

# CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA BACIA DO ALTO PARAGUAI\*

*CARLO RALPH DE MUSIS\*\**

*JOSÉ HOLANDA CAMPELO JÚNIOR\*\*\**

*NICOLAU PRIANTE FILHO\*\*\*\**

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o clima da Bacia do Alto Paraguai a partir de séries climatológicas coletadas por diversas instituições entre 1961 e 1994. A análise de homogeneidade das séries foi utilizada para superar deficiências como o número reduzido de dados nos postos e estações, a frequência excessiva de interrupções, permitindo selecionar apenas as séries cuja variabilidade dos dados fosse aleatória. Para a análise de homogeneidade foi utilizado o teste de iterações de Wald-Wolfowitz para séries que não possuíam interrupções, o teste bilateral de Smirnov para as séries com uma interrupção e o teste de Kruskal-Wallis quando a série apresentou mais de uma interrupção. Estas séries estavam armazenadas em diversas mídias e formatos de arquivos, os quais foram unificados por meio de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional, o qual foi utilizado como ambiente para rotinas de cálculo da evapotranspiração (método de Penman) e classificação climática (método de Thornthwaite). Com o uso de softwares de análise estatística, programação orientada a objeto, projeto assistido por computador e análise espacial, as séries climatológicas selecionadas permitiram elaborar mapas de isolinhas para precipitação total mensal e anual, temperatura média mensal e anual, temperatura máxima média mensal e anual, temperatura mínima média mensal e anual, evapotranspiração potencial média mensal e anual, precipitação total média nos dois trimestres mais chuvosos e um mapa de zonas climáticas de Thornthwaite da Bacia do Alto Paraguai.

**Palavras-chaves:** Bacia do Alto Paraguai – Climatologia.

---

\* Extraído da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à UFMT – Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, em abril de 1997.

\*\* Eng. Civil, Mestre, UFMT, Departamento de Estatística, 78060-900 – Cuiabá, MT.

\*\*\* Eng. Agrônomo, Doutor, UFMT, Departamento de Solos e Engenharia Rural., 78060-900 – Cuiabá, MT.

\*\*\*\* Físico, Doutor, UFMT, Departamento de Física., 78060-900 – Cuiabá, MT.

## Abstract

### Description of Alto Paraguay Basin Climate

This paper aim characterizes the Alto Paraguai Basin climate from climatic series between 1961 and 1994, collect by official organs. The reduced number of data in stations, and the excessive interruption frequency was attenuate in the homogeneity analysis that allowed select only the series which data variability was random. For the homogeneity analysis, to uninterrupted series it was used the Wald-Wolfowitz iteration test; the Smirnov bilateral test to series with one interruption and the Kruskal-Wallis test when the series had more than one interruption. These series was stored in many midia and forms files, that was unified with a Relational Database Manager System, which was used as environment to the evapotranspiration calculate routine (Penman method), and the climatic classification (Thornthwaite method). With statistical analysis software, object oriented programming (OOP), computer assign design (CAD), and space analysis, the results allowed elaborate isolines maps for monthly and annual precipitation, average temperature, plus temperature, minimum temperature, average potential evapotranspiration; to the two most rainy trimesters total average precipitation and a Thornthwaite climatic zone map of the Alto Paraguai Basin.

**Key-words:** Alto Paraguai Basin – Climatology.

## 1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Alto Paraguai (BAP) corresponde a uma extensa área situada entre as Repúblicas do Brasil, Paraguai e Bolívia, formada pelos rios Paraguai, Uruguai e Paraná.

A região é composta por planaltos e planícies. A vegetação natural nos planaltos é o cerrado, onde se desenvolve uma pecuária de corte extensiva, alicerçada em pastagens artificiais, e uma agricultura comercial em que predominam os monocultivos anuais de soja e milho. As planícies delimitam o Pantanal Mato-Grossense, que se caracteriza por uma riqueza e diversidade de fauna que tem estimulado o desenvolvimento de atividades turísticas. A pesca artesanal e a pecuária extensiva, com base em pastagens naturais, são as outras atividades econômicas importantes na região (BRASIL, 1996).

Os problemas da degradação do meio ambiente tem sido alvo de muitos estudos envolvendo parcerias de instituições de diversos países. Dentre estes estudos destaca-se o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP), elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMA), de Mato Grosso, visando ações de desenvolvimento na área e a implementação de atividades capazes de conter e/ou minimizar o impacto das ações antrópicas atuais, de modo a viabilizar (orientar) a implantação de um modelo ecosustentado de desenvolvimento. Um dos aspectos contemplados neste plano foi a caracterização climatológica da BAP.

A caracterização do clima da Bacia do Alto Paraguai (BAP) constitui em uma das etapas fundamentais do PCBAP, uma vez que a carência de informações climatológicas, emperra qualquer tipo de avaliação/planejamento para o meio ambiente em uma determinada região.

Além da predição climatológica, outros estudos como os de caracterização climática, irrigação e zoneamento agrícola dependem de parâmetros climáticos provenientes de séries climatológicas. Estas séries climatológicas permitem uma avaliação da realidade climática, servindo de referência básica para projetos agrônômicos.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui estações climatológicas localizadas em pontos estratégicos do território brasileiro, nas quais são medidas diariamente variáveis climatológicas como insolação, temperatura ambiente, precipitação, umidade relativa do ar, etc. O custo da implantação dessas estações, a dificuldade na operação sistemática de seus equipamentos, principalmente em locais de difícil acesso, são fatores limitantes para se ter um número de estações climatológicas deste tipo compatíveis com o tamanho do território em estudo. A maior parte dos dados coletados nessas estações estavam disponíveis sob forma de planilhas manuscritas até o momento da realização deste trabalho.

Por outro lado o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE) possui estações em número bem maior que o INMET na região, e praticamente todos estes dados já estão disponíveis em mídia magnética, sendo no entanto, medidas na maioria dos casos, apenas variáveis de precipitação local.

Uma série de observações diárias para uma variável climatológica provenientes de uma mesma estação climatológica<sup>1</sup>, deve apresentar diferenças entre seus dados apenas devido a efeitos randômicos. Esta homogeneidade, segundo ESSENWANGER (1986), é um pré requisito de que para toda amostra de dados os processos físicos são os mesmos.

NIEUWOLT (1977) afirma que na maior parte dos trópicos um mínimo de 30 anos de dados é necessário para obter uma indicação precisa da média real. Uma das maiores dificuldades relacionadas com a caracterização climatológica da BAP é o número reduzido de séries associado ao volume acentuado de falhas nestas séries.

GUERRINI (1978) traçou isoietas da Bacia do Alto Paraguai utilizando 125 postos pluviométricos onde figuravam séries de 3 anos.

CADAVID GARCIA (1984) utilizou 81 séries para caracterizar as frequências de chuva no Pantanal.

CAMPELO JR. (1993) analisou 217 séries disponíveis no Estado de Mato Grosso e verificou que, até 1987, mais da metade delas tinha menos de 11 anos, 65% se concentravam no Sul de Mato Grosso, 20% apresentavam interrupção e 65 séries com mais de 10 anos poderiam descrever o regime de chuvas no Estado.

Existem diversas situações em experimentos onde muito pouco se conhece sobre o tipo e a forma do modelo teórico do experimento, e os dados presentes geralmente são insuficientes para determinar a natureza exata da função de distribuição. As técnicas não-paramétricas se adequam muito bem a estas situações, uma vez que resultam em conclusões as quais requerem um mínimo de qualificação (GIBBONS, 1951; SIEGEL, 1956; EFRON, 1981; EFRON *et al.*, 1983; PREISENDORFER *et al.*, 1983; ESSENWANGER, 1986). Desta forma, o uso de métodos não-paramétricos que permitam o aproveitamento máximo destas séries assim como detectar qualquer fonte física de não-homogeneidade das séries é de grande importância.

As séries climatológicas se caracterizam por um elevado de volume de informações, cuja manipulação se torna uma tarefa difícil ou mesmo inviável, utilizando-se somente de recursos manuais. A organização dos dados climatológicos em sistemas de bancos de dados relacionais (SBDR), fornece mais rigor na manutenção da integridade dos dados, assim como disponibiliza os dados da maneira dese-

---

<sup>1</sup> Ou seja, submetida as mesmas condições climáticas.

jada de forma rápida e precisa, apresentando uma estratégia eficiente de gerência destas informações, dando suporte a operações específicas na análises de séries temporais.

O uso de um Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados Relacionais (SBDR), entretanto, implica no uso de uma série de técnicas e variáveis próprios do modelo relacional (CODD, 1991). Desta forma, a montagem de um SBDR aplicado ao estudo de séries temporais exige um processo de modelagem próprio do modelo relacional, assim como a necessidade de disponibilizar os dados para análises estatísticas, exige uma adequação da saída dos dados para as características de cada software estatístico.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o clima da Bacia do Alto Paraguai, utilizando recursos de softwares como: Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacional, Sistema de Análise Estatística, Programação Orientada a Objetos, Projeto Assistido por Computador (*Computer Assign Design, CAD*) e Análise Espacial.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

A Bacia do Alto Paraguai possui uma extensão de aproximadamente 496.000 km<sup>2</sup>, dos quais 396.800 km<sup>2</sup>, pertencem à República do Paraguai e Bolívia. A porção brasileira se situa entre as latitudes 14 e 22 Sul e as longitudes 53 e 60 Oeste, sendo 207.249 km<sup>2</sup> no Estado de Mato Grosso do Sul e 189.551 km<sup>2</sup> no Estado de Mato Grosso, com 64% da área sendo constituída de planaltos e 36% de planícies.

As informações existentes em trabalhos anteriores e a sua atualização junto aos órgãos públicos do setor, permitiram identificar na região, a existência de 420 postos pluviométricos do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAE), do Ministério de Minas e Energia, em 27 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

### 2.1. Aquisição de dados, avaliação da evapotranspiração e classificação climática

As séries das variáveis temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, insolação, intensidade do vento e pressão atmosférica foram obtidos junto a Rede de Estações Climatológicas Principais do 5º Distrito de Meteorologia de Cuiabá - 5º DISME/MT, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/MARA.

As séries de precipitação pluviométrica foram levantadas junto ao cadastro das Estações Hidrometeorológicas do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE do Ministério das Minas e Energia -MME.

A evapotranspiração potencial foi avaliada a partir das séries de temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa, insolação, intensidade do vento e pressão atmosférica, utilizando-se a Equação de Penman (PENMAN, 1948).

A classificação climática da bacia do Alto Paraguai foi feita segundo os critérios de Köppen (1913) e de Thornthwaite (1933), nos quais a configuração climática adota um enfoque empírico baseado na combinação de elementos climáticos. A classificação de Köppen está associada a valores temperatura do ar e da precipitação para determinar os limites de cada tipo climático, enquanto a classificação de Thornthwaite utiliza índices fornecidos a partir do balanço hídrico médio anual.

## 2.2. Seleção das séries climatológicas

Séries climatológicas podem ser definidas como uma simples série de dados consistindo de um valor climatológico para cada ano de um registro considerado. Desta forma as séries climatológicas não são nada mais que uma amostra de uma população simples, da qual se assume de extensão infinita e contendo propriedades climatológicas (THOM, 1965; CAMPELO JÚNIOR, 1993).

As séries climatológicas de observações diárias foram agregadas em períodos mensais e anuais. Os totais ou médias mensais foram obtidas a partir dos valores diários, desconsiderando-se, os totais ou médias do mês, quando não se existia a observação de um determinado dia.

Para a seleção das séries temporais utilizou-se um Query SQL que organizou uma tabela de dupla entrada (Estações/Ano) para cada variável, permitindo a visualização mais global dos dados e conseqüente verificação das interrupções presentes nas séries temporais. A partir daí, aplicou-se um filtro para a estação e o intervalo temporal permitindo a análise individualizada de cada série temporal.

Neste trabalho foram consideradas apenas os intervalos com mais de 7 registros (SIEGEL, 1956).

Para este trabalho foram utilizados os seguintes testes não-paramétricos:

Para as séries que não possuíam interrupções a homogeneidade foi avaliada a partir do teste iterações de Wald-Wolfowitz a um nível de significância de 10%.

Para os casos das séries apresentarem uma interrupção, foi utilizado o teste bilateral de Smirnov para duas amostras, a um nível de significância de 10%.

Quando a série apresentou mais de uma interrupção foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, a um nível de significância de 10%.

### 2.3. Cálculo das isolinhas.

A partir do BD SÉRIES CLIMATOLÓGICAS e do BD ESTAÇÕES foram criados arquivos contendo informações espaciais das estações assim como uma variável climatológica.

Considerando a pequena disponibilidade de observações de temperaturas máxima, mínima e média do ar na bacia do Alto Paraguai e sua vizinhança, equações de regressão linear múltipla entre a variável climatológica e os parâmetros altitude e latitude local foram ajustados a partir do banco de séries climatológicas selecionadas pela análise de homogeneidade (VASCONCELLOS & TARIFA, 1983 e ALFONSI et al., 1974).

As equações de regressão linear múltipla ajustadas foram do tipo:

$$T = a \cdot Hz + b \cdot LAT + c$$

Onde T, Hz, LAT correspondem respectivamente, variável climatológica (°C), altitude (m) e latitude em graus e décimos; e a, b, c a constantes provenientes da análise estatística.

As equações obtidas foram aplicadas em um arquivo contendo cerca de 10.000 registros de altitude e latitude para a Bacia do Alto Paraguai e vizinhança, para obter as isolinhas pelo método de Kriging, variograma linear (WEBSTER, 1985). O tamanho do grid foi escolhido de forma a se eliminar o excesso de manchas espúrias no mapa.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística permitiram selecionar 282 postos pluviométricos do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e 18 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### 3.1. Análise temporal dos dados de clima

A análise das séries temporais teve por finalidade selecionar os dados para obtenção dos valores médios, mensais, sazonais e anuais das variáveis climatológicas, a variação temporal e espacial das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, evapotranspiração e precipitação pluviométrica na área da Bacia do Alto Paraguai.

A análise de homogeneidade realizada em séries climatológicas incluiu a verificação de tendências diversas e outros problemas que poderiam impossibilitar a utilização dos dados coletados em estações ou postos.

Em função do número reduzido de dados nas séries dos demais postos ou estações, foram selecionados preliminarmente 282 postos pluviométricos e 18 estações climatológicas, para caracterizar o clima da região. Em seguida, as análises estatísticas não-paramétricas foram realizadas para cada variável, em cada mês, para cada posto pluviométrico ou estação climatológica. Assim sendo, para os dados de precipitação foram realizadas 3382 análises (12 x 282), para as 12 séries mensais dos 282 postos pluviométricos. Para as 18 estações climatológicas, o total de análises foi de 864 (12 x 18 x 9), uma vez que foram analisadas 9 variáveis (temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa, velocidade do vento, pressão atmosférica, evaporação, insolação e precipitação) em cada estação.

Os resultados encontrados apresentaram variações para as diferenças significativas, indo desde 12,5% das séries, no caso da variável temperatura máxima, até 24,5% das séries, no caso da temperatura mínima. Os casos mais críticos foram encontrados para a evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penman, para os meses de janeiro, agosto e outubro, onde apenas 8 estações apresentaram séries utilizáveis, entre as quais o tamanho das séries do mês de agosto das estações de Corumbá, Três Lagoas e Ponta Porã foi de apenas 10 anos. Esses casos se justificam pela própria natureza da variável, pois se trata de uma variável que só pode ser calculada se os dados de temperatura, insolação, velocidade do vento e umidade do ar estiverem disponíveis, ao mesmo tempo, ou seja, trata-se de uma série que é o resultado da intersecção dos conjuntos das séries das outras quatro variáveis.

As análises das séries de precipitação revelaram que, entre os 282 postos pluviométricos, 15 não poderiam ser utilizados para caracterizar o regime de chuvas em nenhum dos meses do ano. Outros 103 postos apresentaram séries heterogêneas em pelo menos um mês. Os 164 postos restantes apresentaram séries homogêneas em todos os meses do ano. Desse modo o traçado das isoietas mensais foi efetuado com um número de postos pluviométricos que variou entre 228 (junho) e 241 (maio). Os postos com séries com menos de 7 anos não foram utilizados.

As estações climatológicas ou os postos pluviométricos onde as séries em um ou mais meses foram descartadas, se encontravam distribuídos de modo aleatório em toda a região. Em parte desses casos, a causa de eliminação foi a excessiva frequência de inexistência de dados, em consequência de falhas de equipamento ou do observador, inviabilizando a obtenção do total mensal. Em outros casos foi possível observar alguma tendência de aumento, ou de redução, ou de aumento seguido de redução ou vice-versa, que não se comprovava nas estações vizinhas e que provavelmente poderia ser configurada apenas como uma oscilação aleatória se a série fosse mais extensa.

No presente estudo, portanto, considerou-se que, a longo prazo, a variação temporal dos parâmetros climatológicos não caracterizou qualquer tendência de



aumento ou redução, além daquela dos ciclos sazonais caracterizados nos regimes térmico e hídrico.

### 3.2. Distribuição espacial dos dados considerados

Os 282 postos pluviométricos utilizados na bacia encontram-se distribuídos conforme se vê na Tabela 1, onde se verifica que há tendência de concentração no sentido Norte-Sul e no sentido Oeste-Leste.

As faixas de dois graus de latitude e longitude usadas na Tabela 1 representam área de aproximadamente 50.000Km<sup>2</sup>, que permitem indicar que a densidade de postos pluviométricos variou de 1:10.000Km<sup>2</sup> na extremidade Noroeste até 1:1000Km<sup>2</sup> na extremidade Sudeste. Desse modo, as isolinhas traçadas no Sudeste podem refletir mais fielmente a distribuição das chuvas do que as isolinhas do Noroeste da bacia.

No que diz respeito às 18 estações climatológicas, verifica-se pela Tabela 2 que, até 1994, havia uma maior concentração no Sul de Mato Grosso e no Sul de Mato Grosso do Sul.

**Tabela 1 - Número de postos pluviométricos na Bacia do Alto Paraguai até 1994, distribuídos por sub-áreas geográficas**

Latitude Sul (em graus)	Longitude Oeste (em graus)			Total
	>56	56 - 54	<54	
<14	5	6	11	22
14 - 16	32	13	10	55
16 - 18	17	16	16	49
18 - 20	17	8	16	41
>20	17	47	51	115
Total	88	90	104	282

**Tabela 2 - Número de estações climatológicas na Bacia do Alto Paraguai até 1994, distribuídas por faixas de latitude**

Faixas de Latitudes					
<14	14-16	16-18	18-20	>20	Total
2	5	1	4	6	18

É conveniente salientar que a ampliação das séries disponíveis foi alcançada em função da metodologia empregada na análise de homogeneidade, onde os princípios utilizados permitiram desconsiderar a idéia de necessidade de um período histórico comum a todas as estações ou postos pluviométricos já que as variações observadas foram de natureza aleatória.

As equações de regressão para as variáveis temperaturas máxima, mínima e média do ar, com coeficiente de correlação maior que 0,8. Para os meses com coeficiente de correlação menor que 0,8 utilizou-se, para o traçado das isotermas, somente os valores médios calculados para as posições correspondentes as estações do INMET. Este procedimento também foi adotado para o traçado das isolinhas correspondentes a precipitação, sendo que, para esta última, considerou-se os valores obtidos nas posições correspondentes às estações do DNAEE.

Foram elaborados 71 mapas na escala de 1:2.500.000 Km<sup>2</sup> (BRASIL, 1996), com as isolinhas correspondentes a temperatura média mensal, temperatura média anual, temperatura máxima média mensal, temperatura máxima média anual, temperatura mínima média mensal, temperatura mínima média anual, precipitação total média mensal, precipitação total média anual, precipitação total média nos dois trimestres mais chuvosos, evapotranspiração potencial média anual, evapotranspiração potencial média anual, Elaborou-se também um mapa com zonas de classificação climática segundo Thornthwaite

### 3.3. Regime hídrico

A precipitação média anual na Bacia do Alto Paraguai - BAP varia de 800 a 1600 mm, apresentando uma distribuição espacial diretamente relacionada com o relevo da região, com um total anual de 1400 a 1600 mm na parte alta, nas encostas circundantes do Parecis e Chapada dos Guimarães no norte, São Jerônimo e Maracaju a leste e na Serra do Bodoquena ao sul, com altitudes maiores que 500 metros e, um total entre 800 a 1200 mm na parte baixa da BAP que engloba toda a área do Pantanal Matogrossense.

O regime da precipitação é tipicamente tropical apresentando dois períodos distintos, um chuvoso que inicia em outubro e se estende até março, onde ocorre em torno de 80% do total anual e, um seco nos meses de abril a setembro. O trimestre mais chuvoso em toda a BAP compreende os meses de dezembro, janeiro e fevereiro com cerca de 50 % do total anual das chuvas no norte e na parte central e, de 30% no sul; o que mostra uma melhor distribuição das chuvas nos meses do ano no sul da BAP, onde se observa uma maior incidência de sistemas frontais provenientes do sul do continente.

O mês com maior índice pluviométrico em toda a BAP é janeiro com uma precipitação média de 150 a 250 mm, respectivamente, no sul e norte e, o mais seco é julho com uma média de 10 a 40 mm, respectivamente, no norte e sul da BAP.

### *3.4. Regime Térmico.*

A temperatura média anual na BAP varia de 22°C a 25°C. Sendo bem nítida a influência do relevo, com valores mais altos em toda a planície do Pantanal Matogrossense.

Ao longo do ano observa-se que o mês mais quente na maior parte da BAP é outubro, com temperatura média entre 23°C e 27°C e, o mais frio é julho, com temperatura média variando de 17°C a 22°C; sendo que a amplitude das temperaturas médias mensais no ano é de cerca de 4°C no norte e de 7°C no sul, o que é indicativo de uma maior incidência de massas de ar frio no sul da região.

A temperatura máxima média anual varia de 29°C a 32°C, sendo que as temperaturas maiores ocorrem na planície do Pantanal e no norte da região. As máximas médias mensais oscilam de 30°C (julho) a 34°C (agosto) no norte do BAP, de 28°C (junho/julho) a 34°C (outubro) na planície do Pantanal e de 25°C (junho) a 32°C (março) no sul da região.

A temperatura mínima média anual na BAP, oscila de 17°C a 20°C, sendo que as maiores temperaturas mínimas médias anuais são observadas em toda a planície do Pantanal Matogrossense. Em toda a BAP as temperaturas médias mínimas mensais variam de 8°C a 15°C nos meses de inverno (junho a agosto) e de 20°C a 23°C nos meses de verão (dezembro a fevereiro). As menores temperaturas mínimas médias são observadas a nordeste da BAP em todos os meses do ano, com uma acentuada queda nos meses de junho e julho, respectivamente 8°C e 9°C.

### 3.5. *Evapotranspiração*

A evapotranspiração média anual na Bacia do Alto Paraguai - BAP varia de 3,6 mm/dia (NE e NW) a 4,3 mm/dia nas encostas da Serra de Maracaju e na Chapada dos Guimarães .

No período de novembro a março em toda a área da BAP observa-se que a precipitação pluviométrica excede a evapotranspiração, variando entre 20 mm em novembro na planície do Pantanal Matogrossense a 150 mm em janeiro no norte da região, com exceção de um déficit (quando a evapotranspiração supera a precipitação pluviométrica) variando entre 10 e 30 mm, observado em fevereiro na planície do Pantanal e no Sul da BAP.

No período de abril a outubro a evapotranspiração é maior que a precipitação em toda a área da BAP. Este déficit é mais pronunciado nos meses de junho a agosto atingindo 80 mm no sul e 130 mm nas demais áreas da BAP.

### 3.6. *Classificação climática*

Analisando-se os valores médios mensais de temperatura e precipitação, obtidos no presente trabalho, toda a Bacia do Alto Paraguai se enquadra no tipo climático Aw (Clima de savana), de acordo com a classificação climática de Köppen, confirmando a descrição anterior de MONTEIRO (1951).

A uniformidade climática da região também pode ser caracterizada quando se utiliza o método de Gaussen, conforme já havia sido feito por GALVÃO (1965).

No presente trabalho foi aplicado aos dados da Bacia do Alto Paraguai, o sistema de classificação climática proposto por Thornthwaite (Figura 1). Esse sistema se baseia nos resultados do balanço hídrico anual médio. ALFONSI & CAMARGO (1986) haviam apresentado mapas desses resultados, sem contudo caracterizar os tipos e subtipos climáticos.

Os resultados de balanço hídrico utilizados no presente trabalho se referem a todos os postos pluviométricos selecionados pelos critérios de homogeneidade, nos quais além dos dados de precipitação média mensal foram estimadas as temperaturas médias mensais, utilizando o mesmo procedimento empregado para traçar as isolinhas.

Os resultados obtidos permitiram identificar 8 tipos de clima na Bacia do Alto Paraguai ( $B_4rA'a'$ ,  $B_3rA'a'$ ,  $B_2rA'a'$ ,  $B_1rB'_4a'$ ,  $C_2rA'a'$ ,  $C_2wB'_4a'$ ,  $C_2wA'a'$ ,  $C_1dA'a'$ ).

O clima  $B_4rA'a'$  foi encontrado em área de altitudes superiores a 600m abrangendo as cidades de Nova Brasilândia, Chapada dos Guimarães e Campo Verde sendo o clima mais úmido encontrado na região, com índice hídrico de 80 a 100,

pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O clima  $B_{3r}A'a'$  foi identificado em área de altitudes superiores a 600m abrangendo aproximadamente todo o município de Tangará da Serra. É um clima úmido com índice hídrico de 60 a 80, pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O clima  $B_{2r}A'a'$  ocorreu em área com altitudes superiores a 600m, no limite leste da região, abrangendo as cidades de Poxoréu, Guiratinga, Itiquira e Alto Taquari. É um clima úmido com índice hídrico de 40 a 60, pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O clima  $B_{1r}B'_4a'$  ocorreu em uma pequena área no limite Sudeste da Bacia do Alto Paraguai, com altitudes em torno de 600m, contendo as cidades de Camapuã, São Gabriel do Oeste, Bandeirante e Terrenos. É um clima úmido com índice hídrico de 20 a 40, pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O clima  $C_{2r}A'a'$  foi encontrado no extremo Sul/Sudeste da região com altitudes entre 250m a 550m, entre a serra da Bodoquena da serra de Maracaju, abrangendo as cidades de Guia Lopes da Laguna, Jardim, Bela Vista e Antônio João. É um clima úmido com índice hídrico de 0 a 20, pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O clima  $C_2wB'_4a'$  ocorreu em uma estreita faixa sinuosa no sentido Norte-Sul que vai da cidade de São José do Povo em MT a Alcínópolis em MS. É um clima úmido/sub-úmido com índice de 0 a 20, moderada deficiência de água no inverno evapotranspiração anual entre 997mm e 1140mm.

O clima  $C_2wA'a'$  ocorreu em duas áreas da BAP: uma no Norte nas cabeceiras dos rios Paraguai e Cuiabazinho abrangendo as cidades de Nova Marilândia, Arenópolis, Nortelândia, Santo Afonso, Diamantino, Alto Paraguai, Denise e Nova Olímpia e outra em uma faixa sinuosa irregular no sentido Norte-Sul abrangendo as cidades de Dom Aquino, Pedra Preta, Sonora e Coxim. É um clima sub-úmido com índice hídrico de 0 a 20, moderada deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

O tipo  $C_1dA'a'$  foi o clima dominante abrangendo toda a planície do Pantanal e a quase totalidade das depressões no seu entorno. É um clima sub-úmido/seco com índice hídrico de -33,3 a 0,0, pequeno ou nenhum excedente de água no verão e evapotranspiração anual superior a 1140 mm.

### 3.7. Conclusão

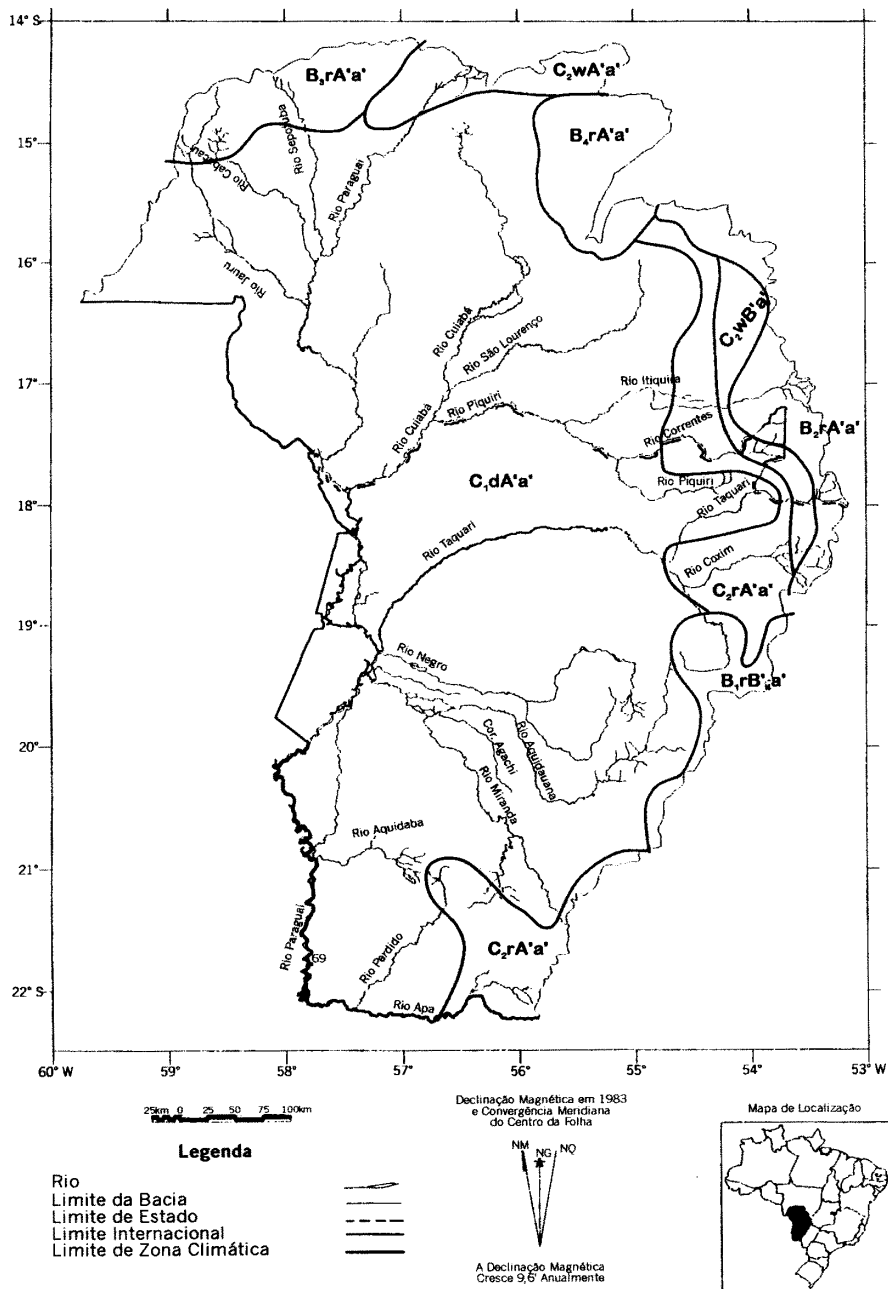
O Sistema de Banco de Dados Relacional apresentado cumpriu o propósito de gerenciar e sistematizar as bases de dados referentes a séries climatológicas,

Permitindo a interface com softwares estatísticos (análise de homogeneidade, regressão) e de modelagem espacial (Krigagem).

A análise de homogeneidade dos dados climatológicos, efetuada através dos testes de Wald-Wolfowitz, Smirnov (para uma interrupções) e de Kruskal-Wallis (para mais de uma interrupção) permitiu o aproveitamento das séries climatológicas existentes.

Foram identificados oito tipos de clima na Bacia do Alto Paraguai, variando do tipo  $B_3$  (úmido) ao tipo  $C_1$  (sub-úmido seco).

Figura 1 - Zonas de classificação climática segundo Thornthwaite



**BIBLIOGRAFIA**

- ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; PEDRO JUNIOR, M. J. Estimativa das normais de temperaturas média mensal e anual do estado de Goiás (BR) em função de altitude e Latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, 45 - São Paulo, Universidade de São Paulo - Instituto de Geografia, 1974.
- ALFONSI, R. R.; CAMARGO, M. B. P. Condições climáticas para a região do Pantanal Matogrossense. *Anais do 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal*, 1984. Corumbá, MS. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília-DF, 1986.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Assistência ao Meio Ambiente. Plano de Caracterização da Bacia do Alto Paraguai. *Relatório final interpretativo da relação clima e meio ambiente na bacia do Alto Paraguai*. Cuiabá-MT, 1996. 47p. Documento de Trabalho PCBAP-68.
- CADAVID GARCIA, E. A. O clima no Pantanal Matogrossense. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá, 1984. *Circular Técnica* 14. 42p.
- CAMPELO JÚNIOR, J. H. Duração, homogeneidade e distribuição espacial das séries de precipitação em Mato Grosso. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, n. 1, 1993. p. 137-140.
- CODD, E. F. *The relational model for database management: Version 2*. Addison-Wesley Publishing Company. United States of America, 1991. 538p.
- EFRON, B. Nonparametric standard errors and confidence intervals. *The Canadian Journal of Statistics*, v. 9, n.2, p. 139-172, 1981.
- EFRON, B.; GONG, G. A leisure look at bootstrap, the jackknife, and cross-validation. *The American Statistician*, February 1983, v. 37, n.1, p. 36-48.
- ESSENWANGER, O. M. *General climatology*, 1B: Elements of statistical analysis. Word Survey of Climatology, v. 1B. Elsevier Amsterdam-London-New York-Tokyo, 1986. 424p.
- GALVÃO M. V. As regiões bioclimáticas do Brasil segundo Gaussen. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2, Rio de Janeiro, 1965. *Resumos de comunicações* Rio de Janeiro: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1965. p.11-13.
- GIBBONS, J. D. *Nonparametric statistical inference*. McGraw-Hill Book Company. United States of America, 1951. 306p.
- GUERRINI, V. *Bacia do Alto Paraguai: Estudo climatológico*. [s.l.: s.n.], 1978. 60p. Brasil. Anexos.



- MONTEIRO, C. A. de F. do. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 13, n. 1, p. 3 - 46, jan./mar., 1951.
- NIEUWOLT, S. *Tropical climatology: An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*. John Wiley & Sons, Ltd., New York - USA, 1977. 207 p.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc. London*, 1948. v. 193, p. 120-145.
- PREISENDORFER, R. W., BARNETT, T. P. Numerical model-reality intercomparison tests using small-sample statistics. *Journal of Atmospheric Sciences*, august 1983, v. 40, p. 1884-1896.
- SIEGEL, S. *Nonparametric statistics: for the behavior sciences*. McGraw-Hill Book company. New York - USA, 1956. 312 p.
- VASCONCELOS, R.; TARIFA, J. R. Estimativa e representação das temperaturas no Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, 1983. v.2, p. 19-43.
- THOM, H. C. S. *Some methods of climatological analysis*. Geneva - Switzerland, 1965. 53p.
- WEBSTER, R. *Quantitative spatial analysis of soil in the field*. In: *Advances in Soil Science*. Edited by B. A. Stewart. Springer-Verlag New York Inc. New York - USA 1985, v. 3. p. 1-71.