

**APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA A BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ - PR**

**APLICACIÓN DEL SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DEL CLIMA PARA LA CUENCA
DEL RÍO PIRAPÓ – PR**

**APPLICATION OF CLIMATE CLASSIFICATION SYSTEM TO THE WATERSHED OF
PIRAPÓ RIVER - PR**

Paulo Miguel de Bodas Terassi

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
Bolsista CNPq
pmbterassi@gmail.com

Hélio Silveira

Professor Doutor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
hesilveira70@hotmail.com

Resumo: O presente trabalho objetiva empregar os métodos de classificação climática de Köppen (1918), Nimer (1972) e Nimer e Brandão (1985). A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Pirapó, que está situada entre os paralelos de 22°30'S e 23°30'S e os meridianos de 51°15'W e 52°15'W. A aplicação do sistema de classificação climática de Köppen (1918) dividiu a bacia em duas áreas climaticamente distintas: Cfa (Subtropical quente) nos setores acima de 650 metros e Ama (Tropical com inverno seco) nas porções de menores cotas altimétricas. A classificação climática de Nimer (1972) indicou quatro tipologias climáticas: quente úmido com subseca em julho e seca em agosto no setor noroeste, quente superúmido com subseca em julho e/ou agosto nos setores norte, leste, oeste e central, subquente superúmido com subseca na porção sul e subquente superúmido sem seca no setor sudeste. O método classificatório de Nimer e Brandão (1985) indicou oito tipologias climáticas para a bacia hidrográfica, com valores do índice de umidade mais elevado no setor montante.

Palavras chave: classificação climática, bacia hidrográfica, planejamento ambiental, tipologias climáticas.

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo el empleo de métodos de clasificación climática de Köppen (1918), Nimer (1972) y Nimer y Brandão (1985). El área de estudio es la cuenca del río Pirapó, que se encuentra en la meseta tercera de Paraná, entre los paralelos 22°30'S y 23°30'S y el meridiano de los 51°15' W y 52°15'W . La aplicación del sistema de clasificación climática de Köppen (1918) divide la cuenca en dos zonas climáticamente diferentes: Cfa (Subtropical cálido) en las zonas por encima de 650 metros y el Ama (Tropical con invierno seco) en porciones más pequeñas elevaciones altimétricos. La clasificación climática de Nimer (1972) señaló cuatro tipos de clima: sub cálido húmedo con seco en julio y agosto en el noroeste, con sub muy húmedo caliente en julio y/o agosto en las zonas norte, este, oeste y centro de, subquente muy húmedo con sub en el sur y subquente muy húmedo sin sequía en el sector sureste. El método de clasificación de Nimer y Brandão (1985) declare ocho clima tipologías para la cuenca, con valores de contenido de humedad más alto en el sector aguas arriba.

Palabras clave: clasificación del clima, cuenca, planificación ambiental, tipologías del clima.

Abstract: This paper aims applying climate classification methods developed by Köppen (1918), Nimer (1972), as well as Nimer and Brandão (1985). The area studied is the Pirapó river watershed, located in the so called Terceiro Planalto Paranaense, between the parallel of 22°30'S and 23°30'S and the meridians of 51°15'W and 52°15'W. Köppen's (1918) climate classification system divided the basin into two different climatic areas: Cfa, which in Portuguese stands for hot subtropical in the zones above 650 meters and Ama,

which stands for Tropical with dry winter, in the portions with smaller altimetric quotes. Nimer's (1972) climate rating indicates four climatic typologies: hot and humid with semi drought in July and drought in August in the Northwest, hot and super humid with semi drought in July and/or August in the North, East, West and central area, mesothermal and super humid with semi-drought in the southern area and, finally, mesothermal and super humid with no drought in the southeast part. The classification method proposed by Nimer and Brandão (1985) has indicated eight climate typologies for the watershed, with amounts of the humidity index higher in the upstream zone.

Keywords: climate classification, watershed, environment planning, climatic typologies.

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de compreender os diversos climas da Terra, a Climatologia tem como grande desafio sistematizar o grande número de dados meteorológicos e climáticos e convertê-los em medidas estatísticas que deem parâmetros para o agrupamento das características da atmosfera sobre os distintos lugares.

Neste sentido, a classificação climática é importante por definir os climas de diferentes regiões levando em consideração os diferentes elementos climáticos simultaneamente, sendo considerado um estudo básico para auxiliar no planejamento ambiental e econômico. Os métodos classificatórios, cada um com suas especificidades, permitem uma compreensão sintética das características climáticas de determinado espaço.

O primeiro sistema de classificação climática foi elaborado em 1918 por Wilhelm Köppen, partindo da ideia de que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região (ROLIM *et al.*, 2007). Seus critérios de agrupamento são considerados simples e compreendem um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas, cada uma com a finalidade de classificar as características espaciais e sazonais. Ayoade (1986) coloca que este método classificatório é o mais utilizado por conter delimitações que são abrangentes e por permitir a fácil aplicação em todos os setores interessados em Climatologia.

Embora mantenha o caráter analítico de Köppen (1918), o sistema classificatório de Thornthwaite (1948) foi considerado um avanço na classificação climática por considerar que um clima é seco ou úmido não somente devido à pluviometria e à temperatura, mas sim relacionado à necessidade hídrica (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984). Ao utilizar os dados de evapotranspiração potencial, excedente ou deficiência hídrica, obtidos pelo balanço hídrico, Thornthwaite (1948) deu grande passo na racionalização da classificação climática.

Os resultados oriundos de um balanço hídrico podem ser úteis no zoneamento agroclimático de uma região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, na

definição de prioridades para o planejamento de pesquisas e no conhecimento do regime hídrico. Ressalta - se que nas áreas de clima tropical, a produção agrícola é altamente determinada pela água proveniente da pluviosidade, pois a energia térmica nos trópicos é superavitária devido à baixa amplitude térmica (MENDONÇA; DANNI - OLIVEIRA, 2007).

Nimer e Brandão (1985), baseados no sistema classificatório de Thornthwaite (1948), fizeram uma adaptação às características climáticas do território brasileiro. Santos (1995) evidencia que é de grande importância o emprego do sistema classificatório adaptado por Nimer e Brandão (1985) devido às características da tropicalidade do Brasil, haja vista que o principal fator pelo qual as atividades agrícolas acabam por se condicionar é o regime hídrico.

Amplamente utilizado pela Geografia, Strahler (1951) propôs uma classificação para os tipos climáticos do mundo baseada nos controles climáticos (centros de ação, massas de ar e processos frontológicos) e nas características das precipitações sobre os lugares. Esse novo enfoque dinâmico aplicado para a classificação climática foi um marco para o desenvolvimento de novos métodos classificatórios. Esse tipo de classificação é denominado genético e se diferencia por destacar a atuação dos sistemas atmosféricos nas características climáticas de uma região (VIANELLO; ALVES, 2004).

No Brasil, Nimer (1972) apresentou um método de classificação climática que se constitui em um exemplo de como é possível conciliar métodos tradicionais de classificação climática com dinâmicos, do que propriamente um critério de enquadramento climático imposto para qualquer região. Mesmo com um nível de detalhamento pouco significativo, devido à extensão do trabalho original, a experiência de sua aplicação nas regiões geográficas do Brasil apresentou resultados satisfatórios.

O presente estudo objetiva empregar os métodos de classificação climática de Köppen (1918), Nimer e Brandão (1985) e Nimer (1972) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Dentre os métodos classificatórios empregados na presente pesquisa, Köppen (1918) tem seus méritos na fácil aplicação em diferentes áreas afins da Climatologia, enquanto o sistema de classificação climática de Nimer e Brandão (1985) é altamente eficiente por mensurar a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, subsidiar o zoneamento agroclimático. O método classificatório de Nimer (1972) foi escolhido também por agrupar áreas homogêneas com relação aos elementos climáticos e a dinâmica atmosférica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está situada no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968), entre paralelos de 22°30' S e 23°30' S e os meridianos de 51°15' W e 52°15' W. A área da bacia abrange uma superfície aproximada de 5.098 km² (ITCG, 2012) e localiza-se nos setores norte e noroeste do Paraná (Figura 1).



Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

Inicialmente foram obtidos os dados de chuva de onze postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e dados de chuva e temperatura de três estações meteorológicas, sendo duas da rede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) em Apucarana e Paranavaí e uma da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), Maringá (**Tabela 1**), trabalhados com segmento temporal de 1980 a 2012. Foram também utilizados dados dos postos e estações meteorológicas que estão ao entorno da bacia hidrográfica na busca de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica.

Tabela 1: Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas* inseridas dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

Código	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
02351008*	Apucarana	23°30'00''	51° 32'00''	746	1980-2010
02351048	Arapongas	23° 24'00''	51° 25'59''	793	1980-2010
02351051	Astorga	23° 14'14''	51° 39'41''	572	1980-2010
02251033	Colorado	22° 53'53''	51° 53'17''	487	1980-2010
02351050	Iguaraçu	23° 10'59''	51° 49'59''	581	1980-2010
02252013	Jardim Olinda	22° 33'03''	52° 02'11''	318	1980-2010
02351045	Maringá	23° 24'00''	51° 52'26''	584	1980-2010
83767*	Maringá	23° 25'00''	51° 57'00''	542	1980-2010
02352062	Nova Esperança	23° 10'59''	52° 10'59''	582	1980-2010
02252010	Paranacity	22° 49'59''	52° 06'00''	250	1980-2010
02252019	Paranapoema	22° 39'39''	52° 07'59''	299	1980-2010
02352017*	Paranavaí	23° 05'00''	52° 26'00''	480	1980-2010
02351053	Rolândia	23° 12'00''	51° 27'00''	653	1980-2010
02351065	Santa Fé	23° 02'25''	51° 48' 20''	485	1980-2010

Devido à inexistência dos dados de temperatura ao longo da bacia hidrográfica, realizou-se uma estimativa de temperatura média mensal por meio do método de Ometto (1981), que considera uma variação de 0,65°C a cada 100 metros de altitude. A base para as estimativas de temperatura dos postos pluviométricos foram as Estações Climatológicas de Apucarana, Maringá e Paranavaí, sendo que cada posto teve como parâmetro a Estação Climatológica mais próxima. Os dados e as estimativas de temperatura e os dados de pluviosidade serviram como base de entrada para a realização dos métodos de classificação climática.

A classificação climática de Köppen (1918) divide o globo terrestre em cinco zonas fundamentais de clima (Tropical, Temperado, Frio, Polar e Seco), levando em consideração as características específicas de temperatura e precipitação de uma determinada localidade ou região.

Esta metodologia leva em consideração **P** = precipitação anual em cm e **T** = temperatura anual em °C. Seus critérios consideram ainda as seguintes condições de precipitação: **Condição 01**

aplica-se em regiões em que a precipitação dos seis meses mais frios do ano (inverno) corresponde a 70% do total anual. Se a Condição 1 for verdadeira e se P é maior que $2T$, então o clima é A, C ou D; se $2T$ é menor que P , então o clima é Bs (estepe); e se P é menor que T , então o clima é Bw (desértico); **Condição 2** aplica-se em regiões em que a precipitação dos seis meses mais quentes do ano (verão) corresponde a 70% do total anual. Se a condição 2 for verdadeira e se P é maior que $2(T+14)$, então o clima é A, C ou D; se $T+14$ for menor que P , então o clima é Bs (estepe); e se P é menor que $T+14$, então o clima é Bw (desértico); **Condição 3**: quando não se aplica nenhuma das condições acima. Se a condição 3 for verdadeira e se P é maior que $2(T+7)$, então o clima é A, C e D; se $T+7$ é menor que P e menor que $2(T+7)$, então o clima é Bs (estepe); e se P é menor que $T+7$, então o clima é Bw (desértico).

O sistema classificatório de Köppen (1918) é composto por três chaves que variam em conformidade com a temperatura média do mês mais frio ou mais quente e ao total pluviométrico anual e sua distribuição mensal, como seguem as seguintes chaves:

A primeira chave é composta das seguintes tipologias:

A - Climas tropicais: a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C ; **B - Climas secos:** limites determinados em função da temperatura e precipitação mencionados nas condições acima; **C - Climas temperados ou Subtropicais:** a temperatura do mês mais frio está entre 18°C e -3°C ; **D - Climas frios:** a temperatura do mês mais quente é inferior a 10°C e a temperatura do mês mais frio é inferior a -3°C ; **E - Climas polares:** a temperatura média do mês mais quente é inferior a 10°C ; **H - Climas de grandes altitudes.**

A segunda chave é determinada em conformidade com a composição da primeira chave e segue os seguintes critérios:

A – Climas tropicais: **f** indica ausência de estação seca, com todos os meses com pluviosidade superior a 6 cm (60 mm) de precipitação; **m** é adotada quando a precipitação anual é maior que 10 vezes a precipitação do mês mais seco e o mês mais seco tem precipitação menor que a 6 cm ou 60 mm; **w** é utilizada quando a precipitação anual é menor que 10 vezes a precipitação do mês mais seco e o mês mais seco tem precipitação menor que 6 cm ou 60 mm; **B - Climas secos:** **s** e **w** é atribuído em conformidade às condições 1, 2 e 3; **C - Climas temperados** e **D – Climas frios:** **s** é empregada quando as precipitações são de inverno e a precipitação do mês mais chuvoso do inverno é igual ou maior que três vezes a precipitação do mês mais seco do ano, tendo este, porém, um total menor que 3 cm; **w:** quando as chuvas são de verão e a precipitação do mês mais chuvoso do verão é igual ou maior que 10 vezes a precipitação do mês mais seco, tendo este total de

precipitação inferior a 3 cm; **f**: úmido, quando s ou w não se aplicam; **E - Climats polares**, com as atribuições **F**: quando todos os meses tem temperatura média abaixo de 0°C e **T**: quando o mês mais quente temperatura entre 0°C e 10°C.

A terceira chave é composta da seguinte forma:

a: verão quente e o mês mais quente com temperatura superior a 22°C; **b**: verão moderadamente quente com a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e meses mais frios com temperaturas superiores a 10°C; **c**: verão breve e moderadamente frio, com menos de 4 meses com temperatura maior que 10°C; **d**: inverno muito frio, onde o mês mais frio tem temperatura inferior a - 38°C.

Os dados e as estimativas de temperatura e os dados de precipitação possibilitaram a realização do balanço hídrico climático, que realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), indicou os valores normais da evapotranspiração potencial, excedente e deficiência hídrica, elementos básicos para o sistema classificatório de Nimer e Brandão (1985). A obtenção do balanço hídrico climático foi calculado a partir do programa “BHnorm” elaborado em formato de planilha eletrônica por Rolim; Sentelhas e Barbieri (1998) e utilizando-se como parâmetro a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

O método desenvolvido por Nimer e Brandão (1985) está fundamentado no sistema classificatório de Thornthwaite (1948), com seus principais valores climáticos sendo estabelecidos por: índice de umidade efetiva (Im), eficiência termal anual (Et), índice de aridez (Ia) e a concentração da eficiência termal do verão (CETv). Os cálculos que determinam os parâmetros para o estabelecimento das chaves componentes do sistema classificatório de Nimer e Brandão (1985) são os mesmo que o método de Thornthwaite (1948), sendo que o diferencial está nos intervalos atribuídos a cada símbolo, o que se deve a uma adaptação às características climáticas do território brasileiro. O índice de umidade (Ia) (1), que representa a primeira chave da classificação, é determinado pela relação entre o excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF) e a evapotranspiração potencial anual (EP). A segunda chave da classificação é a eficiência termal, que é mensurada pela evapotranspiração potencial anual (Tabela 2).

$$Im = \frac{(EXC * 100) - (DEF * 60)}{EP} \quad (1)$$

EP

Tabela 2: Tipos climáticos, seus intervalos e simbologia, conforme Nimer e Brandão (1985).

Im (%)	Símbolo	Tipo de Clima	Et (mm)	Símbolo	Tipo de Clima
> 160	A ₄	Quarto Superúmido	> 1710	A ₅	Quinto Megatérmico
160 a 140	A ₃	Terceiro Superúmido	1567 a 1710	A ₄	Quarto Megatérmico

140 a 120	A ₂	Segundo Superúmido	1425 a 1567	A'₃	Terceiro Megatérmico
120 a 100	A ₁	Primeiro Superúmido	1282 a 1425	A'₂	Segundo Megatérmico
100 a 80	B ₄	Quarto Úmido	1140 a 1282	A'₁	Primeiro Megatérmico
80 a 60	B ₃	Terceiro Úmido	997 a 1140	B'₄	Quarto Mesotérmico
60 a 40	B ₂	Segundo Úmido	855 a 997	B'₃	Terceiro Mesotérmico
40 a 20	B ₁	Primeiro Úmido	712 a 855	B'₂	Segundo Mesotérmico
20 a 0	C ₂	Subúmido Úmido	570 a 712	B'₁	Primeiro Mesotérmico
0 a - 20	C ₁	Subúmido Seco	427 a 570	C'₂	Segundo Microtérmico
-20 a -40	D	Semi-árido	285 a 427	C'₁	Primeiro Microtérmico
-40 a -60	E	Seco	142 a 285	D'	De Tundra
			<142	E'	De Gelo

A primeira subchave de classificação climática é atribuída pelo índice de aridez (Ia), obtido pela relação entre os totais anuais de deficiência da água e da evapotranspiração potencial (2). A segunda subchave (CETv) é determinada pela proporção de evapotranspiração potencial concentrada no verão (Tabela 3).

$$Ia = 100 * \frac{DEF}{EXC} \quad (2)$$

EXC

Tabela 3: Subtipos climáticos, seus intervalos e simbologia, conforme Nimer e Brandão (1985).

Índice de Aridez (%)	Significado e Símbolo		CETv (%)	Símbolo
0	Nenhum déficit de água	r ₁	< 48	a'
0 a 16,7	Pouco déficit de água	r ₂	48 a 51,9	b'₄
16,7 a 33,3	Moderada deficiência de água no verão	s	51,9 a 56,3	b'₃
16,7 a 33,3	Moderada deficiência de água no inverno	w	56,3 a 61,6	b'₂
> 33,3	Grande deficiência no verão	s ₂	61,6 a 68	b'₁
> 33,3	Grande deficiência no inverno	w ₂	68 a 76,3	c'₂
			76,3 a 88	c'₁
			> 88	d'

O método classificatório de Nimer (1972), basicamente, delimita o clima de forma quantitativa, utilizando-se da temperatura e precipitação, e qualitativamente, por considerar a quantidade de meses secos (distribuição da pluviosidade) e a circulação atmosférica. Este sistema classificatório é composto por três partes:

1 - Delimitação em conformidade com a variedade térmica, na qual se utilizam as isotermas referentes às médias mensais do mês mais frio: **Clima quente** para média superior a 18°C em todos os meses; **Clima subquente** para média entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês; **Clima**

mesotérmico, brando para média entre 10°C e 15°C; **Clima mesotérmico, médio** para média menor que 10°C.

2 - Classificação quanto ao maior ou menor grau de umidade, considerando-se a existência ou não de estação seca ou de estação subseca. Para a estação seca, classifica-se qualquer mês cujo total de precipitação em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em °C ($P \leq 2T$). Para a determinação de subseca os dados devem cumprir dois requisitos básicos. Primeiro, os locais estudados não devem possuir sequer um mês seco. A localidade cumprindo a primeira exigência, deve ainda, num segundo momento, apresentar os meses em que $P \leq 3T$, que são considerados subsecos. Sendo assim, o método classificatório segue a seguinte hierarquia: **Clima superúmido** quando não há seca; **Clima superúmido** com subseca; **Clima úmido** com 1 a 2 meses secos; **Clima úmido** com 3 meses secos; **Climas semiúmido** com 4 a 5 meses secos; **Clima semiárido brando:** com 6 meses secos; **Clima semiárido, mediano** com 7 a 8 meses secos; **Clima semiárido forte** com 9 a 10 meses secos; **Clima semiárido, muito forte, ou quase desértico** com 11 meses secos; **Clima desértico** com 12 meses secos.

3 - Em virtude das dificuldades em se encontrar os verdadeiros limites destes climas, o terceiro componente do sistema classificatório busca o apoio no entendimento da circulação atmosférica, análise do regime da distribuição das chuvas e temperatura durante as estações, relacionando com suas fontes dinâmicas de origem. Esta terceira variável foi determinada a partir de pressupostos teóricos provenientes de revisão bibliográfica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do sistema de classificação climática de Köppen (1918) permitiu dividir a bacia hidrográfica do rio Pirapó em duas áreas de tipologias climáticas distintas. Em grande porção da bacia obteve-se a tipologia climática Ama, que corresponde ao clima Tropical com inverno seco, com temperatura do mês mais frio acima dos 18°C e temperatura do mês mais quente acima dos 22°C, e precipitação pluviométrica concentrada nos meses de verão e significativa redução nos meses de inverno. Nas áreas mais elevadas, com cotas acima de 650 metros, a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, com tendência de concentração de chuvas no verão, sem estação seca bem definida. O conjunto dessas características define o clima com Cfa (Subtropical quente) (**Figura 2**).

A obtenção de tais tipologias climáticas (Ama e Cfa) demonstra nitidamente um quadro de transição climática existente na área de estudo, fator que regula a dinâmica atmosférica e que se atribui à localização da bacia hidrográfica. Embora ocorra uma atuação conjunta, as características obtidas pelas tipologias climáticas de Köppen (1918) para a bacia do rio Pirapó representam a diferença da influência dos sistemas atmosféricos nas diferentes porções desta unidade de paisagem, pois enquanto o clima do setor meridional é mais controlado por sistemas extratropicais (massa de ar Polar Atlântica), o setor setentrional apresenta características que manifestam o domínio de sistemas atmosféricos intertropicais (massas de ar Equatorial Continental, Tropical Atlântica e Tropical Continental).

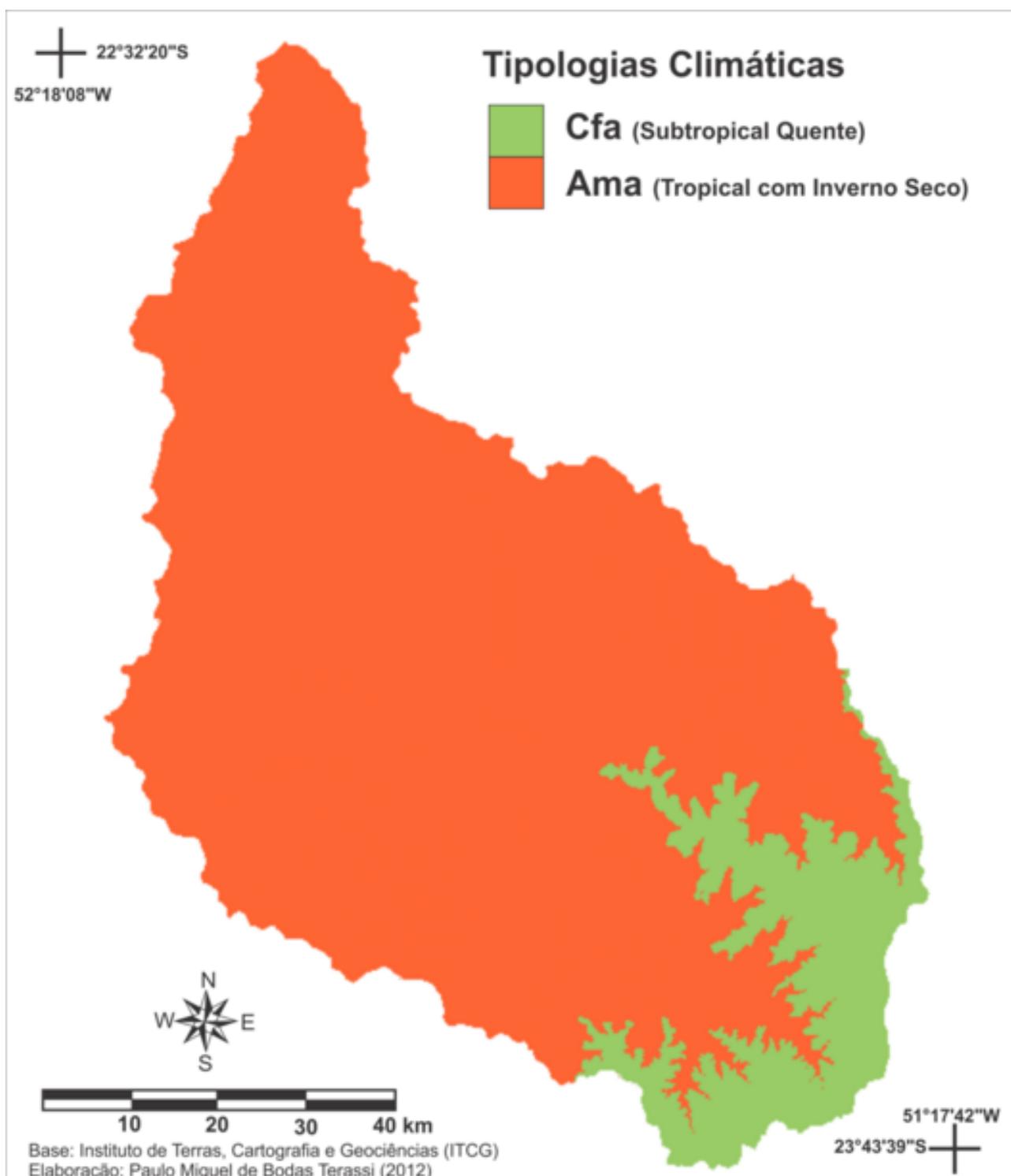


Figura 2: Distribuição da tipologia climática de Köppen (1918) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

O sistema classificatório de Nimer e Brandão (1985), que foi adaptado do método classificatório de Thornthwaite (1948), possibilitou uma maior distinção dos tipos climáticos

existentes na bacia hidrográfica do rio Pirapó e, por ter como base o balanço hídrico climatológico, identifica as áreas com os maiores valores de deficiência ou excedente hídrico (**Figura 3**).

Com as menores médias térmicas e os maiores totais pluviométricos, o setor sul da bacia hidrográfica apresenta os maiores valores de excedente hídrico e os menores de deficiência hídrica, que respondem pelos mais elevados índices de umidade identificados e menores eficiências térmicas identificadas o que lhes atribuem as tipologias $B_4 r_2 B'_3 a'$ (úmido, Mesotérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%) e $B_3 r_2 B'_3 a'$ (úmido, Mesotérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%). As porções que apresentam tais tipologias são as áreas da bacia que apresentam os menores riscos de danos às atividades dependentes da disponibilidade hídrica (**Figura 3**).

A tipologia predominante para a bacia hidrográfica foi B_2 (úmido), abrangendo as porções oeste, centro e leste. No entanto, a composição das chaves do sistema classificatório apresentou diferenciações: $B_2 r_2 B'_3 a'$ (úmido, Mesotérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%) para o setor leste, no qual ocorrem as menores médias térmicas devido às maiores cotas altimétricas; $B_2 r_2 B'_4 a'$ (úmido, Mesotérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%) para a porção central e oeste da bacia, onde as médias térmicas são maiores em relação ao setor leste e ocorre uma redução dos totais pluviométricos e $B_2 r_2 A'_1 a'$ (úmido, Megatérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%) para o setor extremo oeste da bacia, onde se verificou um aumento da eficiência térmica (**Figura 3**).

A gradativa redução dos totais pluviométricos e o aumento das médias térmicas no sentido montante-jusante é notável pelas demais tipologias atribuídas à bacia hidrográfica do rio Pirapó. Esta condição de tropicalização repercute em menores valores do índice de umidade e maiores valores de eficiência térmica. Em parte da porção central da bacia foram obtidas as tipologias $B_1 r_2 A'_1 a'$ (úmido, Megatérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%) (**Figura 3**).

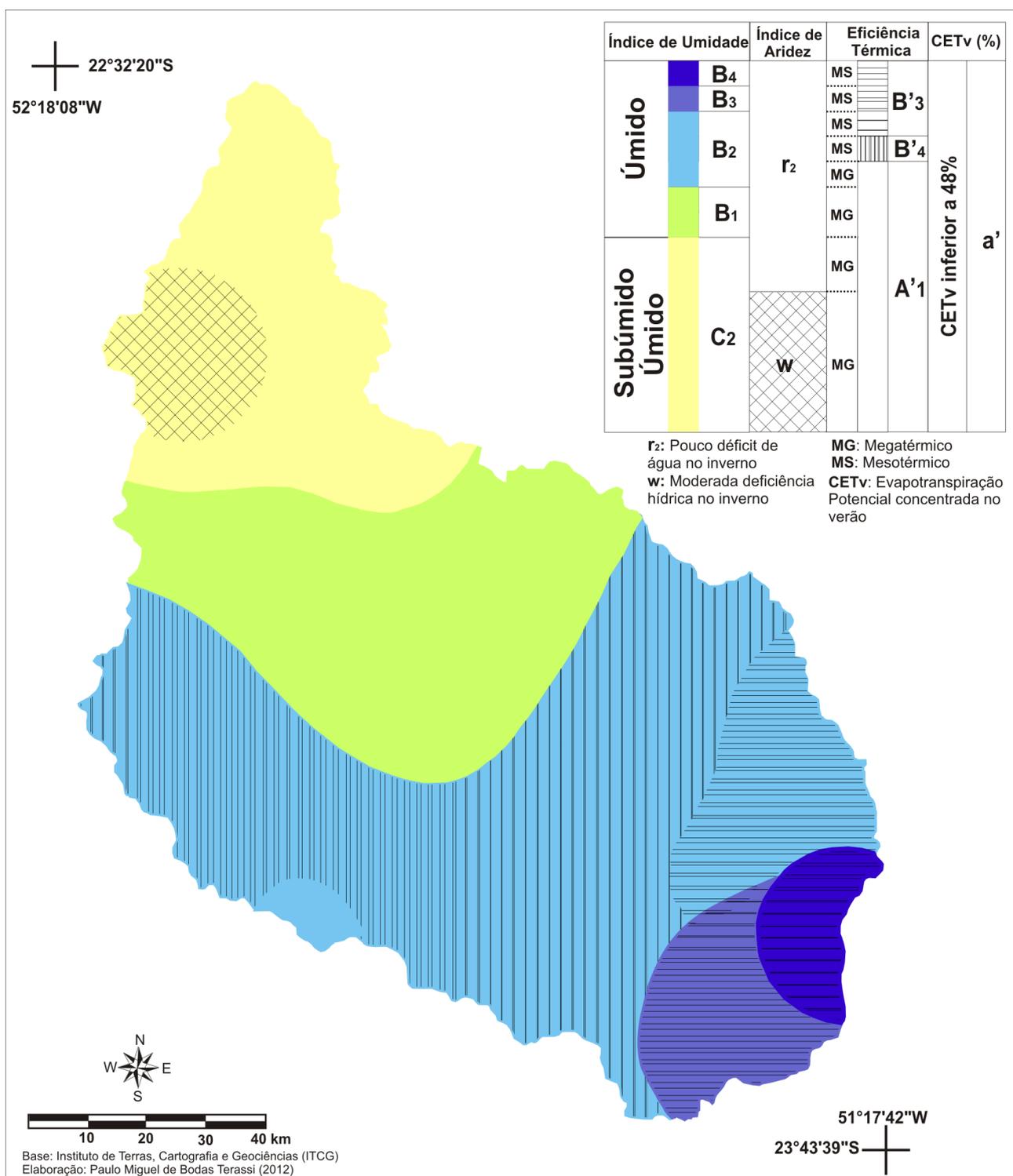


Figura 3: Distribuição da tipologia climática de Nimer e Brandão (1985) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

No setor norte, verificou-se a tipologia $C_2 r_2 A'_1 a'$ (Subúmido úmido, Megatérmico, com pouco déficit de água e evapotranspiração potencial inferior a 48%). A área de maior vulnerabilidade aos períodos de deficiência hídrica corresponde ao setor noroeste da bacia, no qual a combinação da acentuada redução dos totais pluviométricos nos meses de inverno junto a médias térmicas mais elevadas resultaram em valores menores do índice de umidade e valores do índice de aridez mais elevado, indicando a tipologia $C_2 w_2 A'_1 a'$ (Subúmido úmido, Megatérmico, com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração potencial inferior a 48%) (**Figura 3**).

Utilizando-se do método classificatório de Nimer (1972), foi possível identificar quatro diferentes tipologias climáticas, que variaram em conformidade com as características térmicas e pluviométricas, resultantes dos atributos estáticos (latitude e altitude) e da circulação atmosférica (**Figura 4**).

A tipologia climática mais representativa e que ocupa os setores norte, leste, oeste e central da bacia hidrográfica do rio Pirapó é a de clima quente e superúmido com subseca em julho e/ou agosto, período de habitual redução dos totais pluviométricos. Na porção que corresponde ao setor noroeste da bacia, a redução das chuvas no período do inverno é mais significativo, o que representa um quadro de tropicalização, conforme Nimer (1989), e responde pela tipologia de clima quente e úmido com subseca em julho e seca em agosto (**Figura 4**).

As áreas com as maiores cotas altimétricas da bacia, que representam o setor sul, apresentam um clima subquente, com temperatura média mensal do mês mais frio abaixo dos 18°C. Nessas mesmas áreas, a orografia também determina uma tendência de acréscimo dos totais pluviométricos e uma melhor distribuição ao longo do ano em relação às áreas de clima quente, com redução de chuvas nos meses de julho e/ou agosto (subseca). Exceção, a porção situada a sudeste da bacia que apresenta clima subquente sem seca, com totais pluviométricos mais elevados em relação às demais áreas (**Figura 4**).

Em relação à terceira chave componente do sistema de classificação climática de Nimer (1972), referente à circulação atmosférica, os pressupostos teóricos de Nimer (1989) e Zavattini (2004) indicam que há uma atuação conjugada dos sistemas atmosféricos tropicais e polares ao longo de toda bacia sem que ocorra um limite arbitrário. No entanto, as características termo-pluviométricas indicaram que há o predomínio de sistemas intertropicais nos setores norte da bacia, principalmente pela redução das chuvas nos meses de inverno. Além do efeito orográfico, o setor sul da bacia hidrográfica apresenta uma menor redução da pluviosidade nos meses de inverno devido à atuação mais incisiva dos sistemas atmosféricos extratropicais.

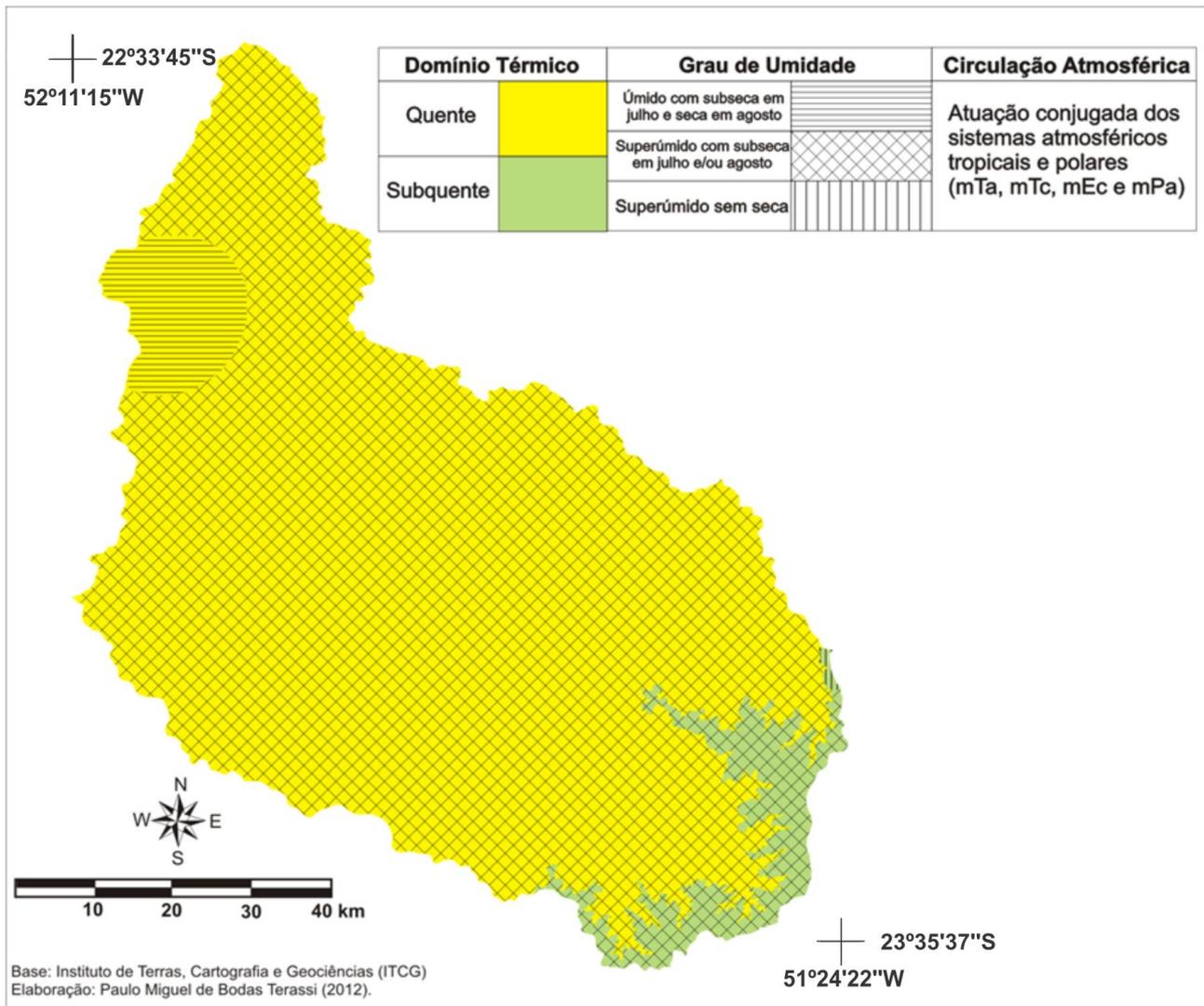


Figura 4: Distribuição da tipologia climática de Nimer (1972) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de classificação climática de Köppen (1918) dividiu a bacia do rio Pirapó em duas áreas com características distintas. A tipologia Ama (Tropical com inverno seco) foi obtida para grande porção da bacia, enquanto as áreas com cotas altimétricas acima de 650 metros obtiveram a tipologia Cfa (Subtropical quente). A obtenção de tais tipologias climáticas demonstra nitidamente um quadro de transição climática existente na área em estudo, o que se atribui à localização geográfica da bacia hidrográfica. Pode-se observar ainda que esse sistema classificatório é o mais generalizador dentre os empregados no presente trabalho.

O método classificatório de Nimer e Brandão (1985), por sua vez, mostrou-se o mais eficiente por dividir a bacia em oito áreas com tipologias climáticas diferentes oferecendo maiores

níveis de detalhes. Os setores situados na porção montante apresentaram os maiores valores do índice de umidade e os menores resultados do índice de aridez, indicando que tais áreas são menos vulneráveis aos eventos de deficiência hídrica. Com uma maior irregularidade pluviométrica e maiores médias térmicas, a porção jusante obteve os maiores índices de aridez e menores índices de umidade, mostrando que tal setor é mais suscetível às estiagens.

Com relação à classificação climática de Nimer (1972), foram obtidas quatro tipologias: quente úmido com subseca em julho e seca em agosto no setor noroeste, quente superúmido com subseca em julho e/ou agosto em grande parte da bacia, subquente superúmido com subseca na porção sul e, subquente superúmido sem seca no setor sudeste. A distribuição espacial dessa tipologia demonstrou que a área situada à jusante da bacia hidrográfica é a mais sujeita aos eventos de estiagem no outono e inverno, período de redução dos totais pluviométricos, enquanto os setores mais elevados são marcados por uma maior regularidade pluviométrica. As características termo-pluviométricas indicaram que há o predomínio de sistemas intertropicais nos setores norte da bacia, principalmente pela redução das chuvas nos meses de inverno. Além do efeito orográfico, o setor sul da bacia hidrográfica apresenta uma menor redução da pluviosidade nos meses de inverno devido à atuação mais incisiva dos sistemas atmosféricos extratropicais.

Observou-se, portanto, que as áreas situadas à jusante são as que apresentam as maiores médias térmicas e os menores totais pluviométricos, que somados atribuem a essa área os maiores riscos de eventos de estiagem, sobretudo no período de inverno. Inversamente, a porção montante detém os maiores totais pluviométricos, uma distribuição pluviométrica mais regular, além de menores médias térmicas, apresentando assim, uma menor vulnerabilidade aos períodos de deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para trópicos**. 1ªEd., Rio de Janeiro, Editora Difel, 1986. 332p.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências) Áreas Oficiais das Bacias Hidrográficas. 2012. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 04 de dezembro de 2012.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, pp. 193-203, 1918.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba, Clichês. 1968. 350p.

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

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia.** Rio de Janeiro, v. 31, n.277: pp.141-153, mar/abril, 1972.

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

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

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

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, pp.133-137, 1998.

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

SANTOS, R.L. Estudo comparativo de dois métodos de análise climática utilizados na agricultura: a curva ombrotérmica e o balanço hídrico. **Boletim de Geografia Teórica.** v. 25, n.49-50, pp. 253-266, 1995.

STRAHLER, A. N. **Physical Geography.** New York: John Willey & Sons, 1951. 442p.

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

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Centerion,** v.8, nº. 1, pp.1-86.1955.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e aplicações brasileiras.** São Paulo: Nobel, 1984. 372p.

VIANELLO, R.L., ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2004. 449p.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil.** 1ª Ed. Campinas, Editora Alínea, 2004. v.1. 398p.