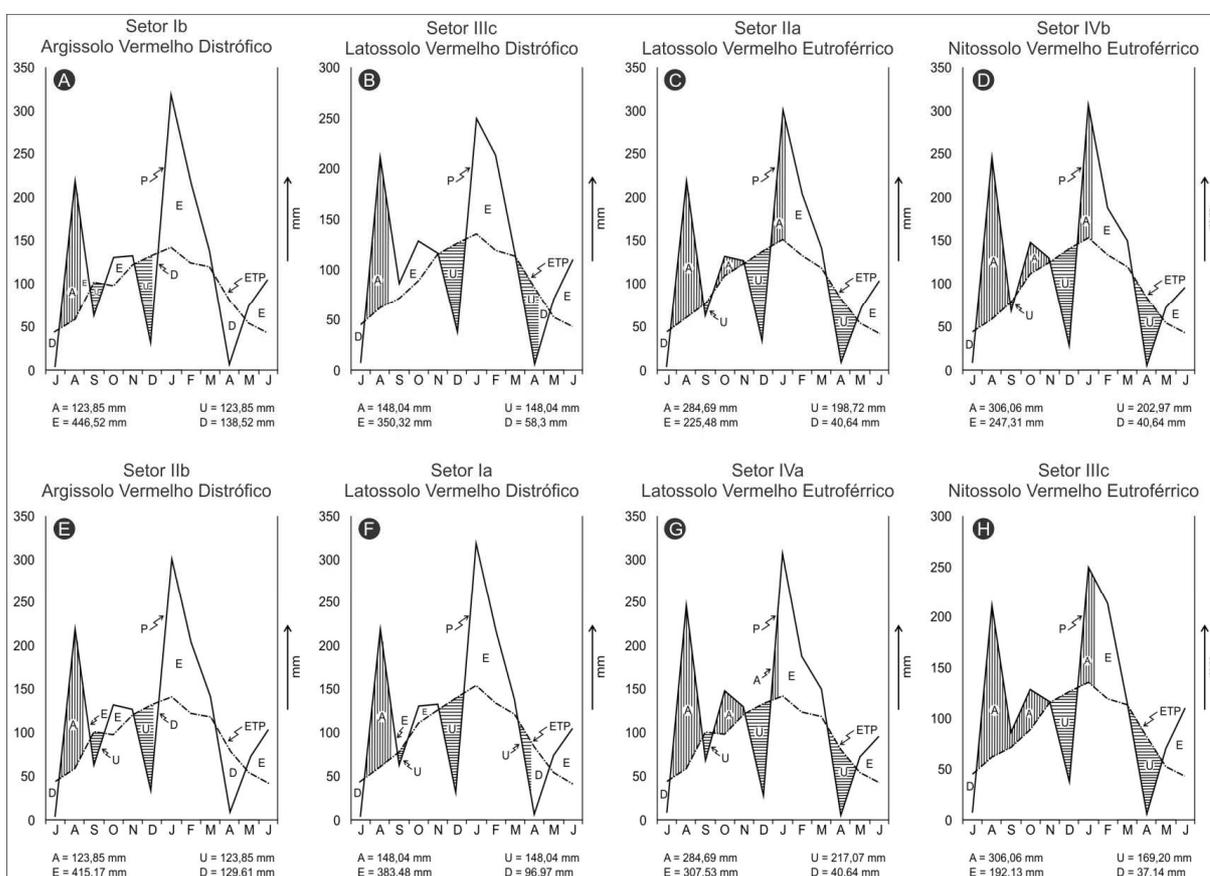


Figura 54 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (2008/2009).

Durante o ano os maiores valores de excedente hídrico se concentraram sobre os solos com textura arenosa/média e média, principalmente, localizados nos extremos noroeste de São Carlos do Ivaí (setor Ib), nordeste de Floráí (setor III) e norte dos municípios (setor II), onde os valores superaram os 400 mm anuais (**Figura 55**). Na porção centro-oeste de São Carlos do Ivaí (setor II) onde ocorre, essencialmente, o Latossolo Vermelho Distrófico, os valores de

excedente hídrico também foram elevados, com totais anuais entre 350 mm e 400 mm (**Figura 55**).

Os menores valores de excedente hídrico foram identificados sobre os solos com textura muito argilosa, principalmente, nos localizados a nordeste de Florai (setor III) e na porção central dos municípios (setor II), onde os totais anuais variaram entre 150 mm e 250 mm (**Figura 55**).

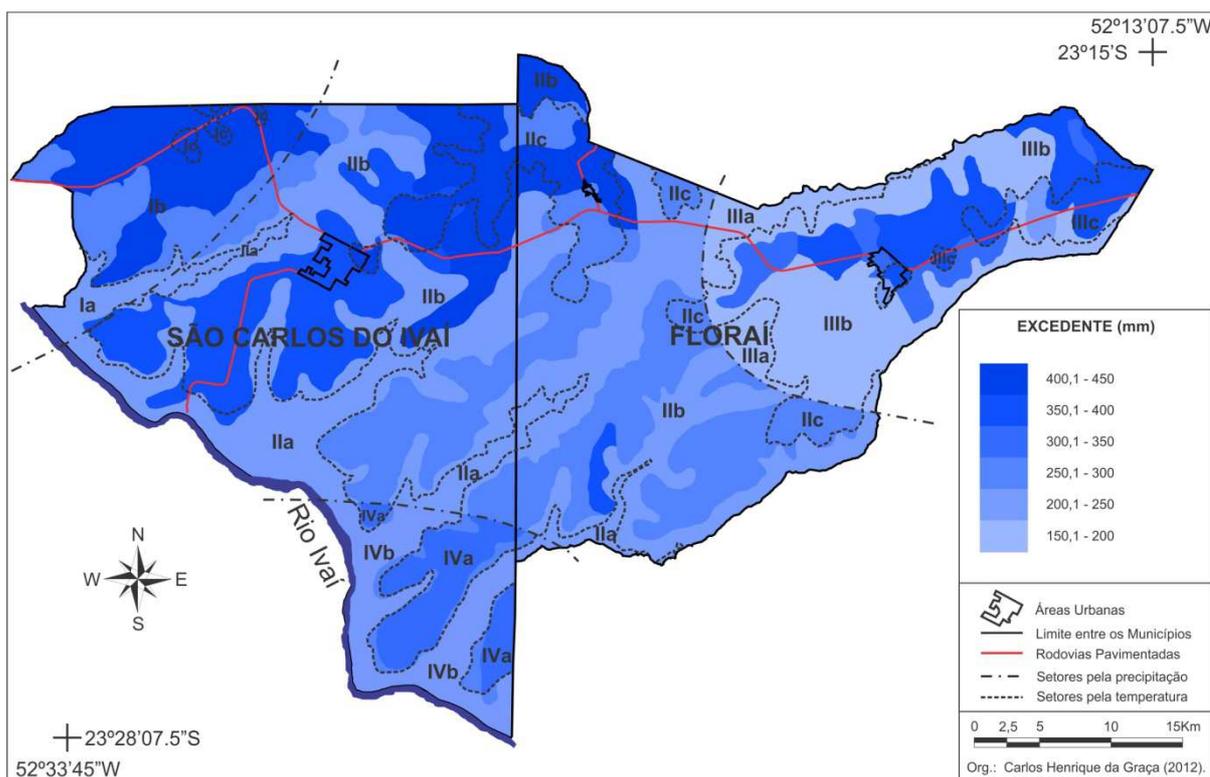


Figura 55 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 2008/2009 nos municípios.

As maiores deficiências hídricas no ano ocorreram nas porções noroeste de São Carlos do Ivaí (setor Ib) e norte dos municípios (setor II), com totais anuais superando os 100 mm, principalmente sobre os solos com textura arenosa/média e média, assim como já identificado nos anos anteriores (**Figura 56**). No nordeste de Florai (setor III) também foram encontrados valores relativamente altos de deficiência hídrica, com totais anuais variando entre 75 mm a 100 mm, principalmente, sobre os Argissolos.

Os menores valores de deficiência hídrica, entre 25 mm e 50 mm, são encontrados essencialmente sobre os solos de textura muito argilosa e apresentando maior expressividade na porção centro-sul de ambos os municípios (setores II e IV) (**Figura 56**).

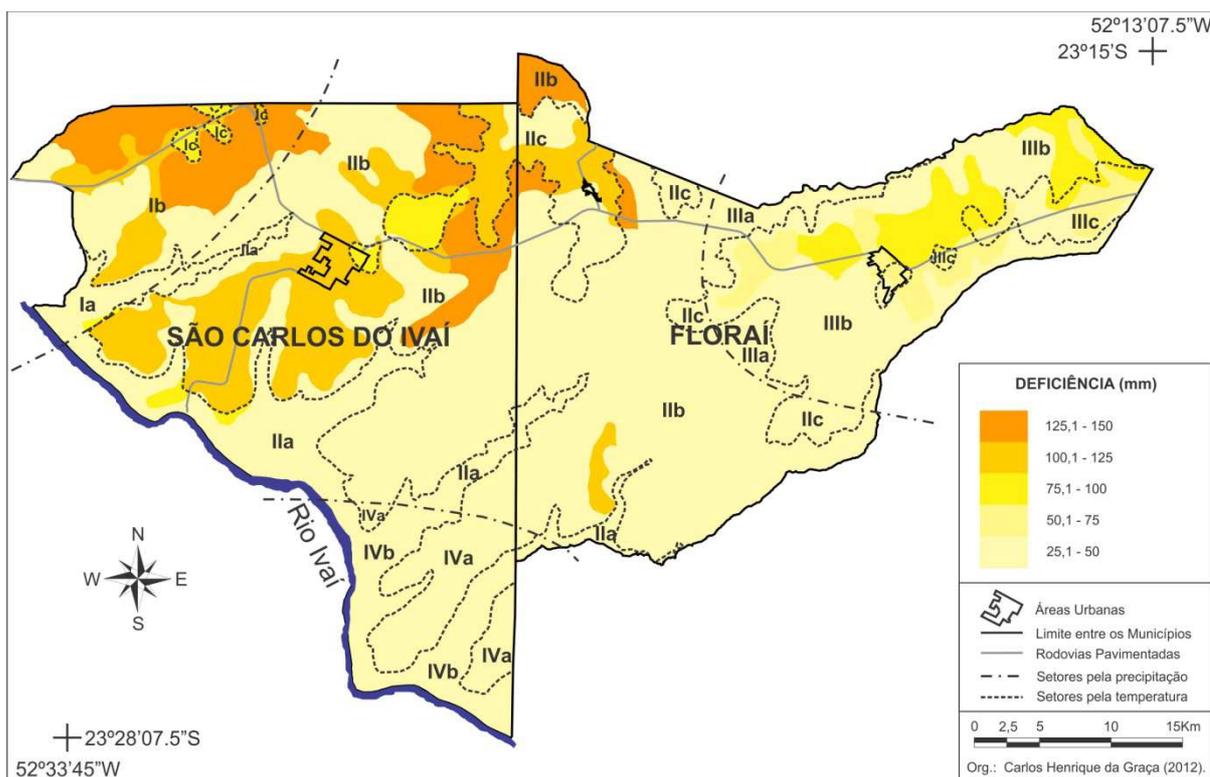


Figura 56 – Distribuição da deficiência hídrica para o ano entre 2008/2009 nos municípios.

No ano representado pelo intervalo de 2009/2010 o comportamento da água disponível nos solos apresentou dois períodos bem marcados entre o preenchimento total e a ausência de água disponível nos perfis. Esse comportamento, no entanto, não apresentou grandes variações entre os períodos de ocorrência, sendo que em todos os setores dos municípios os solos apresentaram preenchimento total dos perfis entre os meses de julho a fevereiro, enquanto que as ausências de água foram identificadas, principalmente, entre os meses de março, abril e junho com variação apenas em profundidade de acordo com cada solo e o setor onde estão localizados (**Figura 57**).

Nos solos com textura arenosa/média e média, Argissolos e Latossolo Vermelhos Distróficos, a ausência de água no perfil variou, no geral, entre 500 mm a 900 mm e entre 400 mm a 750 mm, respectivamente (**Figura 57 – A, B, C e D**).

Para os solos com textura muito argilosa, Latossolos e Nitossolo Vermelhos Eutroféricos, os valores de ausência de água no perfil no ano foram menos expressivos, com maior concentração entre as profundidades de 150 mm a 300 mm e entre 250 mm a 400 mm, respectivamente (**Figura 57 – E, F, G e H**).

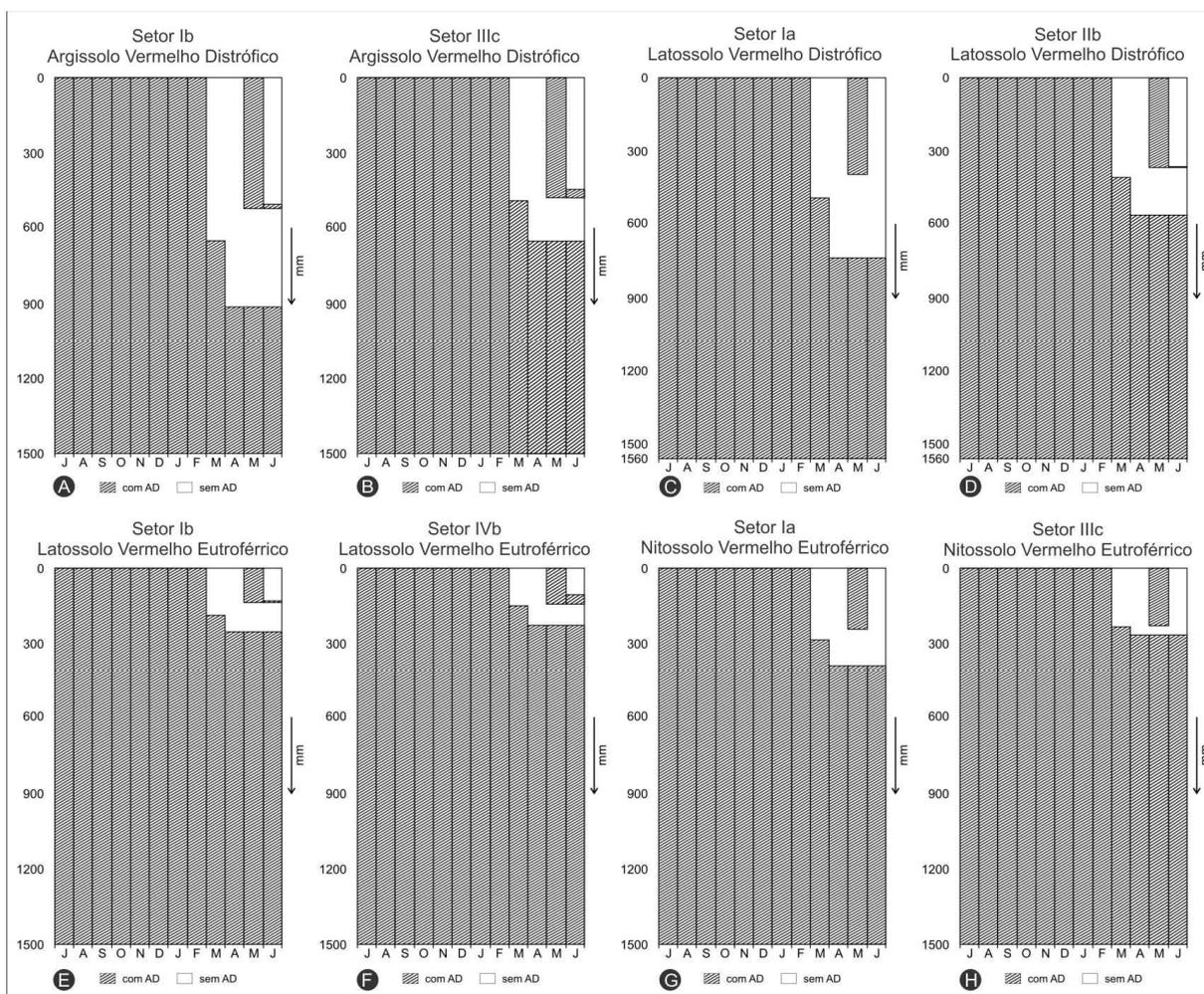


Figura 57 - Comportamento da água disponível nos setores para os diferentes tipos de solos (2009/2010).

Durante o ano não foram encontrados períodos com deficiência hídrica em nenhum dos setores estudados, prevalecendo à ocorrência de excedente hídrico por um longo tempo em todos os solos e setores, que perdurou entre os meses de julho a fevereiro, período este, que foram registrados valores muito elevados de precipitação seguidamente nos municípios (**Figura 58 – A, B, C e D**).

Entre os solos, também, não foram encontradas variações entre os períodos de utilização e armazenamento de água, sendo que os períodos de utilização concentraram-se entre os meses de março, abril e junho e o armazenamento ocorreu apenas no mês de maio (**Figura 58 – A, B, C e D**).

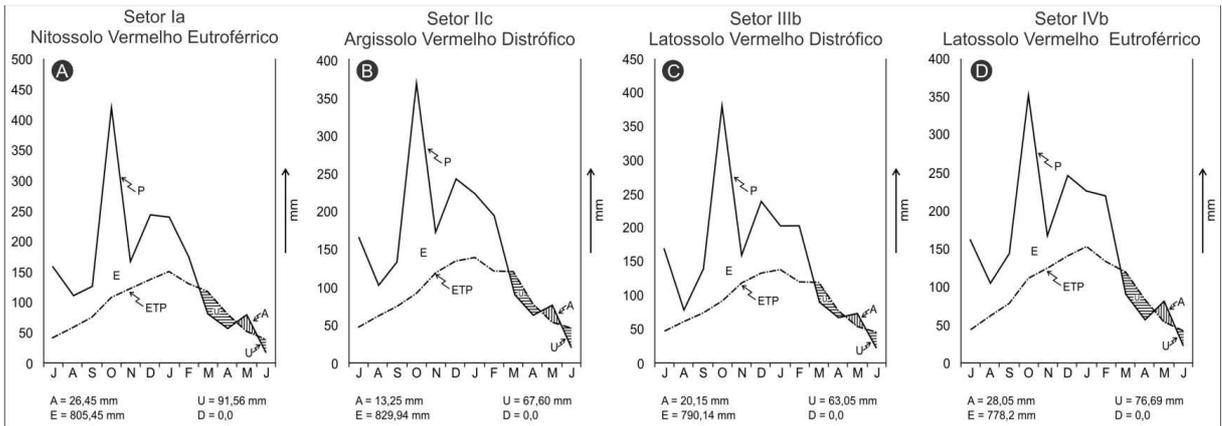


Figura 58 – Representação dos períodos marcados com variação entre excedente e deficiência hídrica para os diferentes tipos de solos e setores (2009/2010).

Em relação ao excedente hídrico nos municípios observa-se que os maiores valores estão concentrados, principalmente, no extremo noroeste de São Carlos do Ivaí (setor I), nordeste do Floraí (Setor III) e norte dos municípios (setor II), com totais anuais variando entre 800 mm e 900 mm, enquanto que as outras porções dos municípios apresentaram excedentes hídricos entre 750 mm e 800 mm anuais (**Figura 59**).

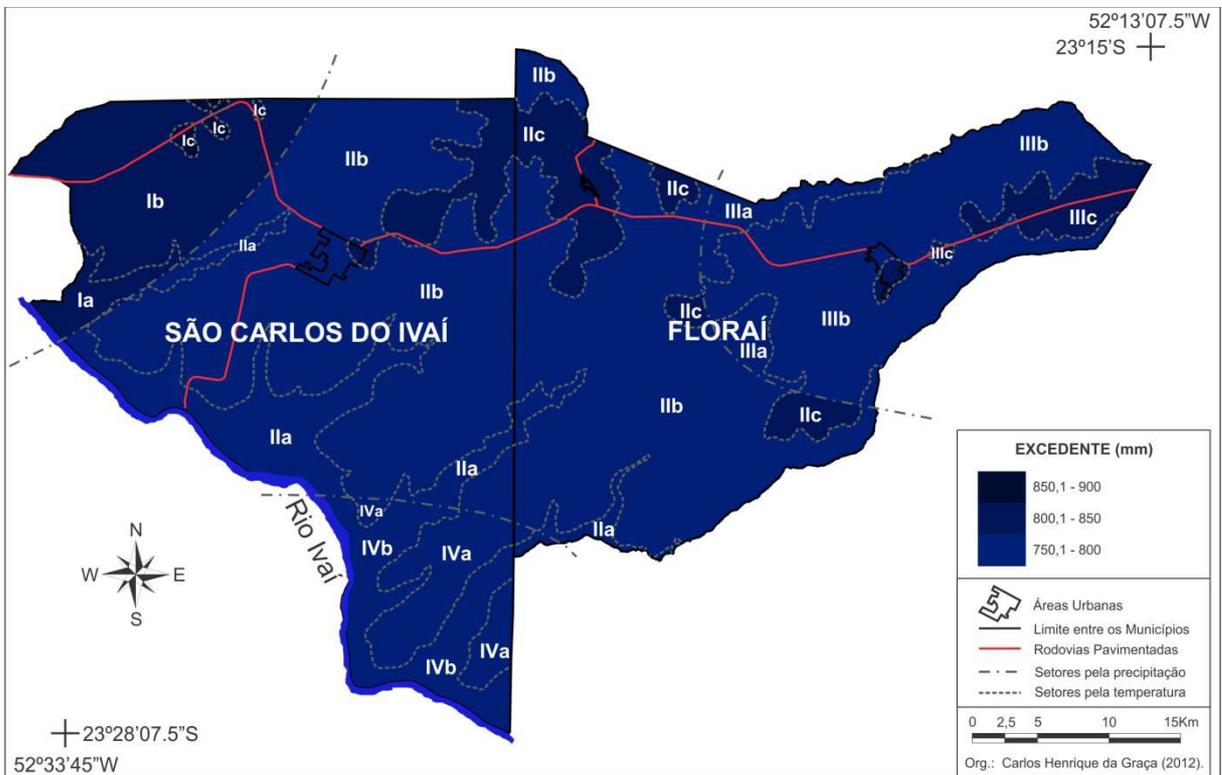


Figura 59 – Distribuição do excedente hídrico para o ano entre 2008/2009 nos municípios.

5.5 Produção agrícola e comportamento edafoclimático nos municípios

Ao analisar as irregularidades no comportamento edafoclimático entre os anos atípicos (1987/1988, 1988/1989, 2008/2009 e 2009/2010) comparando-os com os períodos dos principais cultivos agrícolas nos municípios, tais como a cana-de-açúcar, milho, soja e trigo, pode-se afirmar que independente do ano, houve influência edafoclimática sobre a produção e, que isso, foi responsável por proporcionar queda de produtividade nos anos secos (1987/1988 e 1988/1989) e aumento na produtividade nos anos chuvosos (2008/2009 e 2009/2010) em praticamente todos os cultivos analisados (**Tabela 13**). O trigo foi o único cultivo que apresentou aumento de produtividade nos municípios, independentemente do comportamento edafoclimático do ano em que foi analisado (**Tabela 13 - D**).

As exceções ocorreram na safra de 1987/1988 (ano seco) para a soja no município de Florai que apresentou aumento na produção (**Tabela 13 - C**). A cana-de-açúcar foi outra exceção apresentando aumento de produtividade na safra de 1988/1989, mesmo sendo o ano considerado mais seco, e queda de produtividade na safra de 2009/2010, que foi o ano mais chuvoso (**Tabela 13 - A**).

A redução na produtividade na safra de 1987/1988 (**Tabela 13**) foi marcada, principalmente, pelos períodos onde foram encontradas as maiores variações no comportamento edafoclimático nos municípios que coincidiram, no caso do cultivo do milho (1ª safra) e soja, com os estádios de desenvolvimento fenológico das plantas. Durante esse ano as maiores ausências de água nos perfis dos solos foram identificadas, no geral, nas profundidades de 300 mm a 900 mm entre os meses de dezembro e abril que correspondem, há grosso modo, aos períodos do crescimento vegetativo e preenchimento dos grãos das culturas de milho e soja. As maiores ausências de água nos perfis em profundidade foram encontradas nos Argissolos e Latossolos Vermelhos Distróficos.

A cana-de-açúcar, também, apresentou queda de produtividade nessa safra, mas como o seu cultivo é anual não foi possível estabelecer uma relação direta com seu período fenológico, já que durante o ano analisado ocorreram dois períodos críticos com ausência de água no perfil dos solos, o primeiro entre os meses de agosto e setembro e o segundo de dezembro a abril, e por não se conhecer qual o período que essa cana colhida foi plantada e se ela é fruto da brota da colheita do ano anterior, não foi possível afirmar que a queda enunciada na produção tenha sido proporcionada pelas ausências de água no solo durante o ano (1987/1988). Para o cultivo do trigo nos municípios esse comportamento não afetou sua

produtividade, já que ao longo do ciclo produtivo da safra ocorreu excedente hídrico e boa disponibilidade de água no perfil dos solos e durante a colheita ocorreu um período mais seco, ou seja, condições ideais para uma boa safra.

Na safra de 1988/1989 apenas os cultivos de milho e soja sofreram queda de produtividade (**Tabela 13 – B e C**). A explicação para a queda na produtividade para esses cultivos está relacionada à variação no comportamento edafoclimático durante os meses de julho a setembro e de novembro a dezembro, que apresentaram ausência total ou parcial de água no perfil dos solos proporcionada pelos baixos índices pluviométricos registrados no período.

A ocorrência de deficiência hídrica e a baixa umidade do solo no mês de setembro ocasionou atraso no início do plantio da safra do milho, que provavelmente foi semeado juntamente com a soja a partir do mês de outubro, mês que apresentou um aumento significativo na precipitação elevando a umidade do solo e proporcionando boas condições para o plantio. No entanto, entre os meses de novembro e dezembro, quando as culturas semeadas em outubro já estavam em pleno crescimento vegetativo e perfilhamento ou ainda estava ocorrendo o seu plantio, ocorreu uma redução significativa nos totais pluviométricos que, conseqüentemente, reduziu a disponibilidade de água nos perfis dos solos para as plantas, afetando diretamente o desenvolvimento das lavouras nesse período.

Nos solos com textura arenosa/média e média nos meses de novembro e dezembro as ausências de água atingiram profundidade maiores do que nos solos com textura muito argilosa, mas em ambos a profundidade do perfil sem água disponível foi superior aos 300 mm, ocasionando uma grande redução no suprimento de água para as culturas nesse período. Outro fator que pode ter contribuído para a queda de produção, foi à ocorrência de elevados índices pluviométricos entre os meses de janeiro a março que provavelmente interferiram na época da colheita.

Para a safra de 2008/2009 apenas a soja apresentou redução na produtividade (**Tabela 13 – C**), provavelmente ocasionada pela baixa disponibilidade de água nos solos durante o mês de dezembro, período de crescimento vegetativo e perfilhamento das plantas, e também, pelos elevados valores de precipitação entre os meses de janeiro a março que proporcionaram altos índices de excedente hídricos no período da colheita. No mês de dezembro a água disponível no perfil dos solos foi encontrada apenas nas profundidades superiores a 600 mm. O milho da 1ª safra que é plantado no mesmo período da soja nos municípios, provavelmente deve ter apresentado queda na produção, mas como os dados disponíveis para consulta são

relacionados aos dois ciclos produtivos do milho, oferecendo apenas os valores totais da safra (**Tabela 13 – B**), não foi possível identificar se isso realmente ocorreu, no entanto, pode-se dizer que o aumento da produtividade do milho para essa safra está relacionado ao milho cultivado na 2ª safra (safrinha), principalmente pelo comportamento edafoclimático marcado por uma maior regularidade na disponibilidade da água nos solos entre os meses de fevereiro a setembro.

A safra de 2009/2010 apresentou a maior produção entre os anos analisados, para o milho, soja e trigo (**Tabela 13 – B, C e D**). O comportamento edafoclimático durante o período dessa safra foi marcado pelo preenchimento total de água nos horizontes dos solos entre os meses de julho a fevereiro nos municípios, o que proporcionou uma boa disponibilidade de água para as culturas durante todo o seu ciclo de desenvolvimento. A cana-de-açúcar foi o único cultivo que apresentou queda de produtividade nessa safra (**Tabela 13 - A**), que pode ter sido proporcionada pelos altos índices de excedente hídrico identificado durante o ano. Segundo Brunini (2010) elevados valores de excedente hídrico (> 100 mm) ao longo de todo o desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar, podem causar problemas de maturação ocasionando antecipação ou atraso na colheita e, conseqüentemente, vai afetar a produtividade, assim como, elevadas deficiências hídricas (> 400 mm) nos primeiros estádios do desenvolvimento da cultura da cana (crescimento vegetativo e perfilhamento) pode causar redução na produtividade final.

Tabela 13 – Produção total por safras dos principais cultivos agrícolas nos municípios de São Carlos do Ivaí e Florai para os anos representativos (seco e chuvoso).

Safras	São Carlos do Ivaí				Florai			
	Área Plantada (ha)	Quantidade Produzida (Ton.)	Rendimento Médio (kg/ha)	Varição da produção em relação ao rendimento médio anual (%)	Área Plantada (ha)	Quantidade Produzida (Ton.)	Rendimento Médio (kg/ha)	Varição da produção em relação ao rendimento médio anual (%)
(A)	Cana-de-açúcar							
1987/1988	1.156	83.232	72.000	- 16,18	18	1.406	78.111	- 9,85
1988/1989	1.064	97.412	91.553	+ 6,57	68	6.614	97.265	+ 12,24
2008/2009	9.958	896.833	90.062	+ 4,83	2.448	230.538	94.174	+ 8,68
2009/2010	10.673	842.446	78.932	- 8,11	3.400	281.822	82.889	- 4,34
	Rend. Médio anual (kg/ha)			85.906	Rend. Médio anual (kg/ha)			86.652
(B)	Milho (em grão)							
1987/1988	2.504	4.612	1.842	- 30,75	460	1.104	2.400	- 15,87
1988/1989	3.700	6.032	1.630	- 38,72	500	1.300	2.600	- 8,86
2008/2009	1.730	5.130	2.965	+ 11,46	7.900	25.920	3.281	+ 15
2009/2010	1.760	8.758	4.976	+ 87,06	6.285	31.394	4.995	+ 75,07
	Rend. Médio anual (kg/ha)			2.660	Rend. Médio anual (kg/ha)			2.853
(C)	Soja (em grão)							
1987/1988	3.050	6.832	2.240	- 1,45	9.500	21.850	2.300	+ 1,09
1988/1989	3.200	6.400	2.000	- 12,01	9.750	21.450	2.200	- 3,29
2008/2009	3.000	6.000	2.000	- 12,01	9.590	19.638	2.048	- 10,32
2009/2010	2.800	8.404	3.001	+ 32,02	9.993	29.510	2.953	+ 29,8
	Rend. Médio anual (kg/ha)			2.273	Rend. Médio anual (kg/ha)			2.275
(D)	Trigo (em grão)							
1987/1988	1.150	2.840	2.470	+65,66	7.814	15.377	1.968	+ 24
1988/1989	1.150	2.750	2.391	+ 60,36	9.000	16.628	1.848	+ 16,44
2008/2009	5.500	12.100	2.200	+ 47,55	900	1.350	1.500	+ 38,62
2009/2010	25	62	2.480	+ 66,33	1.800	4.500	2.500	+ 56,26
	Rend. Médio anual (kg/ha)			1.491	Rend. Médio anual (kg/ha)			1.587

Fonte: IBGE/IPARDES.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os solos analisados nos municípios o Nitossolo Vermelho e o Latossolo Vermelho Eutroférico foram os que exibiram as melhores condições estruturais, nutricionais e, conseqüentemente, alta capacidade de armazenamento de água, com valores exatos de 306,06 mm e 284,87 mm, respectivamente, enquanto que os Argissolos Vermelhos e o Latossolo Vermelho Distrófico apresentaram características estruturais mais fragilizadas devido às altas concentrações de areia total que superou os 60%, exibindo também baixa fertilidade e capacidade de armazenamento de água, com valores de 123,86 mm e 148,04 mm, respectivamente.

A caracterização climática dos municípios mostrou que a média de precipitação pluviométrica anual para a série histórica (1980 a 2010) foi de 1.480 mm e a temperatura média estimada foi de 21,3°C.

Para a precipitação os maiores valores pluviométricos se concentraram a nordeste de Florai e sul de São Carlos do Ivaí, com valores superiores a 1.530 mm anuais, enquanto que os menores valores, inferiores a 1.455 mm, são encontrados no extremo noroeste de São Carlos do Ivaí.

O verão e a primavera foram às estações mais chuvosas com médias variando entre 500 mm e 450 mm, respectivamente, enquanto que os menores valores estão concentrados nas estações do outono e inverno, que apresentam médias variando entre 320 mm e 240 mm, respectivamente. Os totais pluviométricos mais elevados estão concentrados entre os meses de janeiro a março e de setembro a dezembro, ambos com médias pluviométricas variando entre 125 mm e 200 mm, enquanto que os meses entre abril e agosto, exceto o mês de maio, apresentam os menores totais pluviométricos, com médias que variam entre 55 mm a 100 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso, com média de aproximadamente 200 mm anuais e agosto o mês mais seco com média de 57 mm anuais.

Quanto à distribuição da temperatura nos municípios as maiores médias, superiores a 22 °C, foram encontradas nas porções mais baixas do relevo, inferiores a 300 m de altitude, concentradas principalmente ao sul e sudoeste de São Carlos do Ivaí, enquanto que as menores temperaturas, inferiores a 20,6 °C, estão atreladas as maiores altitudes, superiores a 500 metros, principalmente encontradas na porção leste e nordeste de Florai.

O mês mais quente para os municípios foi fevereiro, com média de 24,7° C, seguindo por janeiro e dezembro, com respectivas médias de 24,6 °C e 24 °C, enquanto que o mês

considerado mais frio foi junho, com média de 17 °C, seguindo por julho e agosto, que apresentaram 17,1 °C e 19 °C de média, respectivamente.

A análise dos anos padrão confirmou a variabilidade na distribuição da precipitação na região, sendo os anos de 2009, 1983 e 1997 os mais chuvosos e os anos de 1988, 1991 e 1985 os mais secos de toda a série histórica analisada (1980 – 2010).

A partir de todo o levantamento e análise dos fatores que pode influenciar na variação do comportamento edafoclimático para os anos atípicos (seco e chuvoso) nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí, pode-se observar que as porções mais propensas a apresentar riscos quanto à queda de produtividade agrícola quando ocorrem valores pluviométricos abaixo ou acima da normal climatológica da região foi o noroeste de São Carlos do Ivaí (setor I), nordeste de Floraí (setor III) e norte de ambos os municípios (setor IIb, IIc). Esse comportamento independentemente do ano ser muito seco ou muito chuvoso, mostrou-se como um padrão delineado nos municípios, principalmente, onde predominam os Argissolos e Latossolo Vermelho Distrófico, que apresentaram os maiores valores de excedente e deficiência hídrica, e as maiores ausências de água nos perfis em profundidade. Tais comportamentos denotam uma situação bastante crítica do ponto de vista edafológico nessas porções dos municípios, já que muitas plantas, dependendo da época de desenvolvimento podem sofrer sérios danos que vão proporcionar queda na produtividade agrícola, assim como foi observada nos anos atípicos (seco e chuvoso) que mostraram queda de produtividade em pelo menos um dos cultivos analisados.

Portanto, espera-se que mais trabalhos com esse enfoque sejam realizados, mas com uma escala de análise maior visando realizar comparações mais detalhadas, principalmente, usando dados de produção específicos para os solos com características físicas, químicas e hídricas diferentes sobre influência do mesmo regime pluviométrico e térmico.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. A. **As Unidades de Paisagens e os Sistemas de Produção agrícola no município de Florai - PR**. 2005. 116f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.
- ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. M. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó – PR. **Boletim de Geografia (UEM)**, v. 20 (2), p. 41-57. 2002.
- BALDO, M. C. **Variabilidade Pluviométrica e a Dinâmica Atmosférica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. 2006. 172f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2006.
- BALDO, M. C.; MARTINS, M. de L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia (UEM)**, v.19 (1), p.59-70. 2001.
- BERNARDES, L. M. C. Distribuição da população no Estado do Paraná em 1940. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, p.56-69, 1950.
- BERNARDES, R. M.; AGUILAR, A. P.; ABE, S. Frequência de Ocorrência de Veranicos no Estado do Paraná. **Boletim de Geografia (UEM)**. v.20 (9), p.83-108. 1988.
- BORSATO, V. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. Caracterização e análise da produtividade do trigo relacionado com a pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Boletim de Geografia (UEM)**. v.20 (1), p.33-57. 2002.
- BRAIDO, L. M. H. **Proposta de caracterização edafoclimática para determinar o risco de quebra de safra na bacia do Paranapanema III - PR**. 2006. 39f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- _____. **Caracterização edafoclimática e proposta para a determinação do risco de redução de safra na região do Pontal do Paranapanema – SP**. 2010. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.
- BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. Análise da pluviosidade e da água disponível das principais classes de solos encontradas na bacia do Paranapanema III – PR. *In: Anais*. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, São Paulo, 2005. CD-ROM...
- BRUNINI, O. Zoneamento agrícola da cultura da cana-de-açúcar para o Brasil e estimativa da produtividade. p. 27-33. 2010. *In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A. ROSSETTO, R.; SORATTO, R. P. Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar*. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAPF), Botucatu – SP, 2010. 111p.
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; PINTO S. H. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v.3, p.131-150, 1973.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H. S.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A. Aptidão climática de culturas agrícolas. *In: VERDADE, F. C. (coord.) Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*. v.1, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, São Paulo, 1974. 109p.

CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; FARIA, R. T. F. **Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2003. 76 p.

CECÍLIO, R. A.; MEDEIROS, S. S.; DANTAS NETO, F. S.; SOUZA, J. A. A.; SOARES, A. A. Zoneamento climático associado ao potencial de cultivo das culturas do café, cana-de-açúcar e amendoim nas Sub-Bacias do Alto e Médio São Francisco em Minas Gerais. *In: Anais. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte. 2003. CD-ROM...

CORREA, M. G. G. **Distribuição espacial da precipitação pluviométrica nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí – PR**: uma contribuição para o planejamento agrícola. 2009. 51f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, 2009.

CARVALHO, W. A.; MORAES, M. H.; PIEDADE, G. C. R.; BASSETO, J. L. Condições hídricas de solos da fazenda experimental “Presidente Médici” – Botucatu. **Revista Científica**, São Paulo, v.14 (1/2), p. 39-54. 1986.

CASTRO NETO, P.; VILLELA, E. A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12 (138), p.59-62. 1986.

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

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. **Colonização e Desenvolvimento do Norte do Paraná**. Ave Maria: Maringá, 1977. 295p.

COSTA, A. C. S. **Edafologia**. Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2008. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/edafologia/edafologia2008.pdf>>. Acesso em 13 de novembro de 2012.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.

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

EMATER - PARANÁ. **Tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. 5ª Edição, Curitiba, 1998, 64 p.

ESRI. **Shapefile Technical Description**: An ESRI White Paper. 1998. 30p. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em 8 de maio de 2012.

FAGERIA, N. K.; STONES, L. F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documento/Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644, 197).

FEDOROVA, N.; KHAN, V. Análise de Complexo Convectivo de Mesoescala Sobre O Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 14 (1), p. 35-48, 1999.

FLORES, E. F. **Modelagem em climatologia geográfica**: um ensaio metodológico aplicado ao Oeste Paulista. 2000. 237f. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FONTES, E. F.; OLIVEIRA, L. B. **Disponibilidade de água de solos do norte de Minas Gerais, área de atuação da SUDENE**. EMBRAPA: Solos, Rio de Janeiro, 1982. 22p. (Boletim de Pesquisa n.º 8).

FRADES, M. A. **Tradición y Cambio em El Paisaje Zamorano – La Campiña de La Guareña**. Instituto de Estudios Zamoranos, Universidad de León, 1994. 489p.

GASPARETTO, N. V. L. **As Formações Superficiais do Noroeste do Paraná e sua Relação com o Arenito Caiuá**. 1999. 128f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Nino and La Nina events. **Journal of Climate**, Boston, v.11 (11), p.2863-2880, 1998.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Divisão territorial 2009**. 2009. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/Organizacao/Divisao_Territorial/2009/>. Acesso em 25 de outubro de 2010.

_____. **Histórico do Município de Florai**. 2010a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos_cidades/historico_conteudo.php?codmun=410780>. Acesso em 25 de outubro de 2010.

_____. **Histórico do Município de São Carlos do Ivaí**. 2010b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos_cidades/historico_conteudo.php?codmun=412460>. Acesso em 25 de outubro de 2010.

IBGE/SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática). **Censo Demográfico e Contagem da População: 1970 a 2010**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=cd&o=2&i=P&c=200>>. Acesso em 16 de abril de 2012.

_____. **Pesquisa Pecuária Municipal: 1974 a 2010**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo1.asp?e=v&t=1&p=PP&z=t&o=11>>. Acesso em 20 de abril de 2012.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social). **Base de Dados do Estado**. 2012. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 23 de abril de 2012.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências). **Produtos Cartográficos**. 2010. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em 13 de maio de 2011.

JABUR, J. C. Grupo São Bento no rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia (UEM)**. Maringá, v.3 (3), p.109-152, 1985.

JABUR, J. C.; SANTOS, M. L. Revisão estratigráfica da formação Caiuá. **Boletim de Geografia (UEM)**. Maringá, v.2 (2), p.91-106, 1984.

KÖPPEN, W. Climatologia. Com um estudio de los climas de la tierra. *In*: IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1948. 41p.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, Textos Didáticos. 20p. 2000. Disponível em <<http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/sig/pdf/interpo.pdf>>. Acesso em 28 de junho de 2011.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil. Proposta de classificação**. 1994. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LEMO, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178p.

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

McGRAW, T. Soil test level variability in Southern Minnesota. **Better Crops with Plant Foods**, v.78, p. 24-25. 1994.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; RESCK, J. M. L.; JUNIOR, M. S. D. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26 (4), p. 836-841. 2002.

MEZZALIRA, S.; AZEVEDO, A. A. B., TOMINAGA, L. K.; PRESSINOTTI, M. M. N., MASSOLI, M. Léxico estratigráfico do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, **Boletim do Instituto Geológico**, v.5, p.161, 1981.

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

MONTEIRO, C. A. F. Clima. *In: Geografia do Brasil: Grande Região Sul*. 2 ed. v.4, Tomo I. Rio de Janeiro, IBGE, p.114-166. 1968.

_____. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, nº28, São Paulo: USP/IGEOG, 1976. 54p.

MORETI, D. Importantes Características de Chuva para a Conservação de Solo e da Água no Município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 27, p. 713- 725. 2003.

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

_____. Aspectos Geográficos da Modernização Agrícola no Norte do Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 13 (1), p. 79-93, 1995.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) South America**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>>. Acesso em 20 de maio de 2011.

NAKASHIMA, M. R. **Proposta de Caracterização Edafoclimática na Topossequência do Ribeirão Quintino, Paranaíba – PR**. 2009. 55f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2009.

NERY, J. T.; BALDO, M. C.; KLOSOWSKI, E. S. Aplicação do coeficiente de variação na precipitação pluviométrica no estado do Paraná. **Revista Unimar**. Maringá, v. 19 (4), p. 1125-1131, 1997.

NERY, J. T.; VARGAS, M. W.; MARTINS, M. L. O. F. Variabilidade interanual da precipitação do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.5 (1), p.115 - 125, 1997.

NERY, J. T.; BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O. Variabilidade interanual: Oscilação Sul - El Niño. **Apontamentos**, (75), Abril/2º Quinzena, 1998. 59p.

NIMER, E. Clima In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, Sergraf/IBGE, v.5, p.35-79, 1977.

_____. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

OBASI, G. O. P. W. Role in international decade for natural disaster reduction. **Bulletin of the American Meteorology Society**. Boston, v.75, p.1655-1661, 1994.

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

ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S; PEREIRA, A. R.; ALFONSI, R. S. Parâmetros Climáticos e a Cafeicultura. **Seção de Climatologia Agrícola**: Instituto Agronômico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. 1970. 27p.

PADIS, P. C. **Formação de uma Economia Periférica: O caso do Paraná.** Curitiba: IPARDES, 2006. 306p. (Coleção clássicos da economia paranaense).

PAIVA, R. G. **Estudo Da Paisagem no Norte Central e Noroeste Paranaense: compartimentação e vulnerabilidade ambiental.** 2010. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H.; BALDO, M. C. Variação espacial da temperatura média na escala topoclimática nos municípios de São Carlos do Ivaí e Floraí - PR. **Boletim de Geografia (UEM)**. Maringá, v. 29 (1), p. 147-161, 2011.

PARANÁ. **Atlas do Estado do Paraná.** Curitiba: Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. 1987. 73 p.

PEDROSO NETO, J. C.; SOUZA, J. A. de; PAES, J. M V.; CIOCIOLA, A. I. Caracterização química do Latossolo Vermelho da fazenda escola da FAZU. **FAZU em Revista**, Uberaba, (5), p.34-38, 2008.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná, em função de altitude e latitude. **Caderno de Ciências da Terra**, v.52. 1974. 28p.

PRADO, H. do. **Solos do Brasil.** 3. ed. Piracicaba. 2003. 275 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORAÍ. **História da Colonização.** 2010. Disponível em: <<http://www.florai.pr.gov.br/index.php?exibir=secoes&ID=47>>. Acesso em 25 de outubro de 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS DO IVAÍ. **História da Colonização.** 2010. Disponível em: <<http://www.saocarlosdoivai.pr.gov.br/cidade.php>>. Acesso em 25 de outubro de 2010.

QUADRO, M. F. L. **Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul.** 1994. 97f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: INPE, São José dos Campos, 1994.

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

RIBEIRO, A. G. A climatologia geográfica e a organização do espaço agrário. **Boletim de Geografia Teorética.** Rio Claro, v. 23 (45/46), p. 34-38. 1993.

RIBEIRO, A. G.; GONÇALVES, R. do N. **Balanco hídrico.** Textos Básicos (Série Climatologia 1). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1990. 88 p.

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.

SANT'ANNA NETO, J., L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia (UEM)**, Maringá, v. 16 (1), p. 118 – 131, 1998.

SANTOS, V. D. Aspectos fitogeográficos e ecológicos da vegetação natural do Estado do Paraná. **Geojandaia**. Jandaia do Sul, v.1 (1), p.15-37, 2001.

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O.; CANALI, N. E. ; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 3-12, 2006.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB). **Estimativa de safras**: Calendário. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em 23 de outubro de 2012.

SFORDI, R. A. **Análise geoambiental da paisagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Genúncia no contexto do Município de Floraí - PR**. 2003. 161f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2003.

SIMÕES, R. M. A. Notas sobre o clima do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.16 (1), p.126-132, 1954.

SILVEIRA, G. M. **Preparo de solo**: técnicas e implementos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 290p.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 10 (3), p. 177-185, 1980.

SOUSA, P.; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24 (6), p. 1707-1713, 2002.

SOUZA, D. M. P. **Hidrologia de solos**. 1966, 33f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, Piracicaba, 1966.

SUDO, H.; FERREIRA, C. R. T.; SANTOS, V. L. Balanço hídrico da região de Presidente Prudente – Pontal do Paranapanema. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, v. 23 (45/46), p. 275-280, 1993.

SUGUIO, K., MARTIN, L. **Mapas geológicos do litoral paulista**: Cananéia e Iguape. DAEE/USP/FAPESP, São Paulo. 1978.

THOMAZ, S. L. Sinopse sobre a geologia do Paraná. **Boletim de Geografia (UEM)**. Maringá, v. 2 (2), p.76-89, 1984.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review London**, Nova Jersey, (38), p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance climatology**. Centerion, v.8 (1), p.1 - 86. 1955.

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*, Aracajú, 2004. 9p. CD-ROM...

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. 1998. Propriedades físicas do solo sob semeadura direta influenciada por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 301-309, 1998.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorology Society**, Boston, v.78 (2), p. 2771-2777, 1997.

USGS - GLOVIS (U.S. Geological Survey). **Imagens de Satélite Landsat 5**. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em 18 de fevereiro de 2012.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, v. 92 (D8), p. 9591-9613, 1987.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia Brasileira. Classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL**. Série vegetação. 1982. 85 p.

WREGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; CARAMORI, P. H. Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 5 (1), p. 51-59, 1997.

ZANDONADI, L. **Proposta de Caracterização Edafoclimática para Determinar o Risco de Queda de Safra na Bacia do Paranapanema IV – PR**. 2006, 41f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Análise da pluviosidade e da água disponível das principais classes de solos encontradas na bacia do Paranapanema IV – PR. *In: Anais... XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, São Paulo, 2005. CD-ROM.

ZAVATINNI, J. A. **Variações do Ritmo Pluvial no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná (eixo Araçatuba - Presidente Prudente - Londrina)**. 1983. 223f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

ZAVATINNI, J. A. Dinâmica Atmosférica e Variações Pluviais no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná: uma análise temporo-espacial ao longo do eixo Araçatuba - Presidente Prudente - Londrina. **Boletim de Geografia Teorética**: Rio Claro, v.15, (29/30), p.372-387, 1985.

ZILLER, S. R. Vegetação. *In: IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu*. 1999. Disponível em: <http://www2.ibama.gov.br/unidades/parques/planos_de_manejo/1002/html/index.htm>. Acesso em 27 out. 2010.

ZYL, J. J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote of topography. **Acta Astronautic**. (48), p. 559-565. 2001.