

## **CARACTERIZAÇÃO TERMO-PLUVIOMÉTRICA E A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA A VERTENTE PARANAENSE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ<sup>1</sup>**

**Paulo Miguel de Bodas TERASSI**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Presidente Prudente  
pmbterassi@gmail.com

**José Tadeu Garcia TOMMASELLI**

Professor Doutor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Presidente Prudente  
tadeu@fct.unesp.br

### **Resumo**

O presente trabalho objetiva caracterizar a variação espacial e temporal da temperatura e da pluviosidade anual e sazonal, apresentar os resultados obtidos a partir do balanço hídrico climatológico e determinar os tipos climáticos para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé. Foram obtidos os dados de pluviosidade de treze postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de uma estação meteorológica pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná. Foram espacializadas as estimativas de temperatura fornecidas pela Universidade de Delaware (2014). Empregou-se o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Foram aplicados os sistemas de classificação climática de Köppen (1948) e Thornthwaite (1948). A distribuição das isoietas mostrou que os setores meridionais apresentam as maiores alturas pluviométricas e mostraram uma redução significativa para os setores leste e norte. O período de maior concentração das chuvas ocorre no verão e primavera. As maiores isotermas, os maiores valores de evapotranspiração e menores valores de excedente hídrico foram identificados para o setor norte. O emprego do sistema de classificação climática de Köppen (1948) possibilitou delimitar a área de estudo em três tipologias climáticas: Cfb para os setores oeste e central; Cfa para o setor norte; Cfa/Cfb para os setores transitórios. A metodologia de Thornthwaite (1948) apresentou seis tipologias climáticas distinguindo as características climáticas da bacia hidrográfica em conformidade com o índice de umidade efetiva e a eficiência térmica.

**Palavras chave:** pluviosidade, temperatura, disponibilidade hídrica, classificação climática, bacia hidrográfica.

## **CARACTERIZACIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y LAS LLUVIAS Y LA CLASIFICACIÓN DEL CLIMA PARA LA VERTIENTE PARANAENSE DE LA CUENCA DEL RÍO ITARARÉ**

### **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la variación espacial y temporal de la temperatura y la lluvia anual y estacional, presentar los resultados obtenidos a partir del balance hídrico climático y determinar los tipos climáticos para la vertiente paranaense de la cuenca del río Itararé. Fueron obtenidos los datos de pluviosidad de trece pluviómetros junto al Instituto de las Aguas de Paraná y de una estación meteorológica perteneciente al Instituto Agrônomo de Paraná. Fueron espacializadas las estimativas de temperatura suministradas por la Universidad de Delaware (2014). Se empleó el balance hídrico climatológico de Thornthwaite y Mather (1955). Fueron aplicados los sistemas de clasificación climática de Köppen (1948) y Thornthwaite (1948). La distribución de las isoyetas mostró que los sectores meridionales presentan las mayores alturas pluviométricas y mostraron una reducción significativa para los sectores este y norte. El periodo de mayor concentración de las lluvias ocurre en el verano y primavera. Las mayores isotermas, los mayores valores de evapotranspiración y más pequeños valores de excedente hídrico fueron identificados para el sector norte. El empleo del sistema de clasificación climática de Köppen (1948) permitió delimitar el área de estudio en tres tipologías climáticas: Cfb para los sectores oeste y céntrico; Cfa para el sector norte; Cfa/Cfb para los sectores transitorios. La metodología de Thornthwaite (1948) presentó seis tipologías climáticas distinguendo las características climáticas de la cuenca en conformidad con el índice de humedad efectiva y la eficiencia térmica.

**Palabras clave:** lluvia, temperatura, disponibilidad de agua, clasificación del clima, cuenca.

## **CHARACTERIZATION OF TEMPERATURE AND RAINFALL AND THE CLIMATIC CLASSIFICATION TO THE PARANA STATE SLOPE OF THE ITARARÉ WATERSHED**

<sup>1</sup>Este artigo apresenta os resultados parciais da dissertação de mestrado do primeiro autor sob a orientação do segundo autor.

### **Abstract**

This study aims to characterize the spatial and temporal variability of temperature and rainfall annual and seasonal, present the results obtained from the climatic water balance and determine the climatic types in the Parana State slope of the Itararé watershed. The rainfall data were obtained from thirteen rainfall gauges along the Paraná Institute of Water and one weather station belonging to the Agronomic Institute of Paraná. Were spatialized to temperature estimates provided by the University of Delaware (2014). Was used the climatic water balance of Thornthwaite and Mather (1955). Were applied the climate classification of Köppen (1948) and Thornthwaite (1948). The spatial distribution of isohyets showed that the southern sectors have the highest rainfall heights and showed a significant reduction for the eastern and northern sectors. The period of greatest concentration of rainfall occurs in the summer and spring. The biggest isotherms, the highest evapotranspiration values and lower water surplus values were identified for the northern sector. The use of climate classification system of Köppen (1948) made possible to delimit the study area into three climatic types: Cfb for the western and central sectors; Cfa for the northern sector; Cfa/Cfb for transient sectors. The methodology of Thornthwaite (1948) presented six climate types distinguishing the climatic characteristics of the river basin in accordance with the effective moisture content and thermal efficiency.

**Keywords:** rainfall, temperature, water availability, climate classification, watershed.

## **1. Introdução**

Dentre os componentes físicos, o clima é de fundamental importância na análise ambiental de uma bacia hidrográfica, pois além de influenciar os demais elementos ambientais, regula o processo de entrada e saída de energia nesta categoria de análise (SANTOS; ARAÚJO, 2013).

Nessa perspectiva, os elementos climáticos mais relevantes são a precipitação, por compreender o principal “input” do balanço hidrológico de uma região em conformidade com sua distribuição e modos de ocorrência, e a evapotranspiração, responsável direta pela redução do escoamento superficial, por retirar das superfícies líquidas grande quantidade de água, incorporando-a na atmosfera. Outros elementos climáticos importantes são a temperatura, umidade e o vento, principalmente pela influência que exercem sobre a precipitação e a evaporação (VILELA; MATOS, 1975).

A pluviosidade apresenta elevada interação com os demais elementos climáticos, uma vez que as características dos regimes de chuva afetam as variações de temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente na superfície. Por sua vez, a temperatura exerce grande influência sobre os processos dinâmicos que ocorrem entre a atmosfera e as plantas, animais, solo, água, entre outros. Sobretudo, a compreensão das características termo-pluviométricas e suas variações espaço-temporais são indispensáveis para diversos setores da economia e sociedade, subsidiando o planejamento e gestão territorial e ambiental, especialmente possibilitando a compreensão do regime hídrico.

Frequentemente as estimativas de temperatura têm sido realizadas não somente para a identificação da variação espacial e temporal deste elemento climático. O emprego dos métodos de estimativas de temperatura é utilizado normalmente como parâmetro para estipular a disponibilidade hídrica a partir da quantificação do balanço hídrico climatológico. Fabres (2009)

esclarece que o balanço hídrico permite contabilizar as entradas, as saídas e o saldo de água num dado volume de solo e destaca que em termos ambientais, essa disponibilidade define as espécies vegetais e animais que predominam numa dada região, enquanto em termos agrícolas, permite a identificação da produtividade atingível.

Os sistemas de classificação climática (SCC) definem os climas das diferentes regiões levando em consideração os elementos climáticos simultaneamente, com o aprimoramento de análises e informações para diferentes propósitos e com a incorporação de diferentes critérios, como a precipitação, temperatura, evapotranspiração, vegetação e massas de ar (NÓBREGA, 2010). Esta pesquisa utiliza-se da aplicação do método classificatório de Köppen (1948) com a finalidade de observar a variação espacial e temporal das características térmicas e pluviométricas, enquanto que o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) foi empregado com o intuito de avaliar conjuntamente as características do regime hídrico regional, com ênfase a evapotranspiração potencial, a deficiência e o excedente hídrico, informações provenientes do balanço hídrico climatológico.

Considerando o clima e seu relevante desempenho como insumo de energia no ambiente das bacias hidrográficas e a sua interação com os demais componentes da dinâmica ambiental, o presente trabalho objetiva caracterizar a variação espacial e temporal da pluviosidade e da temperatura anual e sazonal, apresentar os resultados obtidos a partir do balanço hídrico climatológico e determinar os tipos climáticos para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

## **2. Materiais e Métodos**

A vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé está situada nos Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos Paranaenses (MAACK, 2012), entre as coordenadas UTM 625000 e 675000 oeste e 7420000 e 7300000 sul, especificamente na zona 22 S. A área da bacia abrange uma superfície aproximada de 4845 km<sup>2</sup> (ITCG, 2014), localiza-se nos setores nordeste e leste do estado do Paraná, e corresponde a uma das bacias hidrográficas que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranapanema, que apresenta uma área de 105921 km<sup>2</sup> (FIG 1).

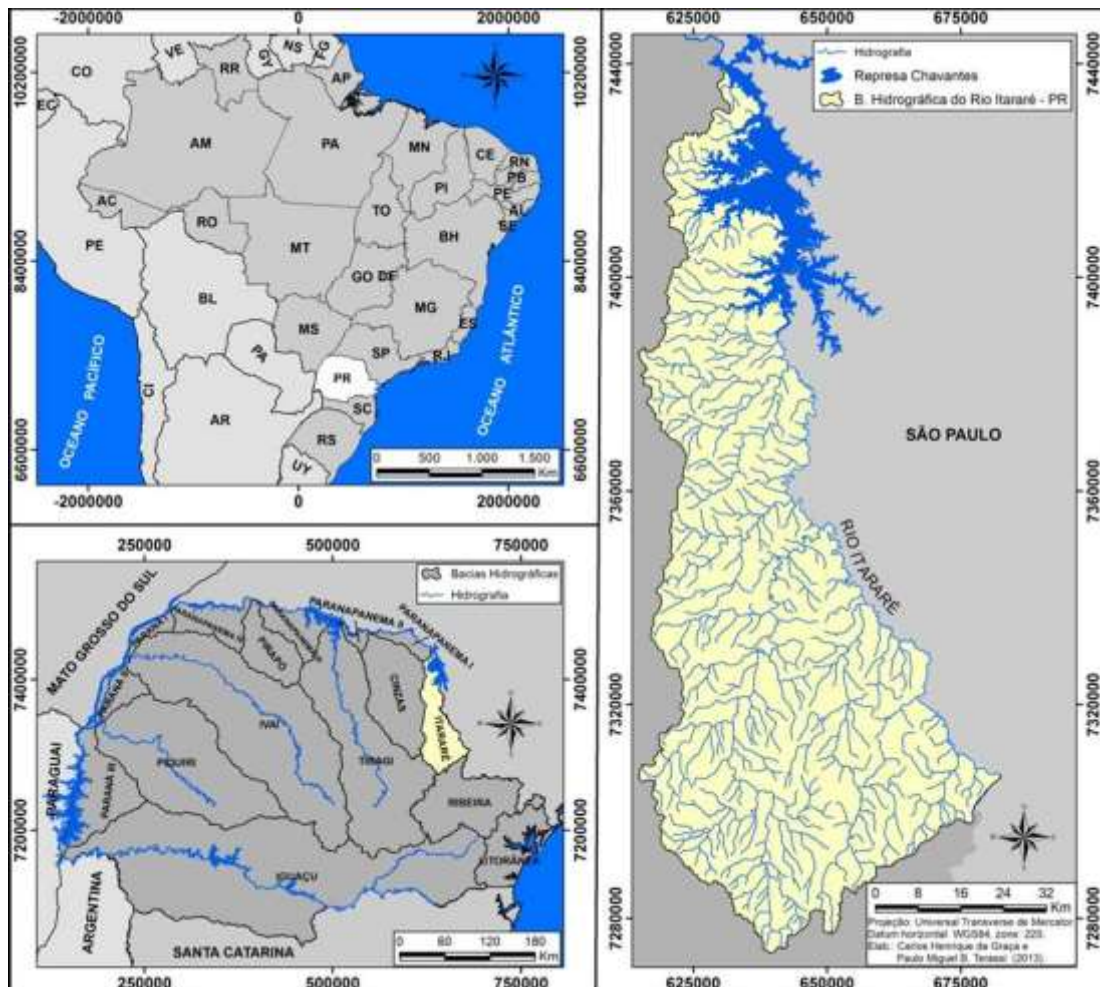


Figura 1: Localização da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

Para a realização da presente pesquisa foram obtidos os dados de treze postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de uma Estação Meteorológica da rede do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), em Joaquim Távora, com o recorte temporal do período de 1976 a 2012. Os dados dos postos pluviométricos e da estação meteorológica que estão no entorno da bacia hidrográfica foram utilizados na busca de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica e para o preenchimento de dados faltantes (TAB 1 - FIG 2).

Os dados faltantes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas foram preenchidos seguindo o método de ponderação regional apresentado por Villela e Mattos (1975). Esse método tem como base o registro pluviométrico de três postos localizados o mais próximo possível do posto em que se verifica a falta de dados, com características pluviométricas (distribuição mensal e os totais anuais) e altitudes semelhantes.

TABELA 1

Localização geográfica dos postos pluviométricos e estação meteorológica inseridas dentro e no entorno da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé - Paraná.

Número no mapa de localização	Código da ANEEL	Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
1	02349060	Carlópolis (Nova Brasília)	7395526	627900	563
2	02449030	Castro (Fazenda Marão)	7275043	633292	1100
3	02449021	Doutor Ulysses (Varzeão)	7282084	660061	818
4	02449036	Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva)	7302629	643698	1000
5	02449040	Jaguariaíva	7317956	630287	890
6	02349030	Joaquim Távora*	7400672	615718	512
7	02449032	Piraí do Sul (Capinzal)	7289831	629085	1026
8	02449011	Piraí do Sul	7286806	608541	1068
9	02349036	Ribeirão Claro	7433790	627919	782
10	02349061	Santana do Itararé	7372279	640380	543
11	02449045	São José da Boa Vista (Barra Mansa)	7337733	637247	850
12	02349064	São José da Boa Vista	7354589	637409	550
13	02449044	Sengés	7333850	655848	650
14	02349033	Tomazina	7371211	606992	483

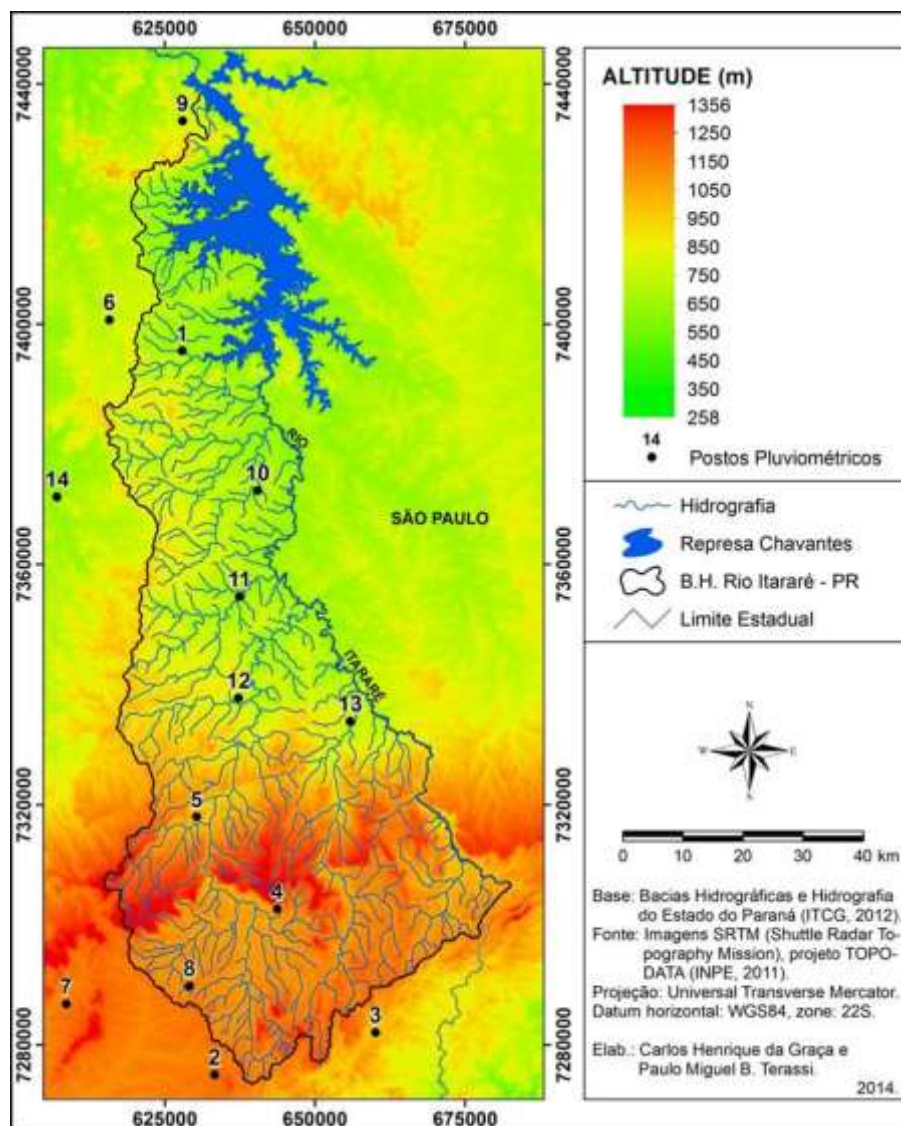


FIGURA 2: Localização geográfica e hipsometria da estação meteorológica e dos postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

Os dados de temperatura foram obtidos da estação climatológica de Joaquim Távora. Para as demais áreas da bacia hidrográfica foram atribuídos os valores de temperatura fornecidos pela Universidade de Delaware, sendo que se utilizaram os dados referentes ao segmento temporal de 1976 a 2010 (UDEL, 2014). Devido à indisponibilidade dos dados de temperatura para os anos de 2011 e 2012, foram realizadas estimativas de temperatura média através do método de Ometto (1981), que considera uma variação de 0,65°C a cada 100 metros de altitude, tendo como base os dados da estação meteorológica de Joaquim Távora. Com os valores de temperatura, foi possível a obtenção do balanço hídrico climatológico, realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do programa “BHnorm” elaborado por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), e tendo como parâmetro o CAD (capacidade de água disponível) de 100 mm.

O sistema classificatório de Köppen (1948) é composto por três chaves que variam em conformidade com a temperatura média anual, temperatura do mês mais frio e do mês mais quente, pluviosidade média anual, máxima de verão e inverno, e o mês de maior ou menor precipitação. A tipologia climática de Köppen (1948) é discriminada a partir da definição do grupo - primeira letra maiúscula (TAB. 2), indicador de tipo - segunda letra minúscula (TAB. 3), e o indicador de subtipo - terceira letra minúscula (TAB. 4).

**TABELA 2**

Caracterização do indicador de grupo climático (primeira chave) da classificação climática de Köppen (1948).

<b>Código</b>	<b>Tipo de Clima</b>	<b>Descrição</b>
A	Tropical	Climas megatérmicos; temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C; estação invernososa ausente; pluviosidade anual superior a evapotranspiração potencial anual.
B	Árido	Climas secos; pluviosidade média anual inferior a 500 mm; evapotranspiração potencial anual superior à pluviosidade anual; inexistência de cursos d'água permanente.
C	Temperado - Subtropical	Climas mesotérmicos; temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18 °C; temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C; Verão e inverno bem definidos.
D	Continental	Climas microtérmicos; temperatura média do mês mais frio inferior a -3 °C; temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C; Verão e inverno bem definidos.
E	Glacial	Climas polares e de alta montanha; temperatura média do mês mais quente inferior a 10 °C; Verão pouco definido ou inexistente.

Fonte: Souza et al. (2013).

**TABELA 3**

Caracterização do indicador do tipo climático (segunda chave) da classificação climática de Köppen (1948).

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Grupo</b>
S	Clima das estepes; pluviosidade média anual entre 360 a 760 mm.	B
W	Clima desértico; pluviosidade média anual inferior a 250 mm.	B
f	Clima úmido; ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano; inexistência de estação	A-C-D

	seca definida; pluviosidade média do mês mais seco superior a 60 mm.	
w	Chuvas de verão.	A-C-D
s	Chuvas de inverno.	A-C-D
w'	Chuvas de verão-outono.	A-C-D
s'	Chuvas de outono-inverno.	A-C-D
m	Clima de monção; pluviosidade média anual superior a 1500 mm e pluviosidade média mensal do mês mais seco inferior a 60 mm.	A-C-D
T	Temperatura média do mês mais quente entre 0 a 10 °C.	A
F	Temperatura média do mês mais quente inferior a 0 °C.	E
M	Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso).	E

Fonte: Souza et al. (2013).

**TABELA 4**

Caracterização do indicador de subtipo climático (terceira chave) da classificação climática de Köppen (1948).

Código	Descrição	Grupo
a	Verão quente; temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.	C-D
b	Verão temperado; temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C; temperatura média dos quatro meses mais quentes superior a 10 °C.	C-D
c	Verão curto e fresco; temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C; temperatura média inferior a 10 °C durante menos de quatro meses; temperatura média no mês mais frio superior a -38 °C.	C-D
d	Inverno muito frio; temperatura média do mês mais frio inferior a -38 °C.	D
h	Seco e quente; temperatura média do ar superior a 18 °C; deserto ou semideserto quente.	B
k	Seco e frio; temperatura média do ar inferior a 18 °C; deserto ou semideserto frio.	B

Fonte: Souza et al. (2013).

As estimativas de temperatura possibilitaram a realização do balanço hídrico climático, realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), e que permitiu a obtenção dos valores normais da evapotranspiração potencial, excedente e deficiência hídrica, elementos que diferenciam o sistema classificatório de Thornthwaite (1948).

O método desenvolvido por Thornthwaite (1948) tem seus principais valores climáticos estabelecidos por: índice de umidade efetiva (Iue), eficiência termal anual, índice de aridez (Ia) e a concentração da eficiência termal do verão. O índice de umidade (Iu) (Equação 1), que é o ponto de partida para o índice de umidade efetiva, é resultante dos valores de excedente hídrico dividido pela evapotranspiração potencial anual multiplicada por 100.

$$Iu = \left( \frac{EXC}{ETP} \right) * 100(1)$$

O índice de umidade efetiva (Equação 2), que representa a primeira chave da classificação, é determinado pela relação entre o índice de umidade e o índice de aridez (Equação 3).

$$I_{eu} = \left( \frac{I_u}{I_a * 0,6} \right) (2) I_a = \left( \frac{DEF}{ETP} \right) * 100 \quad (3)$$

A segunda chave da classificação é a eficiência termal, que é mensurada pela evapotranspiração potencial anual (TAB. 5).

**TABELA 5**

Primeira chave, conforme os intervalos do índice de umidade (Iu), e a segunda chave, conforme o índice térmico (It), da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

Tipo climático (Primeira chave)	Índice de umidade (Iu)	Tipo climático (Segunda chave)	Índice térmico (It) (Evapotranspiração potencial anual)
A – Super-úmido	$100 \leq I_u$	A' – Megatérmico	$\geq 1140$
B <sub>4</sub> – Úmido	$80 \leq I_u < 100$	B' <sub>4</sub> – Mesotérmico	997 - 1140
B <sub>3</sub> – Úmido	$60 \leq I_u < 80$	B' <sub>3</sub> – Mesotérmico	855 - 997
B <sub>2</sub> – Úmido	$40 \leq I_u < 60$	B' <sub>2</sub> – Mesotérmico	712 - 855
B <sub>1</sub> – Úmido	$20 \leq I_u < 40$	B' <sub>1</sub> – Mesotérmico	570 - 712
C <sub>2</sub> – Sub-úmido	$0 \leq I_u < 20$	C' <sub>2</sub> – Microtérmico	427 - 570
C <sub>1</sub> – Sub-úmido	$-33,3 \leq I_u < 0$	C' <sub>1</sub> – Microtérmico	285 - 427
D – Semi-árido	$66,7 \leq I_u < -33,3$	D' – Tundra	142 - 285
E – Árido	$-100 \leq I_u < 66,7$	E' – Gelo perpétuo	<142

Fonte: Souza et al. (2013).

A primeira sub-chave de classificação climática é atribuída pelo índice de aridez, obtido pela relação entre os totais anuais de deficiência da água e da evapotranspiração potencial (Equação 3). A segunda sub-chave (CETv) é determinada pela proporção de evapotranspiração potencial concentrada no verão (TAB. 6).

**TABELA 6**

Primeira sub-chave, conforme os intervalos do índice de aridez (Ia), e a segunda sub-chave, conforme a concentração de evapotranspiração potencial no verão (%), da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

Tipo climático (Primeira sub-chave) Climas úmidos	Índice de aridez (Ia)	Tipo climático (Segunda sub-chave)	Concentração de evapotranspiração potencial no verão (%)
r – pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0 - 16,7	a'	<48
s – moderada deficiência hídrica no verão	16,7 - 33,3	b' <sub>4</sub>	48 - 51,9
w – moderada deficiência hídrica no inverno	16,7 - 33,3	b' <sub>3</sub>	51,9 - 56,3
s <sub>2</sub> – grande deficiência hídrica no verão	>33,3	b' <sub>2</sub>	56,3 - 61,6
w <sub>2</sub> – grande deficiência hídrica no inverno	>33,3	b' <sub>1</sub>	61,6 - 68,0
		c' <sub>2</sub>	68,0 - 76,3

Fonte: Souza et al. (2013).



---

$c'_1$	76,3 - 88,0
d	>88,0

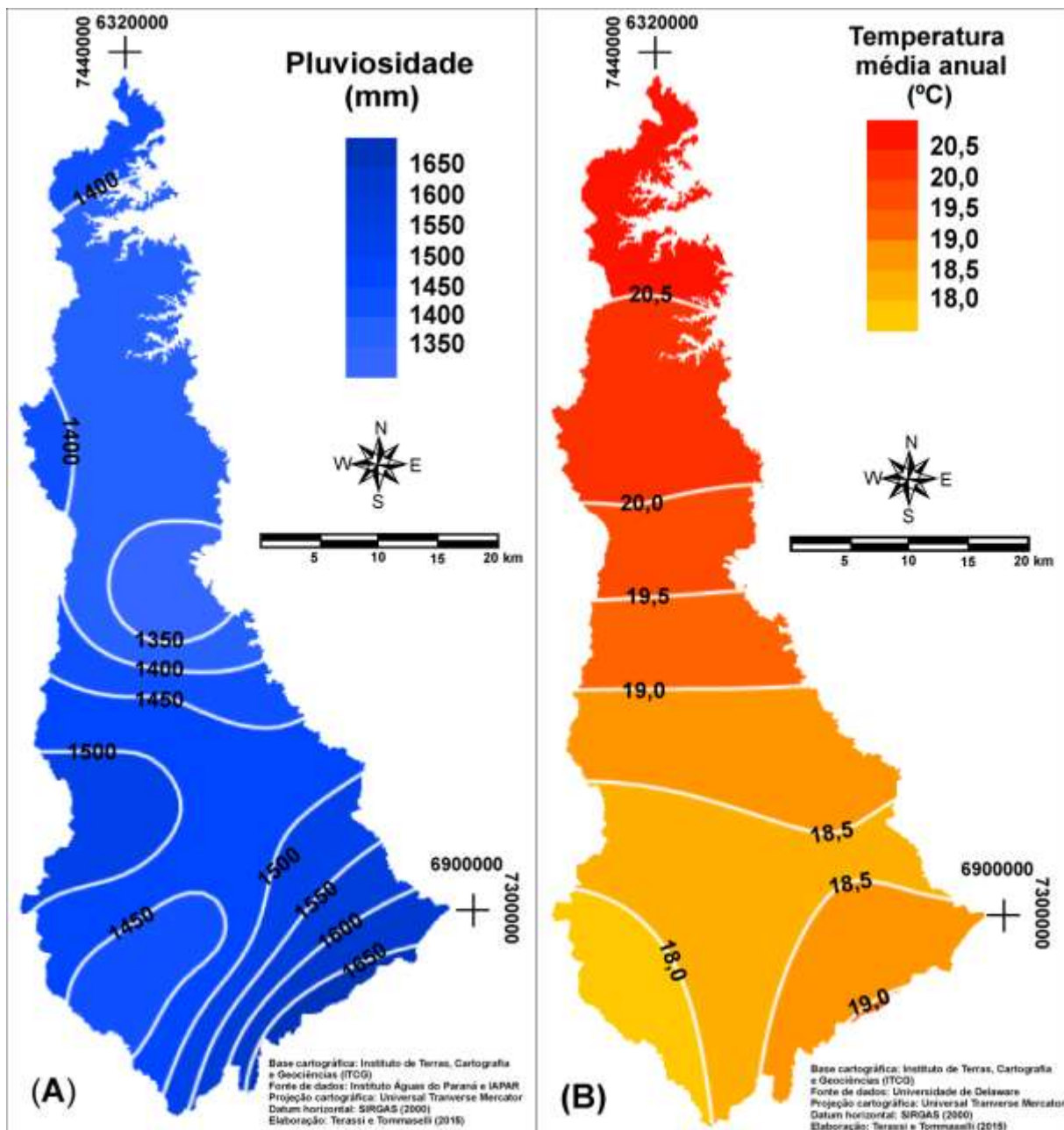
### **3. Resultados e discussões**

Os resultados da pluviosidade média anual para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé estão representados pela FIG. 3A. Indica-se que o setor sul apresenta uma pluviosidade média anual superior a 1650 mm, com o predomínio espacial da isolinha superior a 1500 mm. Destaca-se que no setor oeste da bacia hidrográfica, de maiores cotas altimétricas, ocorre um aumento da pluviosidade média anual, com isoietas superiores a 1500 mm. Com uma redução significativa da altitude, o setor leste apresenta a menor média pluviométrica anual, inferior a 1350 mm.

O predomínio de isolinhas entre 1400 a 1600 mm para grande porção da bacia hidrográfica e um aumento da pluviosidade média anual para o setor sudeste, com valores entre 1600 a 1800 mm, foram verificados por Cavaglione et al. (2000). A redução da pluviosidade média anual nos setores norte e centralé justificada na literatura, conforme Monteiro (1968) e Nimer (1989) pela circulação atmosférica regional, dado que nestes setores verifica-se a atuação mais incisiva de sistemas atmosféricos intertropicais e um regime pluviométrico mais próximo ao do Brasil Central, com uma redução significativa das alturas pluviométricas nos meses de inverno. Ao contrário, os setores meridionais da bacia hidrográfica apresentam tendência a uma participação mais consistente dos sistemas atmosféricos extratropicais, caracterizando estas áreas por uma maior regularidade do regime pluviométrico, ritmo climático que responde pelos maiores volumes médios anuais de pluviosidade.

Os resultados gerados a partir das estimativas de temperatura permitiram identificar a distribuição espacial desse elemento climático para a bacia hidrográfica do rio Itararé em sua vertente paranaense. Verificou-se que a distribuição das isotermas esteve ajustada as características do relevo regional e as condições latitudinais, com menores temperaturas nos setores oeste e central da bacia hidrográfica, de menor incidência da insolação e de maiores cotas altimétricas, com uma temperatura média anual inferior a 18,0°C. Contrariamente, o setor norte, de maior insolação e de menores altitudes, obteve uma média térmica anual superior a 20,5°C (FIG. 3B). Essa distribuição das isotermas para a porção paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé é aproximada ao obtido por Ichiba (2006) para a mesma porção no estado do Paraná, com temperatura média anual inferior a 19,0°C para o setor sul e superior a 21,0°C para o setor norte. O mapeamento da temperatura

média anual realizado por Cavaglione et al. (2000) mostrou isotermas inferiores a 18°C para setores isolados da porção Sul, sendo que os setor norte apresentou temperatura média anual entre 20°C a 21°C.



**FIGURA 3:** Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) e da temperatura média anual (°C) para o período de 1976 a 2012 na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

As duas estações mais chuvosas são o verão e a primavera, que juntas correspondem em média a 63,4% da pluviosidade anual. A porção paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé obteve as maiores médias de pluviosidade sazonal predominantemente para o setor sudeste, enquanto o setor leste e norte foram as porções da área de estudo com as menores alturas

pluviométricas sazonais médias. O verão obteve pluviosidade média superior a 600 mm para o setor sudeste e inferior a 475 mm no setor leste (FIG 4A). Verifica-se para a primavera uma pluviosidade média superior a 475 mm para o setor sudeste e inferior a 400 mm para o setor leste (FIG 4B). Destaca-se que tanto para o verão quanto para a primavera que o setor oeste da bacia hidrográfica, mesmo com valores mais elevados de cotas altimétricas, apresenta uma redução relevante da pluviosidade média. A estação menos chuvosa do ano, o inverno apresenta uma pluviosidade superior a 300 mm para o setor sudeste e inferior a 225 mm para o setor norte (FIG. 4C). Nota-se que para o outono o setor sudeste e oeste obtiveram as maiores médias de pluviosidade, com isolinhas superiores a 300 mm, e que os setores norte e leste apresentaram isoietas inferiores a 275 mm (FIG. 4D).

Durante o período de verão e primavera destaca-se que há uma grande alternância dos diferentes fluxos destas massas de ar, sobretudo pelas seguintes condições: intensificação da participação da atuação da massa Tropical atlântica, quando durante o verão o aquecimento basal e o efeito orográfico ocasionado pelo contato com a superfície continental a tornam uma massa instável; a massa Equatorial continental atua de forma mais incisiva durante este período, que com sua expansão pelo continente responde pelo aumento de temperatura e umidade e, conseqüentemente, da pluviosidade; a frente Polar atlântica, mecanismo atmosférico que antecede a massa Polar atlântica, que conjugada aos sistemas atmosféricos intertropicais, responde pelo aumento da instabilidade na região (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; ROSSATO, 2011); a frequente formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), grande faixa de nebulosidade persistente que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul Central, no sentido sudeste a noroeste, e que ocasiona significativo volume de pluviosidade (QUADRO et al., 2012); a participação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), mais frequente no outono e, sobretudo, na primavera, compreende um grande aglomerado de nuvens convectivas formadas no Norte da Argentina (DIAS; ROZANTE; MACHADO, 2009); a formação das Linhas de Instabilidade Tropical, a partir da configuração atmosférica regional de umidade e temperaturas elevadas, propicia a ocorrência de eventos de elevada pluviosidade concentrada em um curto período (BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006).

A redução dos totais pluviométricos na região para o outono e inverno se atribui a menor participação dos sistemas intertropicais (massas tropicais e perturbações delas decorrentes), com uma maior dependência da frente Polar atlântica para a formação de instabilidade e, majoritariamente, a atuação diferenciada da massa Tropical atlântica, que com o resfriamento da superfície torna-se estável.

A FIG. 5 demonstra a variação térmica sazonal, com temperaturas mais elevadas durante o verão e a primavera, e uma redução significativa para o inverno e outono. O verão é a estação das maiores isothermas, representadas por temperaturas médias superiores a 24,0°C para os setores norte e noroeste, e inferiores a 21,0°C para o setor sudoeste (FIG. 5A). A primavera caracteriza-se por médias térmicas superiores a 22,5°C para os setores norte e noroeste, e inferiores a 19,5 °C para o setor oeste (FIG. 5B). Verificam-se no inverno as menores médias térmicas para toda bacia hidrográfica, com valores superiores a 17,5°C para o setor norte e inferiores a 15,0°C para o setor sudoeste (Figura 5C). O outono obteve temperatura média superior a 19,0°C para o setor norte e inferior a 16,0°C para o setor sudoeste (Figura5D).

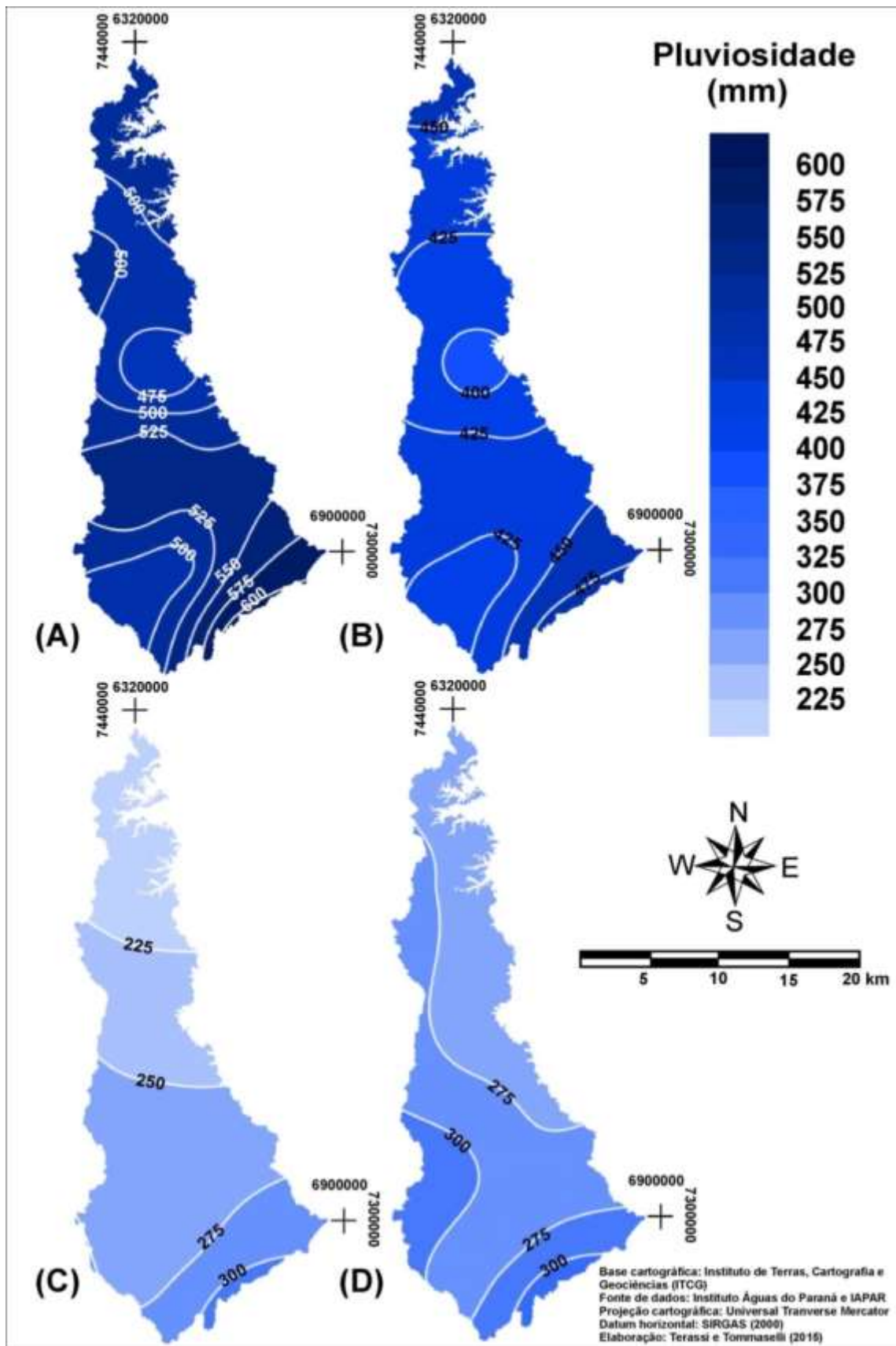


FIGURA 4: Distribuição espacial da pluviosidade (mm) média para o verão (A), primavera (B), inverno(C) e outono (D) para o período de 1976 a 2012 na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

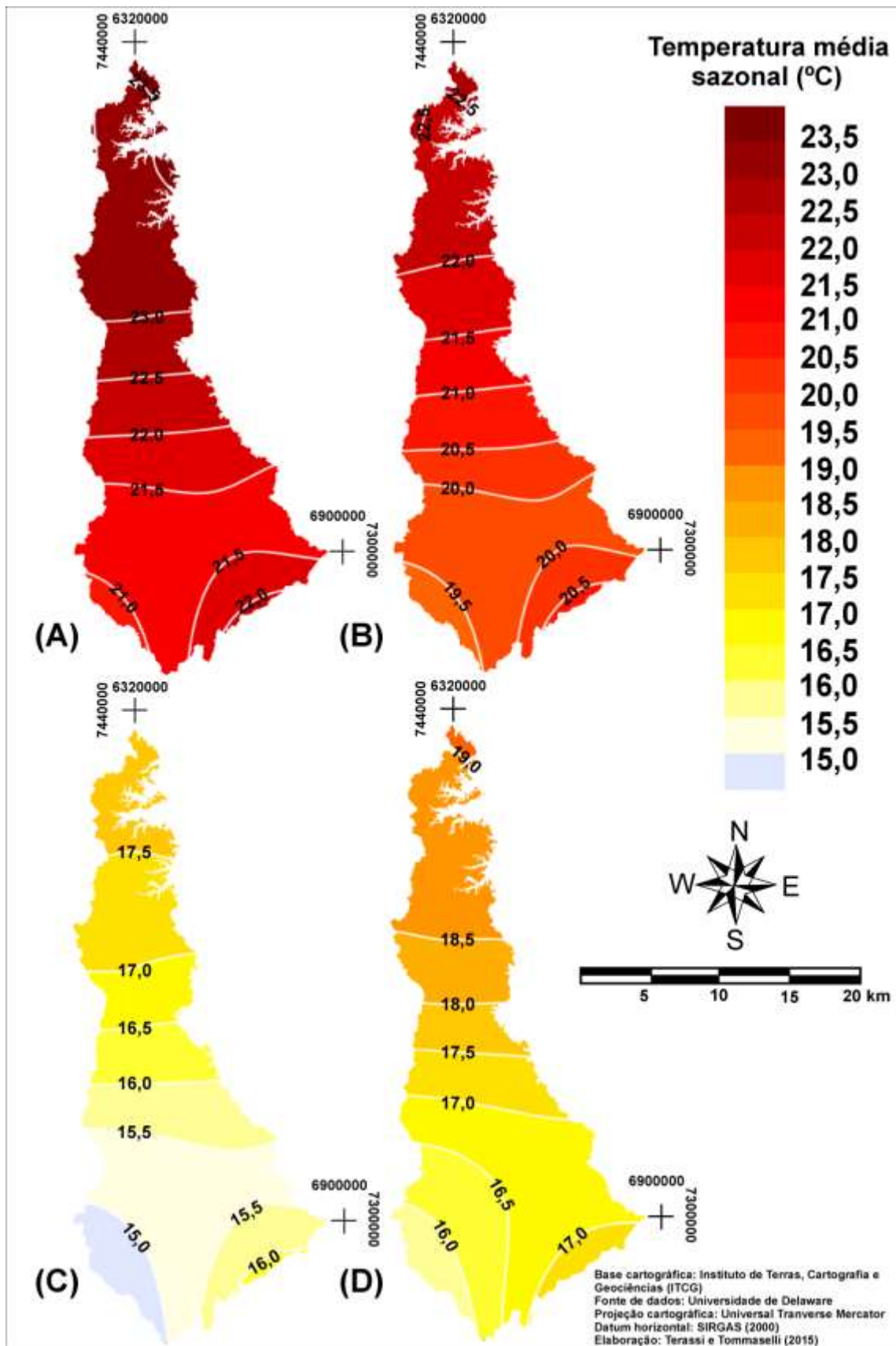


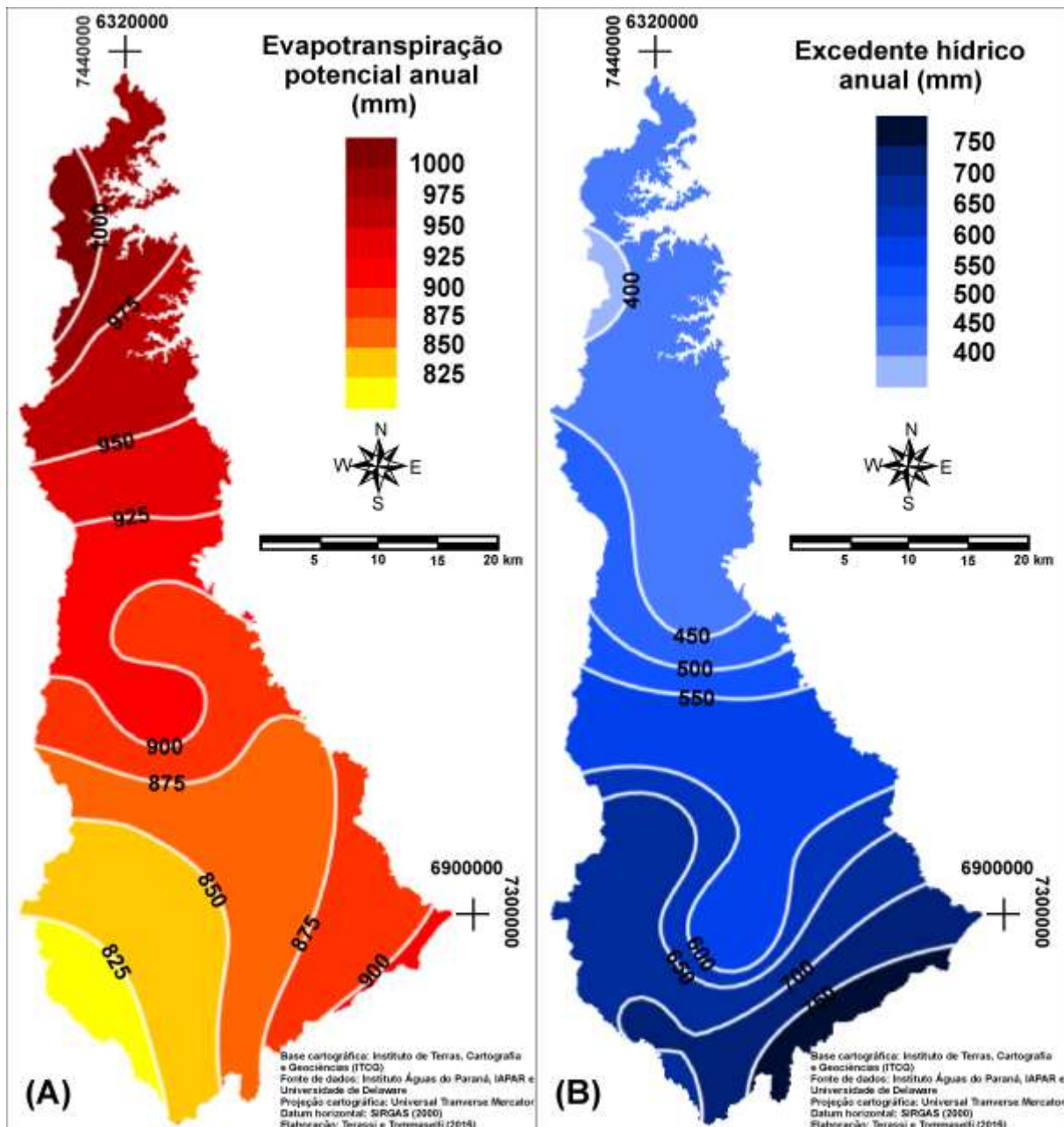
FIGURA 5: Distribuição espacial das estimativas de temperatura média sazonal (°C) para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) para o período de 1976 a 2012 na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

Essa variação sazonal das temperaturas são condições típicas do clima subtropical da região Sul do Brasil, que por sua localização geográfica, abaixo do Trópico de Capricórnio, apresenta maiores níveis da incidência solar. Ainda, destaca-se que durante o período de outono e inverno, além de uma menor incidência solar e menor aquecimento superficial, ocorrem com maior frequência e intensidade a atuação da massa de ar Polar Atlântica, fatores que associados propiciam as menores médias térmicas para estas estações. No período de verão e primavera ocorre maior incidência solar e aquecimento da superfície, características que somada a menor penetração da massa de ar Polar Atlântica contribuem para os registros de maiores médias térmicas para este período.

Os resultados mostraram que o setor oeste, de menores temperaturas médias e menores reduções da pluviosidade média mensal nos meses de inverno, obteve valores de evapotranspiração potencial anual inferior a 825 mm, ao passo que o setor noroeste da bacia hidrográfica, de maiores médias térmicas e maiores reduções da pluviosidade mensal em meses de inverno, caracteriza-se por uma evapotranspiração potencial anual superior a 1000 mm (FIG. 6).

Indica-se que o setor sudeste, de maior volume médio anual de pluviosidade (superior a 1650 mm), apresenta um excedente hídrico superior a 750 mm. Inversamente, verifica-se que o setor noroeste, que obteve maiores valores de evapotranspiração potencial anual e as menores alturas pluviométricas médias anuais (inferior a 1400 mm), o excedente hídrico médio anual é inferior a 400 mm. Destaca-se que o setor central da bacia hidrográfica, mesmo com as menores médias térmicas anuais, obteve uma média do excedente hídrico anual entre 550 a 600 mm, mostrando que as menores médias pluviométricas anuais são condições determinantes para um menor excedente hídrico anual (FIG. 6).

A distribuição espacial dos níveis de evapotranspiração potencial anual e do excedente hídrico anual mostra, portanto, a importância da associação entre os elementos climáticos temperatura e precipitação para a descrição das características hídricas. Sobretudo, nota-se que as temperaturas impõem grande relevância para a distribuição espacial da evapotranspiração potencial anual, com o predomínio de menores isolinhas para os setores de menores médias térmicas, nos setores oeste, sudoeste e central, e maiores isolinhas para as maiores temperaturas médias, localizadas no setor noroeste. No entanto, mostra-se que, como característica marcante de uma região tropical em que a pluviosidade é superavitária, os resultados do excedente hídrico anual apresentaram relação aproximada com a distribuição espacial da pluviosidade média anual. Ressalta-se que, como os resultados obtidos para a deficiência hídrica foram insignificantes, não houve o mapeamento deste parâmetro.



**FIGURA 6:** Distribuição espacial das estimativas de evapotranspiração potencial média anual (mm) (A) e do excedente hídrico médio anual (mm) (B) para o período de 1976 a 2012 na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Os resultados de pluviosidade, temperatura, evapotranspiração, excedente e deficiência hídrica estão sintetizados pela aplicação dos sistemas de classificação climática de Köppen (1948) e Thornthwaite (1948).

A aplicação da classificação climática de Köppen (1948) indicou que os setores de maiores altitudes, localizados nas porções oeste e central da bacia hidrográfica, obtiveram a tipologia Cfb, que indica um clima subtropical mesotérmico úmido, de temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura do mês mais quente inferior a 22°C, com ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida. O setor norte da bacia hidrográfica, com as

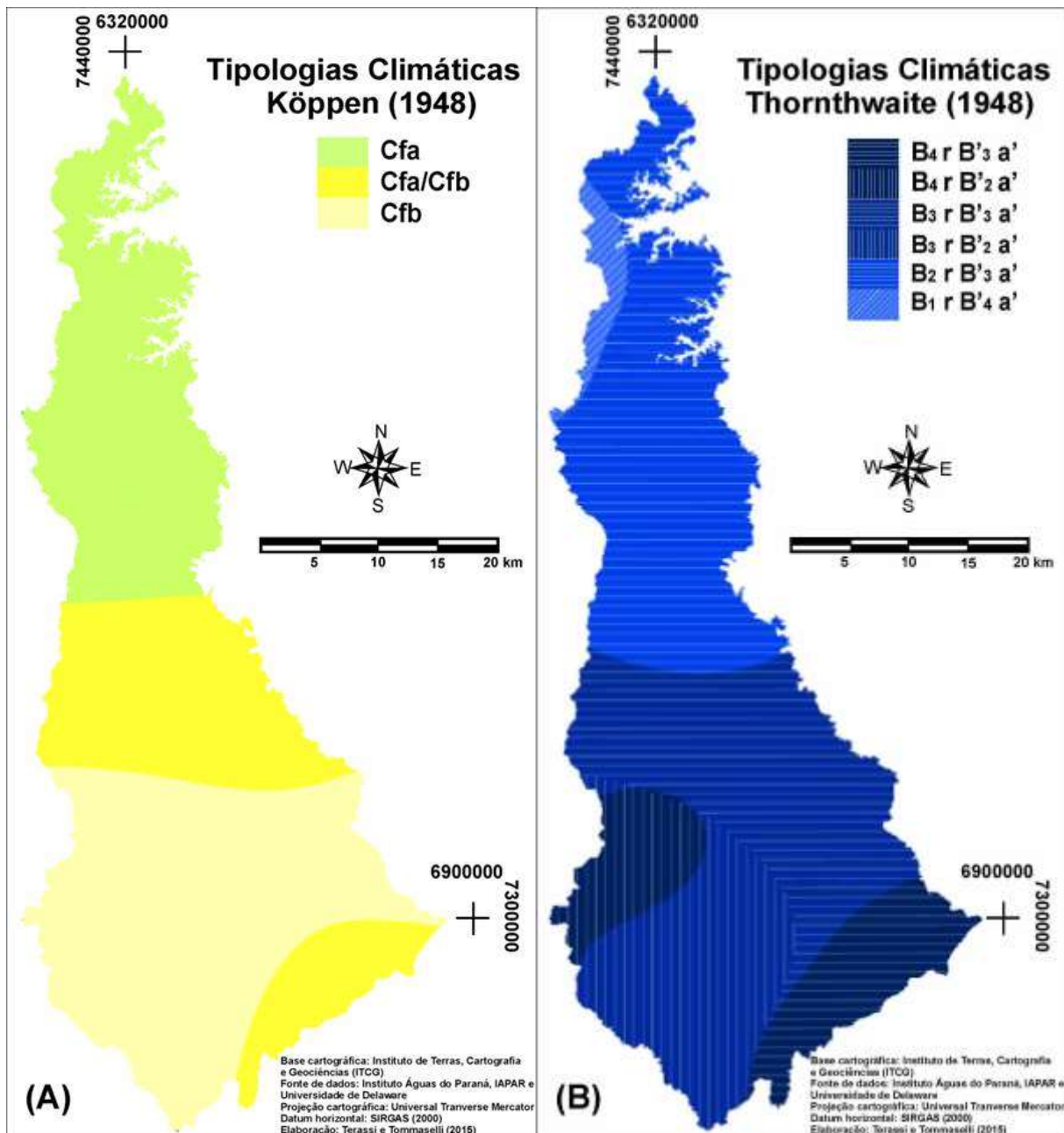


mais elevadas temperaturas, obteve a tipologia climática Cfa, que caracteriza um clima subtropical quente úmido, de temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura do mês mais quente superior a 22°C, com ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida. Observa-se um setor ao sudeste e outro ao centro, que foram considerados como de transição entre as tipologias climáticas Cfa e Cfb, entre as isotermas de 18,0 a 19,0 °C, com o objetivo de evitar maiores generalizações (FIG. 7A).

Destaca-se que a distribuição espacial dos resultados do emprego da metodologia de classificação climática de Köppen (1948) para a bacia hidrográfica do rio Itararé está aproximada ao obtido por Mendonça e Danni-Oliveira (2002) para a bacia hidrográfica do rio Tibagi, uma vez que indicaram a predominância da tipologia Cfb para o setor sul e Cfa para o setor norte, e uma porção situada no setor central como uma área de transição entre os dois tipos climáticos. Notadamente, as duas bacias hidrográficas apresentam uma configuração espacial semelhante referente à variação latitudinal, sobretudo ao que se diz à distinção da atuação espacial dos sistemas atmosféricos e dos regimes térmicos e pluviométricos. Igualmente, os resultados indicados pela tipologia climática de Köppen (1948) para a bacia hidrográfica do rio Itararé estiveram aproximados aos verificados para este mesmo setor do estado do Paraná conforme verificado por Cavaglione et al. (2000).

Conforme o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948), a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé distingue-se em seis setores de diferentes tipologias climáticas. O setor oeste obteve a tipologia B<sub>4</sub> r B'<sub>2</sub> a', que designa um clima úmido mesotérmico, de pequena ou nenhuma deficiência térmica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%, representando que esta porção da bacia hidrográfica apresenta os maiores índices de umidade e as menores eficiências térmicas. O setor sudeste caracteriza-se pela tipologia B<sub>4</sub> r B'<sub>3</sub> a', com os mesmos níveis do índice de umidade que o setor sudeste, mas que apresenta uma maior eficiência térmica, resultante de maiores médias térmicas. Os setores sul e sudoeste obtiveram a tipologia climática B<sub>3</sub> r B'<sub>2</sub> a', que demonstra um clima úmido mesotérmico, de pouca ou nenhuma deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%, de menores valores do índice de umidade em relação aos setores oeste e sudeste e com características de menores eficiências térmicas. Com uma maior eficiência térmica em relação aos setores sul e sudoeste, os setores leste e central da bacia hidrográfica receberam a tipologia B<sub>3</sub> r B'<sub>3</sub> a', que descreve um clima mesotérmico úmido de pouca deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%. Verificou-se para o setor norte da bacia hidrográfica a tipologia climática B<sub>2</sub> r B'<sub>3</sub> a', que representa um clima mesotérmico úmido de pouca deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48% e índices

de umidade efetiva inferior aos verificados em setores meridionais. O setor noroeste da bacia hidrográfica, com os menores índices de umidade e as maiores eficiências térmicas, caracteriza-se pela tipologia B<sub>1</sub> r B'<sub>4</sub> a', de clima úmido mesotérmico, pouca ou nenhuma deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48% (FIG. 7B).



**FIGURA 7:** Distribuição espacial das tipologias climáticas de Köppen (1948) (A) e Thornthwaite (1948) (B) para o período de 1976 a 2012 na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

A análise particular de cada chave e sub-chave dos resultados obtidos pelo sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite estabelecer alguns padrões espaciais das características climáticas da bacia hidrográfica do rio Itararé no estado do Paraná. As duas sub-

chaves indicaram que a totalidade da área de estudo apresenta pouca ou nenhuma deficiência hídrica e uma concentração da evapotranspiração potencial anual inferior a 48%. Os maiores valores do índice de umidade efetiva foram verificados nos setores oeste e sudeste da bacia hidrográfica, com uma tipologia B<sub>4</sub>, com uma redução gradativa deste parâmetro na direção norte, sendo que o setor noroeste obteve os menores índices de umidade e uma tipologia B<sub>1</sub>. Os resultados da eficiência térmica, mensurada diretamente pelos níveis de evapotranspiração potencial anual, indicaram que o setor oeste da bacia hidrográfica caracteriza-se pelas menores eficiências térmicas e pela tipologia B'<sub>2</sub>, enquanto que grande porção da bacia hidrográfica apresenta a tipologia B'<sub>3</sub> e, em destaque, o setor noroeste obteve a tipologia B'<sub>4</sub> devido aos maiores níveis de evapotranspiração potencial anual (FIG. 7B).

Comparativamente, nota-se que os postos pluviométricos que obtiveram a tipologia Cfb para a classificação climática de Köppen (1948) também receberam a tipologia B'<sub>2</sub> referente à segunda chave de eficiência térmica do método classificatório de Thornthwaite (1948), indicando que as porções meridionais, de maiores cotas altimétricas (superiores a 890 metros) e de menores médias térmicas, mostraram os menores níveis médios da evapotranspiração potencial anual e, conseqüentemente, as menores eficiências térmicas. Os postos pluviométricos de menores cotas altimétricas se caracterizaram por maiores eficiências térmicas, obtendo as tipologias B'<sub>3</sub> e B'<sub>4</sub>, e, simultaneamente, obtiveram a tipologia Cfa para o método classificatório de Köppen (1948) (TAB. 7).

A segunda chave do sistema classificatório de Köppen (1948) estabeleceu a tipologia f, que designa um clima úmido e com regularidade das chuvas ao longo do ano e sem estação seca definida, para a totalidade da bacia hidrográfica. Entretanto, conforme observado pela FIG. 4, a área de estudo apresenta uma tendência de concentração de maiores alturas pluviométricas para o verão e primavera, principalmente para a porção setentrional, onde são observadas as maiores disparidades das médias pluviométricas das estações mencionadas anteriormente em comparação ao inverno e outono (TAB. 7).

Inversamente a este viés da generalização supracitada, a primeira tipologia do método de Thornthwaite (1948), partindo do estabelecimento do índice de umidade efetiva, permitiu classificar de forma mais detalhada as características do regime pluviométrico e a sua relação com o regime térmico e as características de evapotranspiração, excedente e deficiência hídrica. Os postos pluviométricos que obtiveram a tipologia B<sub>4</sub> e B<sub>3</sub> correspondem àqueles com a maior regularidade pluviométrica mensal e maior excedente hídrico, resultado da combinação de maiores alturas pluviométricas e menores médias térmicas, características associadas ao relevo e às semelhanças com dinâmica atmosférica do clima subtropical da região Sul do Brasil. Com a redução da

pluviosidade média anual, a tendência de concentração de chuvas nos meses de verão e primavera e o aumento das médias térmicas e o menor excedente hídrico, os postos pluviométricos setentrionais receberam as tipologias B<sub>2</sub> e B<sub>1</sub> e reforçam a tendência de uma aproximação com o clima Tropical para estas áreas (TAB. 7).

**TABELA 7:**

Tipologias climáticas obtidas para a série histórica (1976 a 2012) dos postos pluviométricos e estação meteorológica\* inseridos dentro e no entorno da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

Número	Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica	Altitude (m)	Tipologia climática de Köppen (1948)	Tipologia climática de Thornthwaite (1948)
1	Carlópolis (Nova Brasília)	563	Cfa	B <sub>2r</sub> B' <sub>3</sub> a'
2	Castro (Fazenda Marão)	1100	Cfb	B <sub>3r</sub> B' <sub>2</sub> a'
3	Doutor Ulysses (Varzeão)	818	Cfa	B <sub>4r</sub> B' <sub>3</sub> a'
4	Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva)	1000	Cfb	B <sub>3r</sub> B' <sub>2</sub> a'
5	Jaguariaíva	890	Cfb	B <sub>4r</sub> B' <sub>2</sub> a'
6	Joaquim Távora*	512	Cfa	B <sub>1r</sub> B' <sub>4</sub> a'
7	Piraí do Sul (Capinzal)	1026	Cfb	B <sub>4r</sub> B' <sub>2</sub> a'
8	Piraí do Sul	1068	Cfb	B <sub>3r</sub> B' <sub>2</sub> a'
9	Ribeirão Claro	782	Cfa	B <sub>2r</sub> B' <sub>3</sub> a'
10	Santana do Itararé	543	Cfa	B <sub>2r</sub> B' <sub>3</sub> a'
11	São José da Boa Vista (Barra Mansa)	850	Cfa	B <sub>3r</sub> B' <sub>3</sub> a'
12	São José da Boa Vista	550	Cfa	B <sub>2r</sub> B' <sub>3</sub> a'
13	Sengés	650	Cfa	B <sub>3r</sub> B' <sub>3</sub> a'
14	Tomazina	483	Cfa	B <sub>2r</sub> B' <sub>3</sub> a'

#### 4. Considerações finais

A vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé caracteriza-se por valores mais elevados da pluviosidade média anual para o setor sudeste, de isoietas superiores a 1650 mm, e menor média pluviométrica anual para o setor leste, de isoietas inferiores a 1350 mm. Embora tenham sido observados alguns padrões entre o efeito orográfico e o aumento de pluviosidade em alguns setores da bacia hidrográfica, conclui-se que a distribuição das isolinhas de pluviosidade e número de dias para a escala anual está propriamente mais ligada as diferenças entre o regime pluviométrico sazonal e a interferência da dinâmica atmosférica regional. Identificou-se que as maiores alturas pluviométricas ocorrem durante o período correspondente ao verão e a primavera, que somadas concentram 63,4% do volume pluviométrico anual.

A espacialização das estimativas de temperatura provenientes do banco de dados da Universidade de Delaware para a bacia hidrográfica do rio Itararé foram satisfatórias, dado que se observou uma consonância entre as características hipsométricas com o fator latitudinal, que somados descrevem harmonicamente a variação espacial das isoterms. Como um padrão espacial,

os setores oeste e central da bacia hidrográfica, de maiores altitudes, menor incidência solar e maior efetividade da massa polar atlântica, obtiveram as menores isotermas. Inversamente, com as menores altitudes, maior incidência solar e maior participação de sistemas atmosféricos intertropicais, o setor norte caracteriza-se por corresponder à região de maiores médias térmicas para todas as escalas. Identificou-se que o período discriminado como de ocorrência do verão e primavera caracterizaram-se por maiores médias térmicas, e o período delimitado como de outono e inverno, apresentaram significativas reduções térmicas.

Com a realização do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) obteve-se as características espaciais e temporais da evapotranspiração potencial e do excedente hídrico para a escala anual. Notou-se que os setores oeste e central obtiveram os menores valores da evapotranspiração potencial média anual e das maiores médias do excedente hídrico para os setores oeste e central, e, contrariamente, o setor norte apresentou os maiores valores de evapotranspiração potencial anual e a menor média do excedente hídrico.

Com diferentes critérios, mostrou-se que a metodologia de Köppen (1948) tem uma associação mais adequada com a distribuição das isotermas e não permitiu avaliar as diferenças espaciais do regime de pluviosidade ocorrente para a bacia hidrográfica. O emprego da metodologia de Thornthwaite (1948) mostrou-se mais efetivo por distinguir os tipos climáticos como subsídio específico para o zoneamento agroclimático e gerenciamento de recursos hídricos.

## **Referências**

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e no norte do Paraná nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, n.1, p. 9-22, 2006.

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

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J.R.; MACHADO, L. A. T. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.S.; SILVA, M.G.A.J. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 181-194. 2009.

FABRES, T.M. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafoclimática referente à região de Santa Maria, RS**. 2009. 127f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ICHIBA, S.H.K. **Estudo das temperaturas do ar no estado do Paraná**. 2006.124f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia). **Produtos Cartográficos**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em 14 de julho de 2014.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479p.

MAACK, R. **Geografia Física do estado do Paraná**. 4ª Edição. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2012. 526p.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes na bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. O. (Org.). **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Moacir E. Medri Editores, v. 1, p. 63-68. 2002.

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

MONTEIRO, C. A. F. **Clima**. In: Geografia do Brasil:Grande Região Sul. 2ª Ed., v. 4, Tomo I, Rio de Janeiro, IBGE, p. 114-166.1968.

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

NÓBREGA, R.S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.3, n.1, p.18-22, 2010.

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

QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONCALVES, L. G. G. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n.2, p. 287-294, 2012.

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

ROSSATO, M.S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTOS, W.A.; ARAÚJO, H.M. Clima e condições meteorológicas da sub-bacia hidrográfica do rio Contiguiba - SE. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.31, n.1, p. 41-52, 2013.

SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado do Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p.34-43, 2013.

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

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Centerion**, v.8, n. 1, p.1-86.1955.

UDEL (University of Delaware). **Air Temperature and Precipitation**. Disponível em: <[http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel\\_AirT\\_Precip.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html)>. Acesso em 12 de maio de 2014.

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

Recebido em: 16/06/2015

Aceito em: 28/07/2015