

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

*Campus de Rio Claro*

**AS CHUVAS NA BACIA DO PARANÁ: ASPECTOS  
TEMPORAIS, ESPACIAIS E RÍTMICOS**

LEANDRO ZANDONADI

Orientador: Prof. Dr. João Afonso Zavattini

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
– Área de Organização do Espaço, para  
obtenção do Título de Mestre em  
Geografia.

Rio Claro (SP)

2009

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Doutor João Afonso Zavattini  
(Orientador)

---

Doutor Anderson Luiz H. Christofolletti  
(Membro da Banca)

---

Doutor Marcos Norberto Boin  
(Membro da Banca)

---

Leandro Zandonadi  
(Candidato)

Rio Claro, 30 de outubro de 2009.

Resultado: **APROVADO.**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, João e Maria, por todo respeito e gratidão que tenho para com vocês que não só me deram vida como também orientaram meus passos, me incentivando sempre a seguir em frente sem nunca desanimar.

Se foi por vocês que cheguei até aqui, então será por vocês que seguirei em frente.

## AGRADECIMENTOS

Após esta longa e árdua jornada, é com imensa satisfação que reservo os parágrafos seguintes a fim de agradecer a todos aqueles que contribuíram e apoiaram esta pesquisa:

Primeiramente a Deus, por permitir que eu viesse ao mundo com saúde, tivesse um lar, uma família unida e bons amigos, todos tão importantes na vida de qualquer ser humano.

À minha tão grandiosa e excelente família, que compreendeu minha ausência e distanciamento durante todo esse tempo, e, principalmente aos meus pais, que juntos me educaram, sempre com muito amor, compreensão e respeito, encorajando-me a sempre seguir meus objetivos.

Ao professor Doutor Hélio Silveira, pela amizade e excelente orientação durante a iniciação científica, ainda na graduação. Com certeza os seus ensinamentos proporcionaram o amadurecimento e a base científica tão necessária na vida acadêmica.

Em especial, ao também amigo e orientador, o professor Doutor João Afonso Zavattini, que através do seu precioso conhecimento científico, paciência e atenção, proporcionou os esclarecimentos e direcionamentos desta pesquisa, sempre depositando em mim a confiança e incentivo no desenvolvimento das tarefas a serem cumpridas.

Aos meus colegas de república, Hiran Zani, Marcos V. Veloso da Silva e Maurício Hirata, pelos momentos de descontração e trocas de conhecimentos.

Aos grandes amigos que fiz em Rio Claro, que vindos de diversas regiões do país, fizeram meus momentos mais divertidos e alegres durante todos estes anos: Aline Pascoalino, Lutiane Almeida, Flamarion D. Alves, Leonardo Gomes, Iracema Monteiro, Michele Lindner, Suelen L. Rodrigues.

Em especial aos amigos Thaís C. C. Fernandes e Elias Júnior C. G. Sales por sempre disponibilizarem seus lares nas minhas tantas idas à Rio Claro, além dos valiosos auxílios em momentos tão importantes.

Às amigas Gisele B. dos Santos e Silvana A. R. Martins, que mesmo distantes, sempre me incentivaram e vibraram juntas no decorrer de mais esta etapa.

Aos membros da comissão examinadora que se dispuseram a analisar esta pesquisa, fazendo suas críticas e sugestões.

A todos os funcionários da Pós-graduação em Geografia da Unesp de Rio Claro, em especial à Maíca, sempre prestativa e acolhedora, nos proporcionando um ambiente de trabalho agradável e saudável.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela concessão da bolsa durante o primeiro ano do mestrado, bem como ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico durante o segundo ano, permitindo minha dedicação exclusiva à pesquisa.

Finalmente, a todos aqueles que de alguma maneira puderam contribuir para que este trabalho chegasse ao fim. E àqueles que por acaso tenha me esquecido, não se sintam deixados de lado.

Muito Obrigado!

### **As Chuvas**

Nas mãos dos ventos as chuvas amorosas  
Vinham cair nos campos de dezembro  
E de repente a vida rebentava  
Na força muda que as sementes guardam

Nas ramas verdes rebentava a luz  
E a doçura transformava  
A terra e o gado na pastagem tenra,  
Na alegria dos rios renovados

Cheiro de mato e currais suspenso  
No ar que os dedos do inverno vão tecendo  
Mais uma vez nos campos de dezembro

E nos trovões a tarde acalentada,  
Cantigas de viver que a chuva traz  
Numa clara certeza repetida

H. Dobal

## RESUMO

### AS CHUVAS NA BACIA DO PARANÁ: ASPECTOS TEMPORAIS, ESPACIAIS E RÍTMICOS

Esta pesquisa voltou-se para a compreensão da distribuição temporal e espacial das chuvas, em caráter regional, na bacia do Paraná, localizada integralmente entre as coordenadas geográficas de 15°00'00'' e 27°00'00'' Sul, bem como 43°00'00'' e 57°00'00'' Oeste, com área total de 879.860 Km<sup>2</sup>, abrangendo parcelas territoriais de seis estados brasileiros, bem como do Distrito Federal. Os dados pluviométricos brutos obtidos foram organizados e analisados através de planilhas, as quais possibilitaram visualizar e selecionar, de maneira simplificada, os postos pluviométricos com melhor qualidade de dados, bem como eliminar àqueles com respectivas falhas. Após este procedimento, foram aplicadas inúmeras técnicas utilizadas pela Climatologia Tradicional, as quais foram úteis no entendimento do comportamento cronológico e espacial das chuvas na bacia. Outras técnicas foram testadas e serviram para a obtenção dos anos-padrão, mostrando-se eficientes na classificação dos mesmos. Para tanto, foram ainda confeccionados os cartogramas representativos dos totais anuais de chuva em cada uma das 96 quadrículas da bacia, que muito auxiliaram na classificação, hierarquização, e seleção dos três anos-padrão mais representativos (chuvoso, habitual e seco), dentro do período 1976-2005. Embora essas duas técnicas tenham garantido uma boa análise e explicação do comportamento pluvial na bacia, alguns detalhes só vieram à tona quando foram construídos e analisados os histogramas das chuvas diárias, nas 96 quadrículas e em cada um dos três anos-padrão escolhidos.

**Palavras-chave:** Chuvas; variabilidade pluviométrica; anos-padrão; bacia do Paraná.

## ABSTRACT

### THE RAINFALL IN THE BASIN OF PARANÁ: ASPECTS OF TIME, SPACE AND RHYTHMIC

This research sought to understand the temporal and spatial distribution of the rainfall, in a regional character, in the Paraná Basin, entirely located between the geographic coordinates 15°00'00'' and 27°00'00'' South, as well as 43°00'00'' and 57°00'00'' West, with a total area of 879,860 Km<sup>2</sup>, covering territorial portions of six different Brazilian States, as well as the Distrito Federal. The rainfall data obtained were organized and analyzed using spreadsheets, which made possible to visualize and select, in a simplified way, the pluviometric ranks with a better data quality, as well as eliminate those with respective failures. After this procedure it was applied several techniques used by Traditional Climatology, which were useful to understand the chronological and spatial behavior of the rainfall in the basin. Other techniques were tested and served to obtain the pattern-years, showing to be efficient in their classification. To do so it was also made some cartograms representing the total annual rainfall in each one of the 96 squares of the basin, which helped a lot in the classification, hierarquization and selection of the three most representative pattern-years (rainy, normal and dry), within the period of 1976-2005. Although these two techniques have secured a good analysis and explanation of the rainfall behavior in the basin, some details only came to light when it was constructed and analyzed the histograms of the daily rainfall, in the 96 squares and in each one of the three pattern-years chosen.

**Key-words:** Rainfall; pluviometric variability; pattern-years; Paraná Basin.

## LISTAS DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Fig. 1</b>	Divisão hidrográfica de nível 1 do território brasileiro (ANA, 2008), destacando-se a bacia hidrográfica do Paraná, bem como as parcelas das unidades federativas brasileiras por ela abrangidas.....	<b>20</b>
<b>Fig. 2</b>	Classificação climática da América do Sul segundo Strahler apud Monteiro (2000).....	<b>22</b>
<b>Fig. 3</b>	Distribuição das chuvas anuais médias no Brasil, em particular na bacia do Paraná, no período 1961-1990, segundo as Normais Climatológicas do INMET geradas em 2008.....	<b>22</b>
<b>Fig. 4</b>	Classificação climática do estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).....	<b>23</b>
<b>Fig. 5</b>	Classificação climática proposta por Zavatini (1990) para o estado do Mato Grosso do Sul.....	<b>25</b>
<b>Fig. 6</b>	Áreas da bacia do Paraná já cobertas por classificações climáticas genéticas (Monteiro, 1973; Zavatini, 1990), baseadas nas chuvas e na morfologia do relevo.....	<b>26</b>
<b>Fig. 7</b>	Divisão da bacia do Paraná em quadrículas de 1 grau por 1 grau, enumeradas no sentido do aumento da latitude (de Norte para Sul) e da longitude (de Leste para Oeste).....	<b>31</b>
<b>Fig. 8</b>	Divisão da bacia do Paraná em quadrículas, mostrando a distribuição dos 661 postos pluviométricos a serem analisados.....	<b>32</b>
<b>Fig. 9</b>	Localização dos postos que apresentavam todos os 31 anos da série histórica previamente escolhida sem nenhuma falha nos dados de chuva.....	<b>38</b>
<b>Fig. 10</b>	Identificação das quadrículas com ausência de postos pluviométricos e daquelas com apenas um ou dois postos.....	<b>40</b>
<b>Fig. 11</b>	Quadrícula 45 - Localização dos postos pluviométricos, destacando-se (em vermelho e verde) os que poderiam ser utilizados no preenchimento das falhas do posto Cachoeira Poço Fundo (em amarelo).....	<b>41</b>
<b>Fig. 12</b>	Distribuição espacial dos 861 postos pluviométricos obtidos para o estudo das chuvas na bacia do Paraná.....	<b>43</b>
<b>Fig. 13</b>	A inserção de novas quadrículas, as de número 30, 79, 80 e 85, totalizou 96 ao longo da área de estudo.....	<b>44</b>
<b>Fig. 14</b>	Quartis, mediana, média aritmética e moda obtidos para o conjunto de dados de chuva das 96 quadrículas que abrangem a bacia do Paraná no período 1976-2005.....	<b>48</b>
<b>Fig. 15</b>	Classificação das chuvas para o ano de 1984, nas 96 quadrículas da bacia do Paraná, tanto pela técnica do desvio quartílico, quanto pela regra da fórmula de Sturges.....	<b>51</b>
<b>Fig. 16</b>	Médias anuais histórica do volume de chuvas na bacia do Paraná.....	<b>53</b>
<b>Fig. 17</b>	Média histórica anual das chuvas de 96 quadrículas.....	<b>54</b>
<b>Fig. 18</b>	Interpolação dos desvios padrão em relação à média dos 30 anos para as 96 quadrículas da bacia do Paraná.....	<b>57</b>

<b>Fig. 19</b>	Normalização dos desvios padrão positivos e negativos das 96 quadrículas, na série histórica 1976/2005, para a bacia do Paraná.....	<b>60</b>
<b>Fig. 20</b>	Normalização dos desvios padrão positivos e negativos dos 30 anos da série histórica, das 96 quadrículas, para a bacia do Paraná.....	<b>61</b>
<b>Fig. 21</b>	Distribuição das chuvas anuais médias na bacia do Paraná.....	<b>62</b>
<b>Fig. 22</b>	Distribuição das chuvas sazonais médias na bacia do Paraná.....	<b>63</b>
<b>Fig. 23</b>	Distribuição das chuvas mensais médias na bacia do Paraná.....	<b>65</b>
<b>Fig. 24</b>	Distribuição espacial dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná durante os 30 anos da série histórica analisada.....	<b>67</b>
<b>Fig. 25</b>	Cartogramas com a distribuição espacial das 96 quadrículas, demonstrando, através da técnica do desvio quartílico, os totais anuais de chuvas para o período de 1976 – 2005 na bacia do Paraná.....	<b>74</b>
<b>Fig. 26</b>	Cartogramas com a distribuição espacial das 96 quadrículas, demonstrando, através da técnica da fórmula de Sturges, os totais anuais de chuvas para o período de 1976 – 2005 na bacia do Paraná.....	<b>75</b>
<b>Fig. 27</b>	Distribuição dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná nos três principais anos-padrão chuvoso, habitual e seco, do período 1976 – 2005, cujos intervalos de classe foram sugeridos pela técnica da fórmula de Sturges.....	<b>77</b>
<b>Fig. 28</b>	Distribuição dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná nos três principais anos-padrão chuvoso, habitual e seco, do período 1976 – 2005, cujos intervalos de classe foram sugeridos pela técnica do desvio quartílico.....	<b>78</b>
<b>Fig. 29</b>	A sazonalidade das chuvas no ano-padrão chuvoso de 1983.....	<b>80</b>
<b>Fig. 30</b>	Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão chuvoso de 1983.....	<b>81</b>
<b>Fig. 31</b>	Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.....	<b>83</b>
<b>Fig. 32</b>	A sazonalidade das chuvas no ano-padrão habitual de 2000.....	<b>96</b>
<b>Fig. 33</b>	Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão habitual de 2000.....	<b>98</b>
<b>Fig. 34</b>	Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.....	<b>100</b>
<b>Fig. 35</b>	A sazonalidade das chuvas no ano-padrão seco de 1985.....	<b>113</b>
<b>Fig. 36</b>	Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão seco de 1985.....	<b>114</b>
<b>Fig. 37</b>	Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.....	<b>116</b>
<b>Fig. 38</b>	Quadrículas e períodos que, dentro da bacia do Paraná, já foram estudados pelo paradigma do ritmo climático.....	<b>132</b>

## LISTA DE QUADROS

		<b>Página</b>
<b>Quadro 1</b>	Quadro explicativo da classificação climática do estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).....	<b>23</b>
<b>Quadro 2</b>	Exemplo de parte de planilha mostrando um posto pluviométrico com dois anos iguais, repetindo os mesmos dados de chuvas devido à ocorrência de dois “Níveis de Consistência” (1 e 2).....	<b>30</b>
<b>Quadro 3</b>	Parte da planilha que sintetiza os dados dos 661 postos pluviométricos e que contém dois níveis de informação: o primeiro informa os anos completos; o segundo, mostra ao longo dos anos restantes, quais são os meses com falhas e quantos são os dias falhados.....	<b>33</b>
<b>Quadro 4</b>	Parte da planilha contendo as quadrículas com seus respectivos postos, mostrando os anos com dados completos e com falhas.....	<b>36</b>
<b>Quadro 5</b>	Parte da planilha contendo a série histórica, provisoriamente escolhida (1976 a 2006), após recorte da planilha parcialmente representada na figura 6.....	<b>37</b>
<b>Quadro 6</b>	Parte da planilha mostrando as falhas, muitas vezes anuais, em diversos postos das quadrículas 42 e 43, no extremo leste da bacia do Paraná (região do sul de Minas Gerais), entre 1976 e 2006.....	<b>38</b>
<b>Quadro 7</b>	Parte da planilha mostrando as falhas, muitas vezes anuais, em diversos postos das quadrículas 9, 10, 11 e 12, na região centro-norte da bacia do Paraná, entre 1976 e 2006.....	<b>39</b>
<b>Quadro 8</b>	Parte da planilha mostrando as falhas, muitas vezes anuais, em diversos postos das quadrículas 72, 74, 75, 78, 79 e 80, região centro-sul da bacia do Paraná (sul de São Paulo e norte do Paraná), entre 1976 e 2006.....	<b>39</b>
<b>Quadro 9</b>	Parte da planilha que exemplifica os postos situados na quadrícula 45 e suas respectivas séries pluviométricas (anos com dados completos ou com falhas), para o período 1976 a 2006.....	<b>41</b>
<b>Quadro 10</b>	Postos pluviométricos representativos das 96 quadrículas que compõem a bacia do Paraná e que foram utilizados no estudo geográfico preliminar das chuvas do período 1976-2005.....	<b>45</b>
<b>Quadro 11</b>	Parte da planilha utilizada para calcular a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos dados anuais de chuva na bacia do Paraná no período entre 1976 e 2005.....	<b>47</b>
<b>Quadro 12</b>	Parte da planilha com a frequência absoluta das chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (desvio quartílico), combinados com cores e reajustados empiricamente.....	<b>49</b>
<b>Quadro 13</b>	Parte da planilha com a frequência absoluta das chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (técnica de Sturges), combinados com cores e reajustados empiricamente.....	<b>49</b>
<b>Quadro 14</b>	Parte da planilha cromática com as chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (desvio quartílico), combinados com cores	<b>50</b>

	e reajustados empiricamente.....	
<b>Quadro 15</b>	Parte da planilha cromática com as chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (regra de Sturges), combinados com cores e reajustados empiricamente.....	<b>50</b>
<b>Quadro 16</b>	Totais anuais de chuva de cada quadrícula e seus respectivos valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação durante o período 1976 – 2005 na bacia do Paraná.....	<b>56</b>
<b>Quadro 17</b>	Desvios padrão (positivos e negativos) em relação à média anual histórica para cada quadrícula/ano.....	<b>59</b>
<b>Quadro 18</b>	Ano-padrão da série 1976 – 2005 das 96 quadrículas da bacia do Paraná obtido pela técnica do desvio quartílico.....	<b>69</b>
<b>Quadro 19</b>	Ano-padrão da série 1976 – 2005 das 96 quadrículas da bacia do Paraná obtido pela técnica da fórmula de Sturges.....	<b>71</b>
<b>Quadro 20</b>	Frequências absolutas das quadrículas/anos, conforme os intervalos de classe sugeridos pelo desvio quartílico ou fórmula de Sturges, da série 1976 – 2005, na bacia do Paraná.....	<b>72</b>
<b>Quadro 21</b>	Os 30 anos da série histórica, classificados através das técnicas do desvio quartílico e da fórmula de Sturges.....	<b>76</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 A relevância de estudos climatológicos e as pretensões desta obra .....	15
1.2 As proposições alcançadas nesta pesquisa .....	18
1.3 A bacia do Paraná .....	20
1.3.1 Localização e importância geográfica da bacia .....	20
1.3.2 Aspectos gerais da pluviosidade e do clima da bacia .....	21
<b>2. BASES PROCEDIMENTAIS E METODOLÓGICAS .....</b>	<b>27</b>
2.1 Quanto aos materiais utilizados .....	27
2.2 Quanto às técnicas utilizadas .....	28
2.2.1 Na obtenção de dados .....	28
2.2.2 Na manipulação de dados brutos .....	28
2.2.3 Na espacialização de redes de postos pluviométricos .....	30
2.2.4 Na busca de séries temporais consistentes .....	32
2.2.5 No preenchimento de dados com falhas .....	40
2.2.6 Na análise da tendência central e da variabilidade das chuvas .....	47
2.2.7 Na interpolação dos dados .....	51
2.2.8 No tratamento dos dados diários voltados à análise rítmica .....	52
<b>3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
3.1 Variabilidade anual dos valores de chuva na bacia do Paraná .....	53
3.2 Distribuição das chuvas na bacia do Paraná .....	62
3.2.1 Distribuição das chuvas anuais médias .....	62
3.2.2 Distribuição das chuvas sazonais médias .....	63
3.2.3 Distribuição das chuvas mensais médias .....	64
3.2.4 Distribuição das chuvas anuais no período 1976 - 2005 .....	66
3.3 A escolha dos anos-padrão .....	68
3.3.1 Usando o desvio quartílico .....	68
3.3.2 Usando a fórmula de Sturges .....	70

3.4	O ano-padrão chuvoso de 1983 .....	79
3.4.1	Variações sazonais da pluviosidade .....	79
3.4.2	Variações mensais da pluviosidade .....	80
3.4.3	Variações diárias da pluviosidade .....	82
3.5	O ano-padrão habitual de 2000.....	95
3.5.1	Variações sazonais da pluviosidade .....	95
3.5.2	Variações mensais da pluviosidade .....	97
3.5.3	Variações diárias da pluviosidade .....	99
3.6	O ano-padrão seco de 1985 .....	112
3.6.1	Variações sazonais da pluviosidade .....	112
3.6.2	Variações mensais da pluviosidade .....	113
3.6.3	Variações diárias da pluviosidade .....	115
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>129</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>134</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 A relevância de estudos climatológicos e as pretensões desta obra

Desde o seu surgimento sobre a face da Terra que o homem vem demonstrando interesse em entender e interpretar o funcionamento dos elementos da natureza. Tal entender passa a ser ainda mais relevante na medida em que a humanidade deixa de ser nômade para viver em sociedade. Com isso, a necessidade de ampliar seus conhecimentos e manipular os recursos que a natureza lhe oferecia se tornaram imprescindíveis, pois, havia a necessidade de melhor aproveitamento dos recursos locais. Neste momento, os elementos do clima também ganham maior atenção, no sentido de que a escolha dos locais de fixação e moradia passa a depender principalmente de sua dinâmica.

Apesar disto, as observações do clima naquele momento, tinham como finalidade maior para o homem a preocupação puramente biológica. É neste sentido que Sorre (1951, p. 25) afirma o seguinte:

na ordem do desenvolvimento histórico, a idéia de clima apresenta-se de outra forma. Ela é inseparável das preocupações biológicas. Os primeiros registradores não foram instrumentos de medida, mas sim registradores naturais, em particular a sensibilidade do homem. Não se conhecia o calor e o frio a não ser por seus efeitos sobre o organismo humano.

Hoje, porém, estudos voltados à análise climatológica têm um papel bem mais relevante e de cunho científico que outrora. De acordo com Mendonça (2003, p. 7)

Atualmente o estudo do clima compõe um importante capítulo da ciência moderna, pois a atmosfera influencia diretamente as atividades humanas, e estas implicam em alterações naquela. O clima constitui um dos principais campos de estudo da Geografia, sendo que a principal particularidade da abordagem geográfica desse componente da biosfera está na ênfase atribuída à interação estabelecida entre a dinâmica da atmosfera/clima e a dinâmica da sociedade.

Considerando-se ainda os mais diversos ramos de atividades em que são aplicadas pesquisas de estudos climatológicos Sant'Anna Neto (1998, p. 120) afirma que

somente a partir do conhecimento da dinâmica climática, sua gênese e previsão, pode-se minimizar seus efeitos negativos às atividades humanas e direcionar este

conhecimento no sentido de encontrar um equilíbrio, aproveitando a sua variabilidade temporal para o planejamento econômico.

Da mesma forma, Baldo *et al.* (2001, p. 72), agora enfatizando também os estudos voltados principalmente às bacias hidrográficas, afirmam que

a análise climatológica fornece subsídios importantes, tanto no que diz respeito ao conhecimento da realidade espacial quanto ao da organização das atividades econômicas. Cumpre destacar o zoneamento agrícola e o estudo das bacias hidrográficas com todas as suas implicações.

Através destas considerações, entende-se que estudos voltados para a caracterização do comportamento das chuvas, principalmente de bacias hidrográficas como a do rio Paraná, de grande importância nacional, é fundamental para o planejamento de ações que favoreçam o melhor aproveitamento e distribuição de suas águas nas mais variadas instâncias, sejam elas no setor agrícola, urbano, industrial, de geração de energia elétrica, etc.

Todas estas afirmações comprovam a importância de estudos climatológicos em qualquer que seja a área de interesse. Entretanto, a busca e coleta dos dados necessários ao desenvolvimento de uma determinada pesquisa são momentos que geram muita apreensão e expectativa, pois, é neles que se encontra toda a base fundamental do trabalho a ser realizado. Sem eles a pesquisa não avança, e mesmo o fato de tê-los em mãos não é garantia de total qualidade, principalmente quando se tratam de dados referentes a volumes de chuvas.

Sabemos que nem todo o país é bem servido de postos para coletas de tais dados, e ainda, que algumas regiões, como aquelas mais desenvolvidas economicamente, são mais bem supridas do que outras, onde o índice de desenvolvimento é menor. Há que se considerar ainda o fato de que muitas estações de coleta são desativadas ao longo dos anos ou não possuem uma série de dados homogênea devido a falhas nos aparelhos coletores ou à falta de pessoal qualificado para realizar tal tarefa, já que em ambos os casos são necessários recursos financeiros para realizá-los.

Comentando sobre a dificuldade no uso da meteorologia dinâmica na geografia, Pédelaborde (1991, p. 3), em sua obra “Introduction a l'étude scientifique du climat”, já citava a problemática da escassez de dados para se estabelecer estudos climatológicos, principalmente quando relacionados à Climatologia Dinâmica. Em determinado momento, portanto, o autor afirma o seguinte:

est vrai que l'emploi de la météorologie dynamique en géographie présente de sérieuses difficultés. Pour trois raisons. 1° Son essor est récent et rapide. Elle s'est développée surtout depuis 1923 (grâce aux Norvégiens) et particulièrement après la dernière guerre mondiale. D'où deux inconvénients: les séries de documents sont courtes; les géographes commencent à peine à prendre contact avec la nouvelle science. 2° Le réseau météorologique indispensable pour une bonne analyse dynamique n'est assez dense que sur la zone tempérée de l'hémisphère Nord (Europe occidentale et U.S.A. surtout). On ne peut pas encore établir une climatologie dynamique solide des Régions Polaires, des Régions Tropicales et de l'hémisphère Sud. 3° L'assimilation des connaissances est difficile parce que l'appareil théorique n'est bien codifié que pour les spécialistes. Les publications françaises existent seulement sous forme d'articles épars ou d'ouvrages de vulgarisation trop condensés. Les meilleurs sont écrits en allemand, en anglais ou en russe. Souvent, ces traités présentent d'ailleurs des matériaux bruts utilisables par le météorologiste mais non par le géographe, et les développements mathématiques rebutent beaucoup de lecteurs. En somme, le géographe doit chercher laborieusement la documentation dans une multitude de travaux conçus principalement par des météorologistes et destinés aux météorologistes. Et la méthode d'utilisation des sources reste à construire.

Através das palavras do autor compreende-se, portanto, que tais questões podem tornar determinadas pesquisas ainda mais difíceis e arriscadas, principalmente quando se trabalha com grandes áreas como a bacia do Paraná; pois, em caso de não haverem dados pluviométricos suficientes ou se os mesmos não forem de boa qualidade, os trabalhos a serem realizados podem ser prejudicados ou até mesmo serem deixados de lado.

Entretanto, compreende-se também que quando tais dados são disponibilizados, e/ou principalmente quando se constroem meios adequados para solução quanto à ausência destes, principalmente no caso de áreas de grande extensão, que propiciam análises no nível regional, os resultados obtidos podem ser consideravelmente satisfatórios, pois como já dizia Sorre (1951, p. 19), “a noção de clima regional é uma etapa no caminho da abstração. Ela se aproxima o mais possível da realidade concreta na região onde o jogo do dinamismo atmosférico é o mais simples e onde a topografia é a mais uniforme”.

Mais tarde, Monteiro (1964, p.60-61) *apud* Zavattini (2004), coloca ainda que

só podemos atingir a expressão regional, pela análise qualitativa dos elementos, análise essa que é obtida pela correlação desses elementos e das suas variações dentro de um período homogêneo de tempo [...]. Se a escala zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a escala local diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica.

Com base nas considerações precedentes, justifica-se a importância desta pesquisa sobre a bacia do Paraná, alertando sobre o fato de que, inicialmente, a idéia era de se fazer uma pesquisa totalmente voltada para a aplicação da técnica da Análise Rítmica, associando os respectivos valores de chuvas encontrados na área de estudo à dinâmica atmosférica existente e atuante na mesma. Além disso, idealizava-se integrar tais comportamentos à variação no nível dos principais reservatórios de produção de energia elétrica existentes na bacia, a fim de se construir um roteiro que demonstrasse as áreas mais suscetíveis ou não à falta de água e em quais épocas do ano isso ocorreria. Entretanto, devido ao grande tempo demandado no tratamento e análise dos dados pluviométricos aqui organizados e devidamente apresentados, tal investigação não foi possível.

Porém, com intenção de não se deixar totalmente de lado os ideais acima revelados, bem como abrindo caminho para futura pesquisa de doutoramento, nos capítulos seguintes são apresentadas, em primeiro lugar, uma breve discussão acerca de algumas classificações climáticas, especialmente daquelas cujas áreas objeto de estudo estão localizadas dentro da própria bacia do Paraná. Em segundo lugar, e desta vez com maior detalhamento, apresentam-se técnicas de análises, bem como discussões sobre a distribuição pluviométrica, tanto temporal quanto espacial das chuvas na bacia. Em seguida, são apresentadas discussões sobre o comportamento das chuvas diárias nos três anos-padrão selecionados (seco, chuvoso e habitual), que dão início ao processo de entendimento do ritmo climático, o qual será aprofundado na futura tese de doutorado, já mencionada. Por fim, sob a forma de considerações finais, são apresentadas as prévias de algumas obras que, em áreas dentro da bacia do Paraná, elegeram a distribuição temporal e espacial da pluviosidade como objeto de análise e que, do ponto de vista rítmico, envolveram o estudo conjunto das chuvas e da circulação atmosférica atuante na área de estudo.

## **1.2 As proposições alcançadas nesta pesquisa**

Através da presente pesquisa realizou-se a verificação da distribuição espacial e temporal das chuvas na bacia do Paraná. Para tanto, criou-se um roteiro teórico-metodológico que demonstrou a fidelidade dos dados pluviométricos obtidos e, portanto, utilizados, revelando a distribuição habitual e excepcional das chuvas. Este roteiro abrangeu os aspectos quantitativos das chuvas, ou seja, a variação dos volumes precipitados ao longo do tempo

num determinado espaço geográfico, e também foi criado objetivando pesquisas futuras que, nessa ou em outras áreas, possam vir a utilizá-lo e aperfeiçoá-lo.

De forma menos intensa, porém não menos relevante, destacou-se, ainda, alguns aspectos da circulação atmosférica atuante na área de estudo, através da abordagem de algumas obras pautadas em estudos de classificações climáticas, as quais já levaram em consideração os aspectos pluviais em áreas inseridas na bacia do Paraná, porém, naquelas ocasiões, associando-os às características geomorfológicas.

Os dados pluviométricos brutos obtidos foram organizados e analisados através de planilhas, as quais possibilitaram visualizar e selecionar, de maneira simplificada, os postos pluviométricos com melhor qualidade de dados, bem como eliminar àqueles com respectivas falhas. A partir de então, estabeleceu-se uma série histórica homogênea de dados pluviométricos, com distribuição uniforme por toda a bacia. Cabe lembrar que esta série foi determinada sem que houvesse praticamente nenhuma aplicação de recursos estatísticos no preenchimento de falhas ou inferência dos dados, exceto para períodos não muito longos de apenas dois postos pluviométricos, de um universo composto por mais de 860 postos, como será demonstrado no capítulo 2.

Os recursos estatísticos, entretanto, foram indispensáveis para os cálculos referentes ao tratamento dos dados da série histórica homogênea e regularmente distribuída, de acordo com as técnicas utilizadas na Climatologia Tradicional. Neste sentido, foram utilizados parâmetros estatísticos tais como a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação, com a finalidade de melhor compreensão da variabilidade anual, sazonal e mensal das chuvas sobre a bacia.

Foram testadas e aplicadas as técnicas do desvio quartílico e da regra da fórmula de Sturges na organização e classificação dos dados pluviométricos de caráter anual, para definição e seleção dos anos-padrão, aqui empregados, os quais foram utilizados posteriormente nas respectivas análises em nível sazonal, mensal e diária.

As tabelas e cartas de isoietas, bem como os quadros, gráficos, cartogramas e mapas, além de outros recursos utilizados, serviram de apoio para a demonstração da validade das técnicas empregadas e dos resultados obtidos através das mesmas, e asseguraram que o roteiro metodológico aqui utilizado poderá comparecer em outras pesquisas de Climatologia Geográfica.

### 1.3 A bacia do Paraná

#### 1.3.1 Localização e importância geográfica da bacia

A bacia do Paraná possui área de 879.860 Km<sup>2</sup> e localiza-se integralmente entre as coordenadas geográficas de 15°00'00'' e 27°00'00'' Sul, bem como 43°00'00'' e 57°00'00'' Oeste (Figura 1). Seus limites abrangem os territórios dos Estados de São Paulo (que representa 25% da região da bacia), do Paraná (21% da bacia), de Mato Grosso do Sul (20%), de Minas Gerais (18%), de Goiás (14%), de Santa Catarina (1,5%) e do Distrito Federal (apenas 0,5% da bacia). Geograficamente limita-se com as seguintes bacias hidrográficas brasileiras: ao norte, com a bacia do Tocantins-Araguaia; a noroeste, com a bacia do Paraguai; a nordeste, com a bacia do São Francisco; a sudeste, com a bacia do Atlântico Leste; e ao sul, com a bacia do Uruguai. Grande parte de sua área está na região Sudeste do Brasil (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2009; Agência Nacional de Águas – ANA, 2009).



**Figura 1** – Divisão hidrográfica de nível 1 do território brasileiro (ANA, 2008), destacando-se a bacia hidrográfica do Paraná, bem como as parcelas das unidades federativas brasileiras por ela abrangidas.

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2009), a bacia do Paraná concentra cerca de 54.6 milhões de pessoas, o que representa aproximadamente 32% da população nacional, sendo que 90% dessa população vivem em áreas urbanas. Na região abrangida por essa bacia, tida como a de maior desenvolvimento econômico do país,

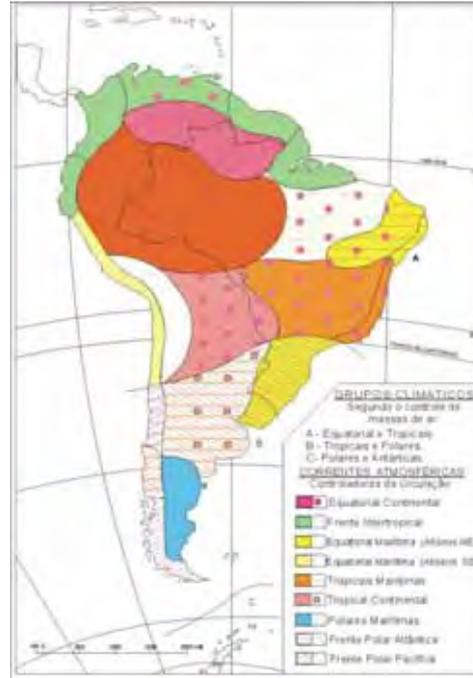
localizam-se importantes centros urbanos, tais como São Paulo, a cidade mais populosa da América do Sul, com mais de 10 milhões de habitantes. Outros importantes centros populacionais são: Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande, Uberlândia, dentre outros. A maior parte da população se concentra na unidade hidrográfica do Tietê, totalmente localizada no Estado de São Paulo, e também na do Grande, que limita os Estados de São Paulo e de Minas Gerais. Juntas, essas duas unidades hidrográficas correspondem a 62% da população total da bacia do Paraná. Com relação aos indicadores de saneamento básico, por exemplo, a parcela da população atendida por abastecimento de água potável varia dos 78,6% na bacia do rio Parnaíba aos 95% na do rio Tietê.

### 1.3.2 Aspectos gerais da pluviosidade e do clima na bacia

Dentre os principais elementos do clima, um dos mais utilizados em estudos climatológicos diz respeito à pluviosidade, exaustivamente analisados do ponto de vista de sua distribuição temporal e espacial. Há também estudos voltados à caracterização das chuvas, correlacionando-as à ação das grandes massas de ar, o que garante melhor análise e verificação de sua gênese.

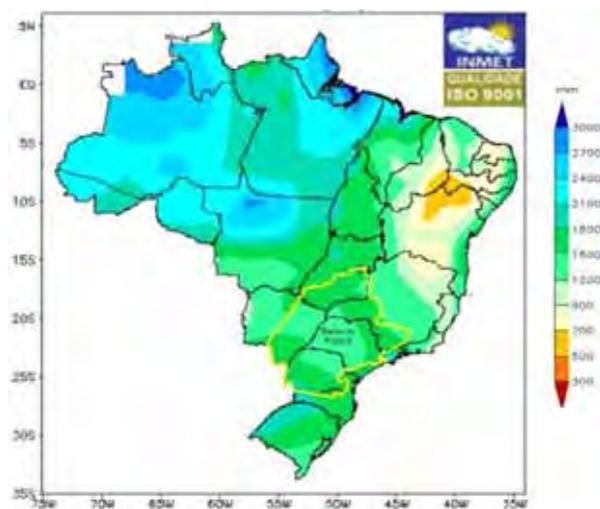
É neste sentido, de verificação da distribuição das chuvas, que diversas classificações climáticas são formuladas, visando o entendimento também da dinâmica geral da atmosfera. Tais classificações são pautadas no conhecimento das massas de ar que atuam nas mais diversas regiões do planeta, sendo que uma das mais conhecidas é a de Strahler apud Monteiro (2000), que também propôs tal classificação para toda a América do Sul e, conseqüentemente, abrangendo todo o território brasileiro, como mostra a figura 2.

Nesta classificação, o autor define, portanto, dois grupos climáticos principais atuantes sobre o Brasil, segundo o controle das massas de ar: o primeiro é dominado principalmente pelas massas equatoriais e tropicais (Climas da Zona A), enquanto que o segundo tem atuação das tropicais e polares (Climas da Zona B). Estas, por sua vez são geradoras de correntes atmosféricas que controlam toda a circulação geral atuante no espaço geográfico brasileiro, agindo sobre os diversos elementos e fatores condicionantes dos climas existentes no país, e dentre tais elementos, as chuvas, como já foi descrito, é um dos mais importantes. Em decorrência da ação destas massas de ar já apontadas por Strahler (Op. cit.), é que se configuram as variações pluviométricas existentes no espaço geográfico brasileiro.



**Figura 2** – Classificação climática da América do Sul segundo Strahler apud Monteiro (2000).

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2009) a bacia do Paraná apresenta chuvas anuais médias em torno dos 1200 a 1500 mm na sua porção central enquanto que nas suas porções norte e sul variam entre 1500 e 1800 mm. Já nas extremidades sul e leste da bacia tais valores podem variar desde os 1800 aos 2100 mm (Figura 3).

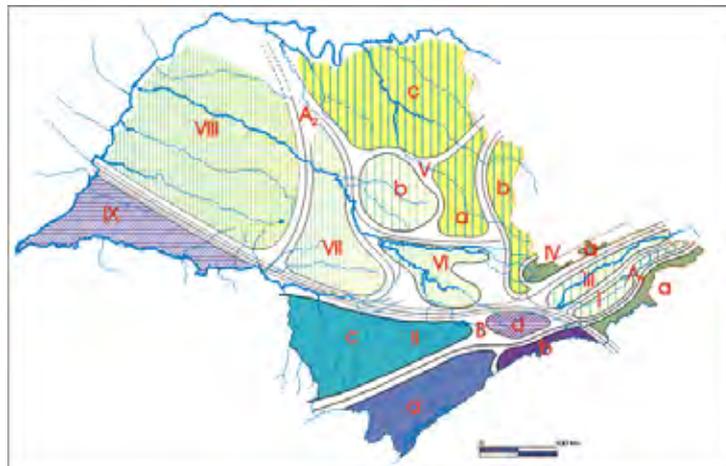


Adaptação: Zandonadi, L. (2009).

**Figura 3** – Distribuição das chuvas anuais médias no Brasil, em particular na bacia do Paraná, no período 1961-1990, segundo as Normais Climatológicas do INMET geradas em 2008.

Tomando a pluviosidade como referencial básico, alguns pesquisadores realizaram estudos de classificação climática em áreas específicas da bacia do Paraná, através da verificação da distribuição das chuvas, aliada à sua gênese e também às grandes unidades geomorfológicas do relevo.

Dentre os estudos mencionados, cita-se o importante papel desempenhado por Monteiro (1973) em sua obra "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo", na qual o autor analisa, geograficamente, as chuvas que caem sobre o referido estado brasileiro e as associa à dinâmica atmosférica ali atuante (Figura 4 e Quadro 1).



**Figura 4** – Classificação climática do estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).

**Quadro 1** – Quadro explicativo da classificação climática do estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973).

Climas Zonais	Climas regionais	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		Litoral	Planalto Atlântico	Vale do Paraíba	Mantiqueira	Depressão	Planalto Ocidental
Controlados por massas equatoriais e tropicais	Climas úmidos das costas expostas às massas $T_m A_1$	I Norte	Bacia superior do Paraíba	III Vale do Paraíba	IV Serra (borda do Planalto)		
	Climas tropicais alternadamente secos e úmidos $A_2$				Contrafortes	V Setor Norte VI "Percée" do Tietê	Norte Serra de São Carlos VII Serra de Botucatu VIII Oeste
Controlados por massas tropicais e polares	Climas úmidos da face oriental e sub-tropical dos continentes dominado por massa $T_m B$	II Centro Sul	Bacia Paulistana Bacia do Paranapanema				IX Sudoeste

No trabalho de Monteiro (1973) a faixa de transição climática que separa os climas das Zonas A e B (Figura 2), e que havia sido definida por Strahler (Op. cit.), é delineada de forma melhor. Por esta razão nota-se que a sua inflexão aponta, então, para o oeste do estado de São Paulo, rumo às terras sul-matogrossenses, quando, outrora, apontava para o noroeste do estado do Paraná, rumo às terras paraguaias. De acordo com o Monteiro (Op. Cit.), apesar desta faixa de transição ser móvel devido ao dinamismo atmosférico, a mesma define dois grandes grupos climáticos chamados “Climas Zonais A e B”.

Ao norte desta faixa de transição estão os climas controlados por massas equatoriais e tropicais, subdivididos em dois climas regionais. O primeiro é classificado como sendo de climas úmidos das costas expostas às massas tropicais marítimas, que agem, sobretudo, nas regiões do Litoral Norte do Estado; no Planalto Atlântico (Bacia superior do Paraíba); no Vale do Paraíba e na Serra da Mantiqueira (borda do Planalto). Já o segundo clima regional é marcado por climas tropicais, alternadamente secos e úmidos, cuja área de abrangência envolve a Serra da Mantiqueira (nos Contrafortes), a Depressão Periférica (setor Norte e “Percée” do Tietê) e o Planalto Ocidental (setores Norte e Oeste e Serras de São Carlos e Botucatu). Ao sul da faixa de transição climática, predominam os climas regionais úmidos da face oriental e sub-tropicais dos continentes dominados por massa tropical marítima. Tais climas ocorrem nas regiões Sul e Centro do Litoral Paulista e no Planalto Atlântico (Bacias Paulistana e do Paranapanema) e no Planalto Ocidental (região Sudoeste).

Zavatini (1990) realizou estudo similar ao de Monteiro (Op. cit.), em área contígua à do Estado de São Paulo, que, por sua vez, também integral, mesmo que parcialmente, a bacia do Paraná (Figura 5). Esse autor, na obra intitulada “A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul”, utilizando quase que a mesma metodologia proposta por Monteiro (Op. cit.), identificou e delineou aquela faixa de transição climática móvel, que separa os dois “Climas Zonais A e B”, agora em terras sul-matogrossenses. E, do mesmo modo que Monteiro (Op. cit.), Zavatini também propôs uma classificação climática de base genética, baseada nas variações do ritmo pluvial associadas à circulação atmosférica regional e aos aspectos morfológicos da área de estudo (Figura 5).

A proposta de classificação climática desse autor pode ser resumida da seguinte maneira: ao norte da faixa de transição climática, os climas controlados por massas equatoriais e tropicais, são alternadamente secos e úmidos e abrangem as bordas do Planalto Central (Serras do Caiapó, Preta e das Araras), bem como as do Planalto Arenito-

Basáltico/Alto Paraná (região de Paranaíba, na confluência dos rios Paranaíba e Grande, e nos vales dos rios Verde e do baixo Sucuruí), onde há destacada atuação da massa tropical Atlântica. Já na região central do Pantanal (Serras do Amolar e do Urucum), bem como na bacia superior dos rios Taquari e Coxim (vales do Coxim e do alto Taquari) e, ainda, no Planalto Divisor (Norte), há participação efetiva da massa tropical continental e, esporadicamente, da massa equatorial continental.

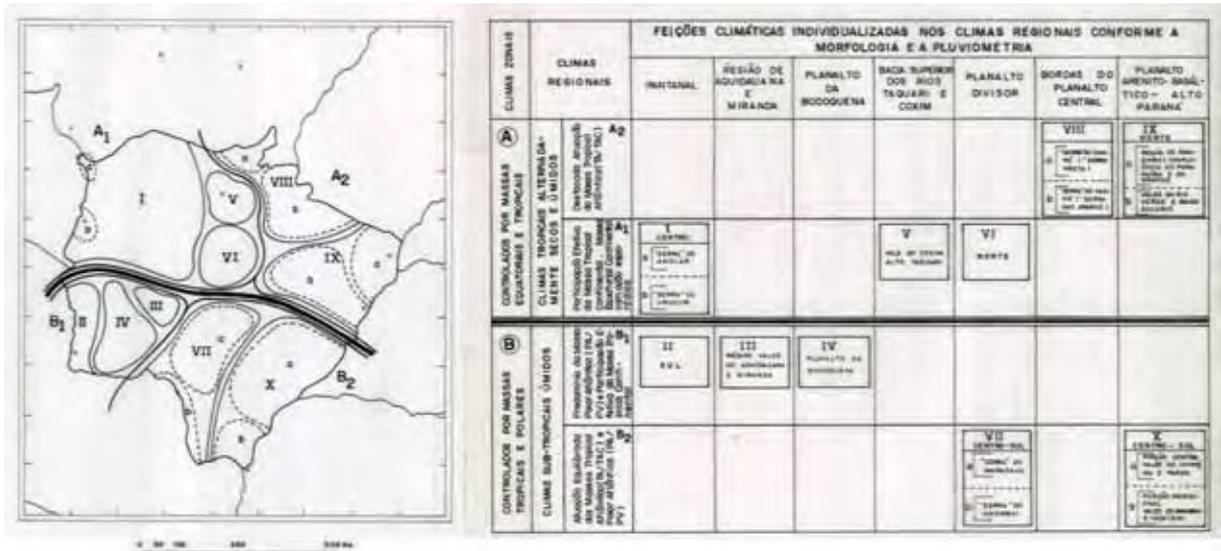
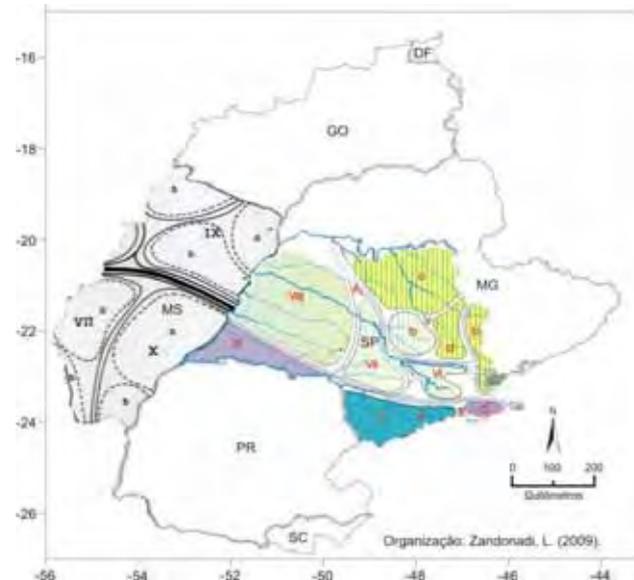


Figura 5 – Classificação climática proposta por Zavatini (1990) para o estado de Mato Grosso do Sul.

Ao sul dessa faixa de transição climática os climas regionais são controlados por massas tropicais e polares. As regiões do Pantanal (Sul), de Aquidauana e de Miranda (médios vales dos rios Aquidauana e Miranda) e do Planalto da Bodoquena, sofrem a ação da massa polar atlântica (PA/PV) mas há, também, participação efetiva da massa tropical continental. Já nas regiões centro-sul do Planalto Divisor (Serras de Maracaju e de Amambaí) e do Planalto Arenito-Basáltico/Alto Paraná (vales dos rios Ivinhema, Pardo, Amambaí e Iguatemi), há uma atuação equilibrada das massas tropical atlântica e polar atlântica.

Embora as classificações climáticas mencionadas ofereçam importantes subsídios à compreensão do clima e, em particular, da pluviosidade na bacia do Paraná, pois quase toda a classificação do território paulista pode ser utilizada, e uma parte substancial daquela feita para o Mato Grosso do Sul também, há que se alertar para o fato de que as mesmas precisam ser completadas e complementadas. Afinal, ainda existem muitas áreas “a descoberto” dentro da bacia, motivo suficiente para que se prossiga com a investigação que, momentaneamente, está sendo encerrada. Porém, destas duas classificações é possível notar que importantes áreas

da bacia do Paraná já foram abordadas do ponto de vista da análise rítmica das chuvas, com vista à classificação climática de base genética, graças ao auxílio que a morfologia do relevo também oferece à gênese pluvial, conforme ilustra a figura 6, abaixo.



**Figura 6** – Áreas da bacia do Paraná já cobertas por classificações climáticas genéticas (Monteiro, 1973; Zavatini, 1990), baseadas nas chuvas e na morfologia do relevo.

Vale lembrar que os resultados alcançados pelas referidas obras, que envolvem uma parcela considerável da bacia do Paraná, já foram, inclusive, estudados em detalhe. É o caso da obra de Boin (2000), que realiza uma minuciosa análise climatológica da região oeste do estado de São Paulo. Este autor até mesmo correlaciona totais diários de chuva a processos erosivos e propõe, ao finalizar a pesquisa, não apenas um detalhamento daquela classificação climática de Monteiro (1973) como, também, uma classificação climática baseada no ritmo atmosférico e na gênese das chuvas diárias e dos processos erosivos no oeste paulista. Assim, Boin (Op. cit.) consegue ampliar o horizonte da pesquisa em Climatologia Geográfica que havia sido descortinado por Monteiro para o Brasil.

Em síntese, todas as classificações climáticas aqui mencionadas não o foram ao acaso, pois apresentam excelentes análises e muitas informações, principalmente sobre o elemento chuva e a dinâmica atmosférica, que sem dúvida foram fundamentais aos citados autores, quando da regionalização climática por eles propostas. Este mesmo elemento do clima, isto é, a chuva, de fundamental importância para as atividades humanas, também é estudado nesta pesquisa, como se poderá depreender da leitura dos capítulos seguintes.

## 2. BASES PROCEDIMENTAIS E METODOLÓGICAS

### 2.1 Quanto aos materiais utilizados

Foram utilizados dados pluviométricos da rede de estações e postos sob administração da Agência Nacional de Águas – ANA, distribuídos ao longo de toda a bacia.

A série histórica utilizada para a análise climatológica foi escolhida a partir da disponibilidade de dados pluviométricos dessa rede, considerando-se que os mesmos abrangiam um período de registro bastante longo, cujo início era no ano de 1911, e que foram disponibilizados pela ANA, seja através de arquivos digitais ou através da *internet*.

A análise e seleção da série histórica e o tratamento estatístico dos dados de chuva referentes à série temporal definida para esta pesquisa, foram realizados através do *software Excel 2007*, utilizado também para a confecção dos gráficos e tabelas, muito úteis para a síntese e interpretação dos resultados.

A interpolação dos mapas de chuva, na forma de isoietas, foi realizada através do *software Surfer 8* e pelo método *Kriging*.

A delimitação, localização geográfica, escala de análise da área de estudo, bem como a localização e representação dos postos pluviométricos na bacia, foram obtidas graças ao *software ArcGIS 9.3*.

As correções cartográficas que se fizeram necessárias, bem como a montagem e criação de algumas figuras e quadros foram elaborados através do *software CorelDRAW 13*.

Todos os *softwares* citados trabalham em sistema operacional *Windows XP*, de propriedade da *Microsoft Corporation*®.

## 2.2 Quanto às técnicas utilizadas

### 2.2.1 Na obtenção de dados

Para a obtenção dos dados necessários ao desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se, antes de qualquer coisa, uma pesquisa para se saber quais são os órgãos ou entidades responsáveis pela coleta e administração dos mesmos. A princípio, a idéia era buscar entidades estaduais as quais administrassem postos pluviométricos que se encontrassem dentro da área de estudo, já que a bacia do Paraná abrange parcelas de cinco estados brasileiros, bem como o Distrito Federal. O contato com tais órgãos deveria ser realizado através de correios eletrônicos (*e-mail*), no entanto, não se obteve êxito com tal iniciativa na maioria das entidades.

Outra tentativa, também frustrada, foi a de busca de informações e dados disponibilizados por tais órgãos e entidades estaduais através de endereços eletrônicos na *internet* (*sites*), pois somente o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE do estado de São Paulo possuía tais informações com acesso disponível.

Tentou-se, ainda, utilizar um CD disponibilizado pelo DAEE contendo um *software* com informações de dados pluviométricos do estado de São Paulo que, por sua vez, em virtude de ser antigo e não ter sido atualizado, não pode ser instalado em um microcomputador devido à incompatibilidade do referido *software* com os sistemas atuais de informática.

A partir de então, decidiu-se entrar em contato com a ANA, um órgão federal criado para administrar e organizar todas as informações referentes aos recursos hídricos em território nacional e que possui sua sede no Distrito Federal. Este contato foi feito via *e-mail* e alguns dias depois foi disponibilizado um CD contendo os dados pluviométricos da bacia do Paraná.

### 2.2.2 Na manipulação de dados brutos

Os dados contidos no CD disponibilizado pela ANA estavam em arquivos digitais que poderiam ser lidos através do programa *Access*, da *Microsoft Corporation*®, ou através

do programa *Sistema de Informações Hidrológicas – HIDRO*, pertencente à ANA e disponível na *internet* através do endereço eletrônico (*site*) da referida entidade.

Os dados, então, foram exportados para o formato *Excel* a fim de possibilitar melhor análise e tratamento das informações. Deve-se considerar, no entanto, que tais dados eram relativamente volumosos, pois, somente os dados de chuvas já correspondiam a nada menos que 661 postos pluviométricos, contidos em um único arquivo, ou seja, uma planilha com 110 colunas e aproximadamente 265.000 linhas. Eis que surge o primeiro problema na manipulação dos dados, pois a versão 2003 do *software Excel* até então utilizada não disponibilizava planilhas com tantas linhas de informação, sendo que o seu limite máximo de linhas era de aproximadamente 65.000, o que forçaria à divisão do arquivo em cinco partes, dificultando a manipulação e análise.

Diante deste imenso volume de dados, tornou-se necessário algumas medidas que viessem a minimizar os esforços nas análises das informações futuras. O primeiro passo foi substituir a versão mais antiga do *Excel* por uma mais recente, no caso a versão 2007, que possui planilhas com mais de 1.000.000 de linhas, possibilitando a organização dos dados em apenas uma planilha.

A partir de então, fez-se uma análise para saber quais colunas da planilha continham informações que não seriam utilizadas, e que poderiam ser excluídas, deixando somente as informações realmente úteis. Logo após, organizou-se todos os postos pluviométricos em ordem alfabética a fim de facilitar a seleção e análise individual. Posteriormente, ordenaram-se os dados de chuva de cada posto a partir dos mais antigos até aos mais recentes, possibilitando saber qual era o período de disponibilização de dados que cada um oferecia.

Alguns postos também traziam dados repetidos em virtude da existência de dois diferentes “Níveis de Consistência” (níveis 1 e 2) como mostra o quadro 2. Neste caso, foram verificados todos os postos que continham tais níveis e no caso de repetição dos dados pluviométricos realizou-se a exclusão de um deles. Diversos postos apresentaram tal situação, porém, em alguns a série histórica de um dos “Níveis de Consistência” era bem mais curta. Nesses casos optou-se por utilizar aquele que possuía a série mais longa, de melhor qualidade, e em caso de falha complementou-se os dados falhados com os do outro nível.

**Quadro 2** – Exemplo de parte de planilha mostrando um posto pluviométrico com dois anos iguais, repetindo os mesmos dados de chuvas devido à ocorrência de dois “Níveis de Consistência” (1 e 2).

Id	Código	Nome	Latitude	Longitude	Altitude	NívelConsistencia	Data	Chuva01	Chuva02	Chuva03	Chuva04	Chuva05	Chuva06	Chuva07	Chuva08	Chuva09	Chuva10	Chuva11	Chuva12	Chuva13	
3454	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/1/1999	3,5	41,1	19,9	3,8	20,9	36,2	37,7	31,1	13,1	0,0	0,0	0,0	0	
3455	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/2/1999	3,3	1,7	1,5	0,0	0,0	0,0	8,0	4,9	0,0	3,6	2,0	1,7	0	
3456	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/3/1999	13,5	10,0	2,4	1,3	0,0	0,0	15,3	4,9	0,3	0,3	1,0	24,3	11	
3457	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/4/1999	11,2	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	4,0	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0	
3458	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/5/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3459	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/6/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3460	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/7/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3461	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/8/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3462	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/9/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	3
3463	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/10/1999	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3464	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/11/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,9	26,2	17,1	1,8	0,8	4	
3465	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	2	1/12/1999	0,0	0,0	0,0	6,7	46,1	2,0	0,0	23,3	93,7	4,5	33,6	1,4	5	
3466	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/1/1999	3,5	41,1	19,9	3,8	20,9	36,2	37,7	31,1	13,1	0,0	0,0	0,0	0	
3467	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/2/1999	3,3	1,7	1,5	0,0	0,0	0,0	8,0	4,9	0,0	3,6	2,0	1,7	0	
3468	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/3/1999	13,5	10,0	2,4	1,3	0,0	0,0	15,3	4,9	0,3	0,3	1,0	24,3	11	
3469	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/4/1999	11,2	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	4,0	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0	
3470	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/5/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3471	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/6/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3472	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/7/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3473	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/8/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3474	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/9/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	3
3475	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/10/1999	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
3476	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/11/1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,9	26,2	17,1	1,8	0,8	4	
3477	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/12/1999	0,0	0,0	0,0	6,7	46,1	2,0	0,0	23,3	93,7	4,5	33,6	1,4	5	
3478	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/1/2000	24,5	134,5	96,8	70,7	36,4	14,9	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15	
3479	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/2/2000	24,2	18,6	0,0	0,0	0,0	3,3	45,8	7,2	23,3	50,7	11,1	26,4	0	
3480	2144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	966	1	1/3/2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,9	0,0	24,3	12,2	23	

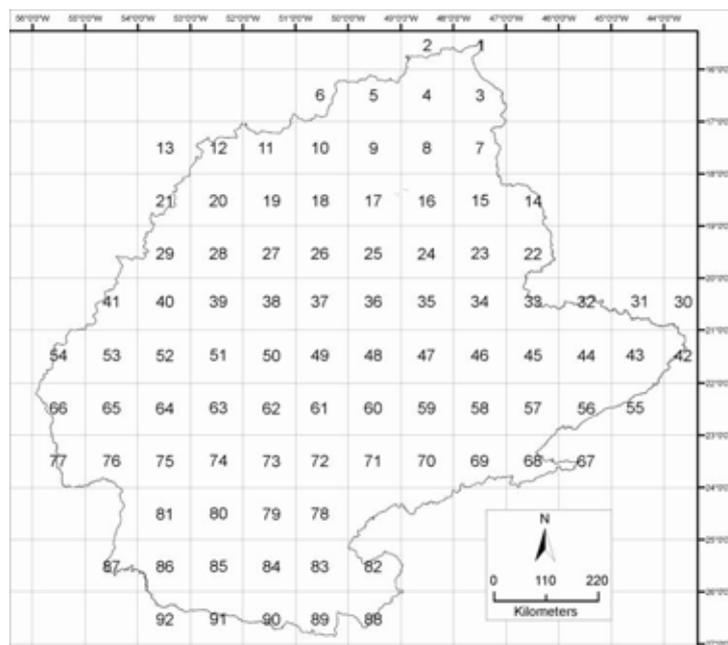
Após a finalização desta etapa de filtragem e exclusão de dados repetidos realizou-se a análise dos dados que restaram no CD, a fim de se saber a qualidade e abrangência dos mesmos. Como foram considerados insuficientes, buscaram-se através do site da ANA na internet novos dados que complementassem os até então adquiridos, já que o banco de dados disponível *on line* é atualizado com frequência; também porque no referido CD, adquirido no início de 2007, não constavam os dados mais recentes e os dados mais antigos, com início no ano de 1913, possuíam má qualidade.

### 2.2.3 Na espacialização da rede de postos pluviométricos

Com todos os postos re-analisados e atualizados, iniciou-se o trabalho de verificação e distribuição espacial dos 661 postos pluviométricos na área de estudo. Para tanto, dividiu-se a bacia em quadrículas, formando uma malha de 1 grau por 1 grau (Figura 7). Tal medida foi tomada tendo em vista o fato de que a área de estudo é extensa e que a divisão em quadrículas facilitaria a análise por setores ou parcelas menores de áreas. Ao mesmo tempo, em caso de falha nos dados, tornar-se-ia mais fácil a busca destes através do posto vizinho mais próximo, dentro da mesma quadrícula. Por outro lado, a utilização de quadrículas maiores do que 1 grau poderia tornar tal iniciativa inviável, pois aumentaria em muito as distâncias entre os postos, já que a distância de 1 grau adotada representa mais que 100 km de extensão. Ao mesmo tempo, adotar quadrículas menores do que 1 grau poderia

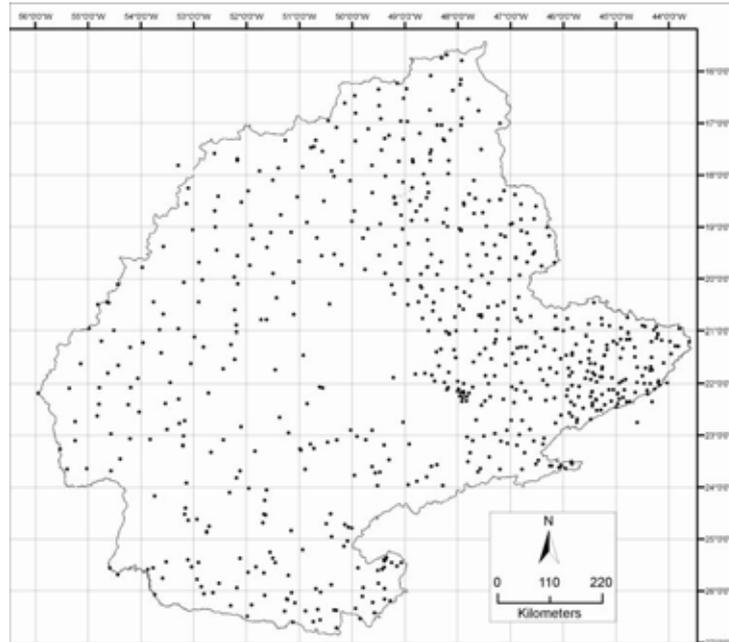
acarretar no risco de não encontrar nenhum posto dentro de determinadas áreas da bacia, pois as parcelas pequenas podem se ressentir da irregular distribuição espacial da rede pluviométrica pela área de estudo.

A fim de facilitar a visualização, localização e diferenciação das áreas, tais quadrículas foram então enumeradas. Desta forma, a quadrícula 1 corresponde àquela entre as latitudes de 15 e 16 graus Sul e longitudes de 47 e 48 graus Oeste. A quadrícula 2, que se encontra a oeste da primeira, também fica entre as mesmas latitudes, no entanto, entre as longitudes de 48 e 49 graus Oeste. Já a quadrícula 3, por se encontrar ao sul das duas anteriores, fica entre as latitudes de 16 e 17 graus, enquanto que o intervalo das longitudes é o mesmo da quadrícula 1. Portanto, há uma ordenação numérica que considera o aumento da latitude, de Norte para Sul, e da longitude, de Leste para Oeste. Finalizado este processo, notou-se que a área total da bacia foi recoberta por 92 quadrículas.



**Figura 7** – Divisão da bacia do Paraná em quadrículas de 1 grau por 1 grau, enumeradas no sentido do aumento da latitude (de Norte para Sul) e da longitude (de Leste para Oeste).

Da análise da figura 7, acima apresentada, e da figura 8, a seguir, é possível notar a densidade de postos pluviométricos em cada uma das 92 quadrículas que compõem a área de estudo. Por exemplo, a quadrícula 1 tem apenas um posto pluviométrico, enquanto que a quadrícula 2 apresenta dois postos e assim por diante. Cabe lembrar que esta é a distribuição espacial dos 661 postos acima citados.



**Figura 8** – Divisão da bacia do Paraná em quadrículas, mostrando a distribuição dos 661 postos pluviométricos a serem analisados.

#### 2.2.4 Na busca de séries temporais consistentes

Finalizada a etapa de análise das planilhas com os dados brutos, iniciou-se a fase de verificação das falhas nos dados de chuva de todos os postos no nível diário, mensal e anual. Para tanto, foi utilizada e aperfeiçoada a técnica de construção de planilhas contendo séries históricas, usada por Zavatini (1990) em pesquisa sobre o Mato Grosso do Sul, visando ao preenchimento das lacunas nelas existentes. São planilhas criadas com o específico objetivo de destacar o conteúdo de cada quadrícula (quantos postos pluviométricos nela estão contidos), e de localizá-los através de coordenadas geográficas, identificando-os e mostrando suas possíveis falhas nos dados. Assim, foi possível sintetizar, numa só ilustração (Quadro 3), aquela extensa planilha contendo os dados de chuva inicialmente existentes, o que não só reduziu o volume de dados a ser analisado como, também, facilitou e acelerou a visualização das falhas em cada uma das 92 quadrículas.

**Quadro 3** – Parte da planilha que sintetiza os dados dos 661 postos pluviométricos e que contém dois níveis de informação: o primeiro informa os anos completos; o segundo, mostra ao longo dos anos restantes, quais são os meses com falhas e quantos são os dias falhados.

Quadrícula	Posto	Nome	Latitude	Longitude	Altitude	Anos Completos	Anos com Falhas e nº de Dias com Falha no Mês																									
							Ano/Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D													
1	1547032	ANA SEDE	-15,78944444	-47,92222222	1150		02	31	28	31	4	4	6	9				4	4	6	9											
							03	7	8	13	4											7	10	8								
							04	8	9	8	5												3	11	7							
							05	10	6	8	4												2	2	4							
							06																			5	9	7	6			
							07	7	8																	4	11	10				
							08	6	9	11	7	31	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31			
							73	31	28	31	30	31	30	31	17																	
							80						2																			
							2	1548000	BRAZILÂNDIA (QUADRA 18)	-15,68055556	-48,20222222	1100	74,75,76,77,78,79,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,93,97,02,03,04,05,06	91																	2	
92	31	29	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30						
94																											9					
95																													4			
96																																
98	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	10		
99	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
00	31	29	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
01	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
06																																
2	1548020	AGUAS LINDAS	-15,74138889	-48,30555556		03,04,05,06	07	31	29	31	30	31	30	31	29										31	30	31					
							73	31	22																							
							74																									
							76																									
							77																									
							78																									
							79	31	28	31																						
							83																									
							87	31																								
							3	1647002	CRISTALINA	-16,75638889	-47,60611111	1239	75,80,81,82,84,85,86,88,89,90,91,92,93,94,00,01,02,03,04,05,06	95																		
96	31	29	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31				
97	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31			
98	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
99	31	28	31	30	31	30								31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
07																																

MESES COM NENHUM DIA DE FALHA     
  MESES COM ATÉ 10 DIAS DE FALHAS     
  MESES COM MAIS DE 10 DIAS DE FALHAS

Adaptado de Zavattini, J. A. (1990); Organizado por Zandonadi, L. (2009).

Esta planilha reduziu o número de linhas de dados para pouco menos de 7.000 (antes eram 265.000 linhas) e possibilitou uma visualização mais rápida e precisa de toda a série de dados disponível.

Desta forma, na primeira, quarta e quinta colunas da planilha, observam-se, respectivamente, o número da quadrícula em que o posto se insere e suas coordenadas geográficas, isto é, sua localização espacial. As colunas dois e três mencionam informações de identificação dos postos, enquanto que a coluna seis traz as altitudes de cada um destes (quando o intervalo se encontra em branco é porque as mesmas não foram disponibilizadas). A coluna sete identifica os anos em que não houve nenhum dia de falha nos dados de chuva e, portanto, são representados com números na cor azul. A coluna oito, um tanto quanto mais complexa, reúne informações acerca dos anos, meses e dias com falhas. Assim, na parte esquerda da referida coluna (na vertical), são identificados os anos que contêm falhas, à direita dos quais segue/seguem (na horizontal) o/s mês/meses dentro do/s qual/quais a/s falha/s ocorreu/ocorreram e, dentro desses meses, quantos foram os dias com falhas de dados. Para facilitar a visualização e melhor interpretação das informações contidas nessa planilha utilizou-se, ainda, um esquema cartográfico de cores que assim representa os meses e dias com falhas: as células verdes são os meses sem falha alguma, as células amarelas são os meses com até 10 dias de falhas e, as vermelhas, os meses com mais de 10 dias de falhas.

Esse esquema cromático, baseado grosseiramente nos semáforos de trânsito, também foi executado pensando nas facilidades que o mesmo poderia oferecer à utilização das informações de um dado posto pluviométrico (ausência ou presença de falhas diárias) e, em particular, ao complemento dessas falhas por dados existentes num posto vizinho. Ou, em último caso, no tratamento estatístico necessário ao preenchimento de falhas, quando as mesmas não pudessem, de nenhuma maneira, ser preenchidas com dados reais de postos adjacentes.

Desta maneira, pode-se dizer que as células verdes indicam postos que podem ter seus dados aproveitados por vizinhos próximos com falhas; já as células de cor amarela indicam meses que poderiam passar por tratamento estatístico, tendo em vista o preenchimento de falhas que, neste caso, não ultrapassam os 10 dias, uma decisão empírica que considerou que este número equivale, praticamente, a um terço de um mês inteiro. Já as células vermelhas, com grande número de dias com falhas de dados, seriam descartadas, pois qualquer tratamento estatístico para preenchimento de mais de um terço de um dado mês

do ano poderia (e pode) mascarar os valores de chuvas realmente registrados ao longo da bacia em estudo, e fugiria dos propósitos da presente dissertação.

Na seqüência, parte das informações da planilha, anteriormente representada no quadro 3, foi transportada para uma nova planilha (Quadro 4), a fim de que fossem representados somente os postos em que os anos estão com dados totalmente completos.

Foi possível, então, verificar qual era o número total de postos com dados completos dentro de cada quadrícula, a partir dos quais se procurou selecionar qual posto possuía a série de dados mais completa, sendo que este foi usado como representativo das chuvas naquela quadrícula. Quando, mesmo assim, não se conseguia um posto com boa qualidade de dados, escolhia-se o menos problemático dentre todos, e suas falhas eram então complementadas com os dados de seu(s) vizinho(s) mais próximo(s).

Da mesma forma que na planilha mostrada no quadro 3 acima, nesta, representada no quadro 4, logo a seguir, os anos em que ocorreram falhas nos dados de chuvas estão identificados pela cor branca, ou seja, por células em branco. Já a representação dos anos cujos dados não apresentam falhas, tanto no quadro 3 (Coluna 7 – Anos Completos) como no quadro 4, foi feita utilizando-se a cor azul.

Na coluna 1 da planilha representada no quadro 4, observa-se o número da quadrícula em que cada posto se insere. Na seqüência, a segunda coluna informa o nome de cada posto pluviométrico, sendo que nas demais estão representados os anos equivalentes a todo o período histórico analisado que, no caso deste estudo, tem seu início no ano de 1944 (já havia sido feito um recorte inicial) e o seu término se dá no ano de 2008.

Esta planilha, parcialmente representada no quadro 4, muito contribuiu na melhoria da visualização dos dados no nível anual, bem como auxiliou na identificação prévia da série histórica a ser utilizada nas próximas etapas da pesquisa. Foi por meio dela que se percebeu, por exemplo, que o período de maior homogeneidade nos dados era o período 1976 a 2006. Após essa prévia definição da série histórica a ser utilizada procedeu-se a um novo recorte na planilha, a fim de melhor definir o período a ser analisado com mais profundidade, do ponto de vista climatológico. Esse recorte ainda foi útil na eliminação de informações desnecessárias, na melhoria da visualização dos dados existentes, visando à futura análise climatológica dos dados pluviométricos, como demonstra o quadro 5.



**Quadro 5** – Parte da planilha contendo a série histórica, provisoriamente escolhida (1976 a 2006), após recorte da planilha parcialmente representada na figura 6.

QUADRÍCULA	POSTO	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	
1	ANA SEDE																																
2	BRAZLÂNDIA (QUADRA 18)																																
	ÁGUAS LINDAS																																
3	CRISTALINA																																
	PONTE SÃO BARTOLOMEU																																
	FAZENDA BURITI																																
	MINGONE																																
	LUZIÂNIA																																
4	ESTRADA GO-56 (PCD INPE)																																
	PONTE ANÁPOLIS - BRASÍLIA																																
	VIANÓPOLIS																																
	BELA VISTA DE GOIÁS																																
	ANÁPOLIS																																
5	GOIANÁPOLIS																																
	FAZENDA BONITA DE BAIXO																																
	OURO VERDE DE GOIÁS																																
	ARAGOIÂNIA																																
	TRINDADE																																
	INHUMAS																																
	PALMEIRAS DE GOIÁS																																
	ANICUNS																																
6	TURVÂNIA																																
	PARAÚNA																																
7	PONTE SÃO MARCOS																																
	CAMPO ALEGRE DE GOIÁS																																
	ENGENHEIRO AMORIM																																
8	MONTES CLAROS																																
	IPAMERI																																
	IPAMERI (PECUÁRIA)																																
	ESTAÇÃO VERÍSSIMO																																
	PIRES DO RIO																																
	PIRES DO RIO I																																
	ORIZONA (CAMPO FORMOSO)																																
	EGERINEU TEIXEIRA																																
	CHACARA DA BARRA																																
	CALDAS NOVAS																																
	RIO DO PEIXE																																
	MARZAGÃO																																
	CRISTIANÓPOLIS																																
	JUSANTE PONTE GO-213																																
	FAZENDA PAPUA																																

Após análise dos 661 postos pluviométricos, através da série histórica previamente escolhida (conforme exemplo da planilha do quadro 5), foi possível observar que apenas 13 postos apresentavam todos os 31 anos da série sem nenhuma falha nos dados. Estes postos foram localizados dentro da bacia em estudo, conforme é mostrado na figura 9.

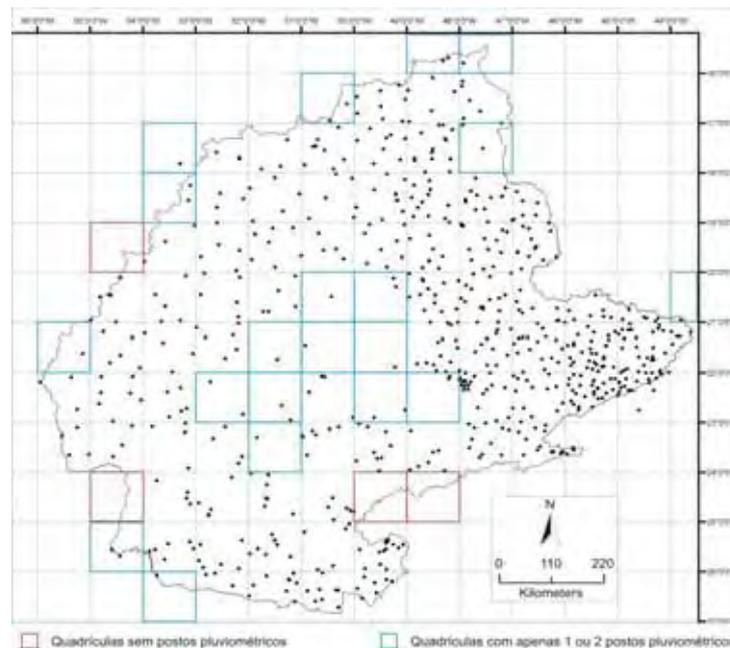
Isto demonstra que a técnica até então utilizada foi capaz de selecionar um número reduzido de postos, insuficientes para garantir, portanto, uma análise correta das chuvas que caem por toda a vasta área abrangida pela bacia do Paraná. Nem mesmo em sua porção mais meridional, onde se concentra a maioria dos postos sem falhas, há densidade suficiente para garantir resultados satisfatórios.

A falta de postos com dados completos de chuvas deveu-se, principalmente, às falhas ocorridas em diversos deles, durante um mesmo período, ou seja, a ausência de dados ocorreu sempre em datas idênticas a um conjunto comum de postos, ora num ponto da bacia ora noutros. Em certos casos, os postos com falhas concentravam-se numa mesma região, inclusive, alguns apresentavam falhas durante um ano inteiro.





Outro fator que dificultou a análise das chuvas foi a ocorrência de baixa densidade de postos pluviométricos em algumas regiões da bacia. A figura 10 mostra que em algumas quadrículas não foi registrada a presença de nenhum posto (quadrículas na cor vermelha). Já outras quadrículas, apresentam apenas um ou dois postos (quadrículas na cor azul), porém, os mesmos não são suficientes para garantir um período totalmente sem falhas para a própria quadrícula e, ainda, há que se considerar que não é possível fazer a compensação dos dados entre um posto e outro, pois nenhum deles apresenta uma série de dados com qualidade.



**Figura 10** – Identificação das quadrículas com ausência de postos pluviométricos e daquelas com apenas um ou dois postos.

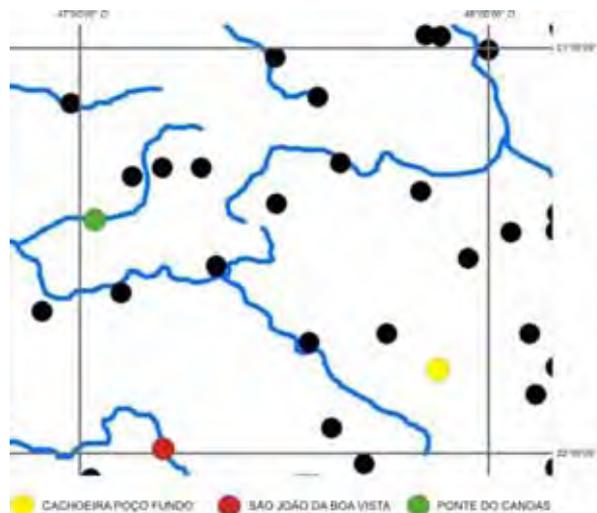
### 2.2.5 No preenchimento de dados com falhas

Não bastassem os agravantes já citados, outro surgiu quando se tentou fazer a complementação de falhas de um determinado posto através dos dados do seu vizinho mais próximo. Agora, a compensação não foi possível, ou foi bastante dificultada, pelos seguintes problemas: um posto encontrava-se muito distante do outro; havia grande diferença de altitude entre ambos; um determinado posto encontrava-se às margens de um rio enquanto o seu vizinho mais próximo estava muito distante; a localização dos postos era na borda da quadrícula ou muito próxima a ela (o que deixava o restante da mesma sem cobertura de informação) e, neste caso, é importante ressaltar que se estava considerando a necessidade de se obter, ao menos, um posto pluviométrico por quadrícula.

Da análise conjunta do quadro 9 e figura 11 é possível verificar, com mais detalhe, através de exemplo criteriosamente selecionado, como se comportavam os outros casos relatados anteriormente. Tais figuras mostram que o posto pluviométrico com melhor qualidade de dados era o de Cachoeira Poço Fundo, pois apenas os anos de 1990 e 2006 apresentavam falhas (quadro 9). Este posto, portanto, seria utilizado como representativo das chuvas que ocorreram na quadrícula 45, ao longo daqueles mencionados 31 anos de observação (1976-2006), sendo que os demais postos serviriam somente para o preenchimento das lacunas existentes naquele melhor (anos de 1990 e 2006), definido pela boa qualidade de sua série histórica. Entretanto, como bem revela a figura 11, a localização de tal posto não é muito satisfatória, pois o mesmo se encontra na porção sudeste da quadrícula, deixando uma grande área da mesma a descoberto.

**Quadro 9** – Parte da planilha que exemplifica os postos situados na quadrícula 45 e suas respectivas séries pluviométricas (anos com dados completos ou com falhas), para o período 1976 a 2006.

QUADRÍCULA	POSTO	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	
45	USINA ITAIPAVA (FAZ. AMÁLIA)																																
	USINA MUZAMBINHO																																
	SERRANIA																																
	CACHOEIRA POÇO FUNDO																																
	ESTAÇÃO DE AREADO																																
	CAMPESTRE																																
	JURÉIA																																
	FRUTICOLA INDUSTRIAL																																
	USINA NOVA RESENDE																																
	CACHOEIRA DO CARMO																																
	MUZAMBINHO																																
	BOM JESUS DA PENHA																																
	CAÇONDE (PARADOURO)																																
	GUAXUPÉ ANA / CESP																																
	SÃO JOÃO DA BOA VISTA																																
	GUARANÉSIA																																
	ONÇA																																
	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO																																
SÃO JOSÉ DO RIO PARDO I																																	
PONTE DO CANOAS																																	



**Figura 11** – Quadrícula 45 - Localização dos postos pluviométricos, destacando-se (em vermelho e verde) os que poderiam ser utilizados no preenchimento das falhas do posto Cachoeira Poço Fundo (em amarelo).

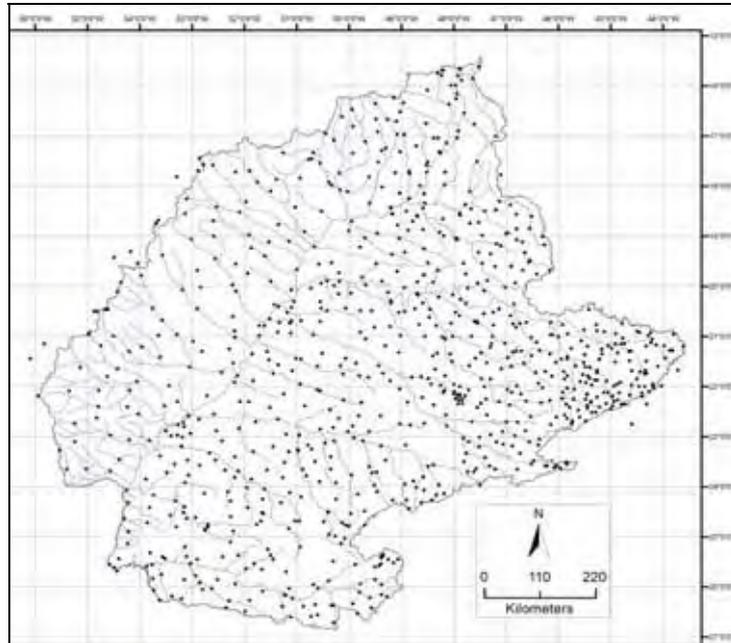
Observando as séries históricas dos demais postos pluviométricos é possível ver que São João da Boa Vista e Ponte do Canoas são os únicos em condições de complementar os dados faltantes do ano de 2006 no posto Cachoeira Poço Fundo. Ao verificar a distribuição geográfica desses três postos nota-se que a localização não ajuda muito, pois o fato dos mesmos encontrarem-se nas bordas da quadrícula 45 a deixa, em sua maior parte, com vazios de informação. Uma distribuição menos periférica seria a ideal para o exemplo aqui focado, não bastasse também haver uma distância relativamente grande entre os três postos mencionados. Tudo isto sem falar que o melhor posto (Cachoeira Poço Fundo) está num divisor de águas enquanto que os seus possíveis substitutos em termos de dados (São João da Boa Vista e Ponte do Canoas) estão localizados às margens de cursos de rios que pertencem a bacias hidrográficas distintas.

Se, no exemplo em questão, fosse tomada a decisão de substituir os dados faltantes no ano de 2006, surgiria, ainda, o problema das diferenças altimétricas, diretamente ligadas à localização geográfica de tais postos, já apontada no parágrafo precedente. Assim, a título de esclarecimento, as lacunas de dados do posto Cachoeira Poço Fundo não poderiam ser cobertas pelo posto Ponte do Canoas, pois enquanto o primeiro está a 820 metros acima do nível do mar o segundo está a 524 metros, uma diferença de quase 300 metros entre eles.

Se, contudo, a decisão apontasse para o uso dos dados do posto São João da Boa Vista, a diferença de altitude já não seria tão gritante, pois ele está a 766 metros acima do nível do mar. Assim, os apenas 54 metros de diferenciação altimétrica entre este posto e aquele de Cachoeira Poço Fundo, favoreceriam a substituição de dados; mas, seus sítios e situações geográficas, também já descritos, impediriam essa operação compensatória de dados.

Tendo em vista que os procedimentos até então adotados não satisfaziam itens importantes, tais como, homogeneidade na distribuição dos postos pluviométricos pela área de estudo; ou ainda, correta substituição dos dados faltantes nas séries temporais obtidas (1976-2006), uma nova decisão foi tomada. Assim, mais postos foram inseridos em quadrículas menos providas, tanto naquelas com baixa densidade de postos como nas quais os postos existentes não proporcionavam dados suficientes para a escolha de uma série histórica ininterrupta. Ou, nalguns casos, não permitiam a correta compensação de dados entre postos de uma mesma quadrícula, conforme exemplificado há pouco.

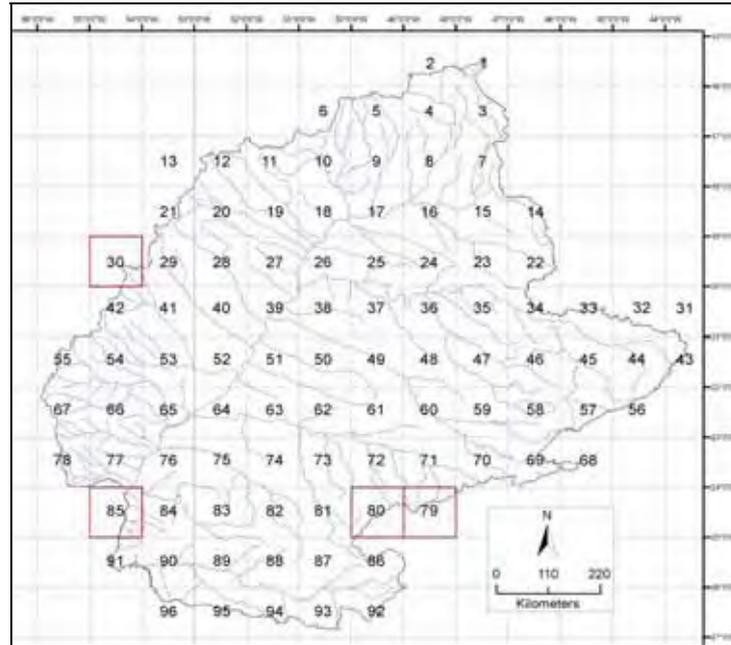
Numa primeira etapa, através da consulta ao *site* da ANA, foram aproveitados mais 200 postos, passando então de 661 para 861 o número total de postos por toda a área de estudo, o que originou uma nova malha de pontos, distribuídos como mostra a figura 12.



**Figura 12** – Distribuição espacial dos 861 postos pluviométricos obtidos para o estudo das chuvas na bacia do Paraná.

Com a inserção dos 200 novos postos houve melhoria na distribuição espacial dos mesmos e foram recobertas as áreas e quadrículas com baixa densidade de postos (área central da bacia e quadrículas com apenas um ou dois postos, por exemplo). Houve, também, a inserção de postos em algumas bordas da bacia do Paraná, o que implicou no recobrimento dessa área por mais quatro quadrículas, cujo número total passou a ser de 96, como indicado na figura 13.

Finalizada esta etapa da pesquisa e visando ao tratamento dos dados de chuva, fez-se a inclusão nas planilhas pertinentes das séries temporais desses 200 novos postos obtidos, ocasião em que todas aquelas operações já descritas foram novamente repetidas. Finalizada a inclusão, percebeu-se um significativo aumento da quantidade de postos sem falhas anuais (37 postos), pois quando o total de postos era de 661, apenas 13 deles apresentavam séries históricas completas. Contudo, o resultado colhido não pode ser considerado um grande sucesso, o que exigiu, por conseqüência, a complementação de dados faltantes pelos existentes em postos vizinhos, tática que até então havia sido evitada.



**Figura 13** – A inser o de novas quadrículas, as de número 30, 79, 80 e 85, totalizou 96 ao longo da área de estudo.

Mas, como trabalhar com apenas 37 postos detentores de séries ininterruptas era algo inviável, considerada a vasta extensão da área de estudo, procurou-se aumentar o número de postos utilizáveis escolhendo ao menos um dentro de cada uma das 96 quadrículas. Tal decisão foi tomada, por um lado, porque já havia sido gasto um longo tempo na montagem das planilhas anteriormente exemplificadas e, por outro lado, devido ao caráter preliminar da presente pesquisa ser de nível regional. Isto porque não seria conveniente iniciar este estudo de climatologia geográfica, cuja abrangência espacial e temporal lhe d , precisamente, o caráter regional acima aventado, tratando, com requintes de detalhe, das chuvas caídas apenas nalguns pontos da bacia do Paraná, ou seja, naqueles 37 postos com séries completas de dados. Em síntese, tendo em vista a proximidade entre esta pesquisa e a de Zavatini (1990), um estudo sobre as chuvas no estado de Mato Grosso do Sul e considerados os resultados por ele obtidos, julgou-se procedente agir conforme descrito a seguir, embora a abrangência espacial e temporal desta investiga o supere, em muito, o daquela.

Foram esses os principais motivos que levaram à escolha de pelo menos um posto pluviométrico por quadrícula, desde que o mesmo fosse capaz de representar, em linhas gerais, a pluviosidade ali ocorrida no período de 31 anos (1976-2006). Para tanto foram adotados os seguintes critérios: a) privilegiar, dentro de cada quadrícula, a série temporal com menor número de lacunas (ou falhas nos dados); b) preencher as lacunas existentes,

substituindo-as com dados equivalentes de outros postos, independentemente da posição, sítio e situação que ocupassem naquela quadrícula; c) uma vez selecionado o melhor posto da quadrícula e não havendo, dentro dela, nenhum outro com série pluviométrica capaz de recobrir suas falhas, utilizar, então, os dados equivalentes de postos pluviométricos situados em quadrículas adjacentes; d) em última instância, quando nenhuma dessas alternativas resultasse satisfatória, calcular a média da série histórica disponível naquele melhor posto já selecionado e utilizá-la para preencher a lacuna nela existente, critério que, felizmente, só foi aplicado a dois casos específicos (postos pluviométricos José Bonifácio e Águas do Verê - 396, pertencentes às quadrículas 49 e 89, com falhas, respectivamente, entre outubro de 2004 a dezembro de 2005 e janeiro de 2003 a dezembro de 2005).

Uma vez selecionados os melhores postos de cada quadrícula, a série histórica pré-definida (1976-2006) foi reavaliada e o ano de 2006 foi dela retirado, pois apresentava uma grande quantidade de falhas. Preencher todas elas dificultaria a análise climatológica pretendida porque as séries históricas se tornariam artificiais em muitas quadrículas. A relação dos 96 postos pluviométricos selecionados como representativos do mesmo número de quadrículas que compõe a área de estudo encontra-se no quadro 10.

É importante lembrar que a série histórica foi escolhida levando-se em consideração não somente a melhor qualidade dos dados pluviométricos, mas também o fato de que o período selecionado equivale ao período mínimo recomendado pela Organização Meteorológica Mundial – OMM, quando do estudo dos climas, isto é, 30 anos de dados ininterruptos.

**Quadro 10** – Postos pluviométricos representativos das 96 quadrículas que compõem a bacia do Paraná e que foram utilizados no estudo geográfico preliminar das chuvas do período 1976-2005.

Quadrícula	Nome do posto	Latitude	Longitude
1	Contagem	-15,85000000	-47,63330000
2	Brazlândia	-15,68330000	-48,21670000
3	Mingone	-16,15583333	-47,93666667
4	Ponte Anápolis - Brasília	-16,08333333	-48,50833333
5	Trindade	-16,65944444	-49,48638889
6	Turvânia	-16,60944444	-50,13277778
7	Guarda-mor	-17,77080000	-47,10110000
8	Montes Claros	-17,12972222	-48,13333333
9	Joviânia	-17,81000000	-49,61694444
10	Maurilândia	-17,97420000	-50,33720000
11	Ponte Rio Claro	-17,91666667	-51,75000000
12	Fazenda São Bernardo	-17,68810000	-52,88280000
13	Fazenda Taquari	-17,81138889	-53,28888889
14	Santana de Patos	-18,84111111	-46,55083333
15	Abadia dos Dourados	-18,49111111	-47,40638889
16	Tupaciguara	-18,60030000	-48,69060000
17	Ipiacu	-18,69194444	-49,94861111
18	Fazenda Aliança	-18,10472222	-50,03138889
19	Pombal	-18,09500000	-51,49694444
20	Campo Alegre	-18,51777778	-52,09305556

21	Colônia Figueirão	-18.67360000	-53.64140000
22	Salitre	-19.07055556	-46.79583333
23	Perdizes	-19.34861111	-47.29527778
24	Campo Florido	-19.77055556	-48.57416667
25	Campina Verde	-19.54222222	-49.48305556
26	Iturama	-19.72472222	-50.19166667
27	Itaiá	-19.10611111	-51.53361111
28	Morangas	-19.55305556	-52.16638889
29	Alto Rio Verde	-19.37666667	-53.56888889
30	Bandeirantes	-19.91780000	-54.35860000
31	Carandaí	-20.95583333	-43.80083333
32	Resende Costa	-20.92361111	-44.23833333
33	Formiga	-20.45722222	-45.41916667
34	Usina Santana	-20.81166667	-46.80805556
35	Ituverava	-20.33333333	-47.76666667
36	Morro Agudo	-20.73333333	-48.05000000
37	Tabapuã	-20.98330000	-49.01670000
38	General Salgado	-20.48388889	-50.42194444
39	Lussanvira	-20.73330000	-51.13330000
40	Água Clara	-20.44500000	-52.90138889
41	Ribas do Rio Pardo (Cerâmica)	-20.44333333	-53.75750000
42	Vau do Balsamo	-20.99388889	-54.50694444
43	Conceição da Ibitipoca	-21.67440000	-43.71980000
44	Andrelândia	-21.73527778	-44.31305556
45	Usina Nepomuceno	-21.25750000	-45.17361111
46	Cachoeira Poco Fundo	-21.79083333	-46.12416667
47	Luiz Antônio	-21.58333333	-47.70000000
48	Usina Santa Adélia	-21.33333333	-48.31666667
49	José Bonifácio	-21.05000000	-49.68330000
50	Piçatu	-21.60000000	-50.60000000
51	Adamantina	-21.68330000	-51.08330000
52	Xavantina do Sul	-21.29500000	-52.81027778
53	Porto Pindaíba	-21.61444444	-53.05111111
54	Porto Rio Brilhante	-21.79638889	-54.62250000
55	Maracaju	-21.61722222	-55.13638889
56	Alagoa	-22.17000000	-44.63694444
57	Conceição das Pedras	-22.16222222	-45.45805556
58	Jacutinga	-22.28861111	-46.61916667
59	Fazenda Santana (Faz. São Bento)	-22.25000000	-47.38333333
60	Pouso Alegre	-22.21670000	-48.60000000
61	Paulistânia	-22.58330000	-49.40000000
62	Porto Jau	-22.89722222	-50.02111111
63	Bela Vista do Paraíso	-22.95000000	-51.20000000
64	Fazenda Aurora	-22.88330000	-52.53330000
65	Leoni	-22.80000000	-53.15000000
66	Glória de Dourados	-22.40500000	-54.23500000
67	Bocaia	-22.73055556	-55.24083333
68	Casa Grande	-23.63444444	-45.96083333
69	Franco da Rocha	-23.33333333	-46.73333333
70	Salto de Pirapora	-23.63944444	-47.57111111
71	Campina do Monte Alegre	-23.59166667	-48.49361111
72	Itaporanga	-23.70805556	-49.47166667
73	Ribeirão do Pinhal	-23.40000000	-50.35000000
74	São Luiz	-23.51670000	-51.23330000
75	Ourizona	-23.40000000	-52.18330000
76	Vila Carbonela	-23.55000000	-53.33330000
77	Naviraí	-23.06333333	-54.20027778
78	Amambai	-23.09944444	-55.24083333
79	Pinara	-24.26670000	-48.90000000
80	Capinzal	-24.48330000	-49.70000000
81	Tibaii	-24.50000000	-50.40000000
82	Laranjeira	-24.68330000	-51.03330000
83	Roncador	-24.60000000	-52.26670000
84	Corbélia	-24.80000000	-53.30000000
85	Rancho Alegre	-24.31670000	-54.21670000
86	Porto Amazonas	-25.55000000	-49.88333333
87	Rio Claro do Sul (Eufrozina)	-25.95222222	-50.67916667
88	Guarapuava	-25.45000000	-51.45000000
89	Águas do Verê - 396	-25.77388889	-52.93277778
90	Santa Lúcia	-25.40000000	-53.56670000
91	Santa Terezinha	-25.43330000	-54.40000000
92	Fragosos	-26.15472222	-49.38055556
93	Residência Fuck (Lajeadozinho)	-26.71027778	-50.29083333
94	Ubaldo Taques	-26.26666667	-51.90000000
95	Ponte do Vitorino	-26.05055556	-52.80083333
96	Rio Verde	-26.23330000	-53.20000000

## 2.2.6 Na análise da tendência central e da variabilidade das chuvas

No tratamento estatístico dos dados do período 1976-2005 foram calculados a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação das chuvas anuais em cada uma das 96 quadrículas obtidas para a área de estudo, conforme exemplo do quadro 11, abaixo.

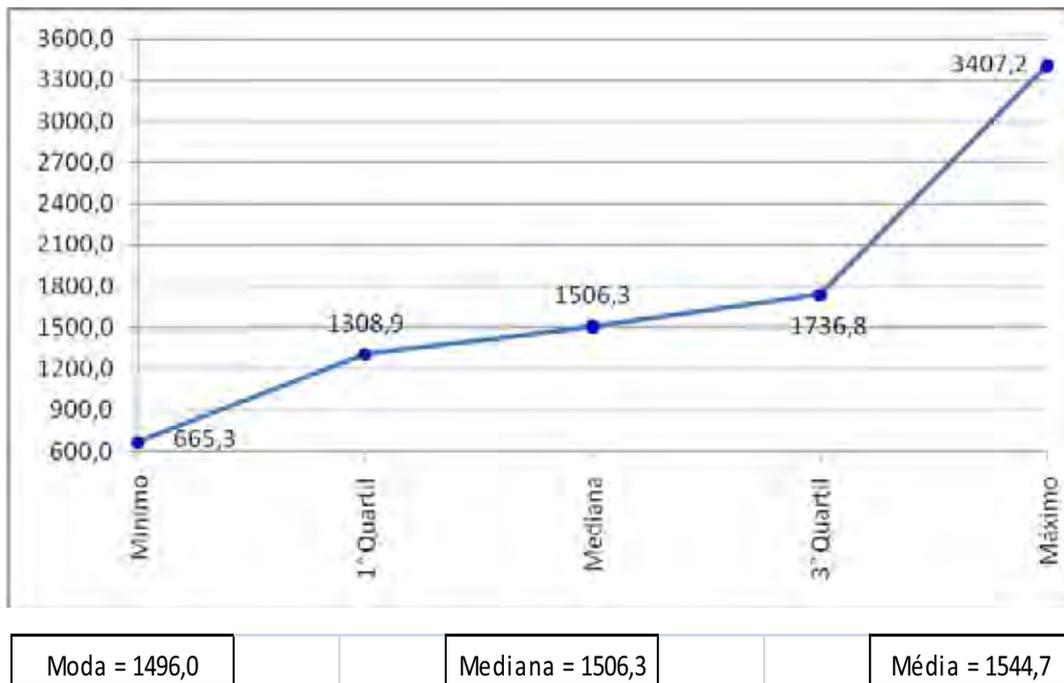
**Quadro 11** - Parte da planilha utilizada para calcular a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos dados anuais de chuva na bacia do Paraná no período entre 1976 e 2005.

Q88	Q89	Q90	Q91	Q92	Q93	Q94	Q95	Q96	Total	Média	DP (mm)	CV (%)	ANO	Méd. Bacia	CV (%)
1966,4	1541,3	1634,5	1453,3	1482,5	1551,0	1786,6	1678,9	1668,8	160100,6	1667,7	234,0	14,0	1976	1544,7	15,1
1333,1	1515,8	1756,6	1246,5	1614,7	1488,0	1673,2	1450,3	1485,4	140366,2	1462,1	262,4	17,9	1977	1544,7	17,0
1278,7	1289,5	1132,3	1191,2	1188,3	1262,6	1376,3	1282,9	1520,0	133221,6	1387,7	269,5	19,4	1978	1544,7	17,4
1863,3	1953,1	2197,6	2062,7	1309,0	1573,1	2004,7	2165,0	2372,3	153498,9	1598,9	307,0	19,2	1979	1544,7	19,9
1802,2	1778,7	2098,9	1349,3	1931,6	1843,4	1803,6	2040,7	1701,8	152082,8	1584,2	276,3	17,4	1980	1544,7	17,9
1461,6	1897,9	1798,0	1460,4	1028,8	1274,3	1195,6	1946,8	1793,2	143431,3	1494,1	315,5	21,1	1981	1544,7	20,4
2198,6	2548,1	2205,2	1828,7	1558,7	1764,3	1496,2	2289,9	2228,7	173893,8	1811,4	258,5	14,3	1982	1544,7	16,7
2661,8	2826,8	2667,6	2283,8	2158,0	2657,1	1681,7	3157,7	3407,2	199456,6	2077,7	416,5	20,0	1983	1544,7	27,0
2003,8	2175,2	1903,2	1808,5	1525,6	1584,5	1052,6	2111,6	1946,4	127948,0	1332,8	293,6	22,0	1984	1544,7	19,0
1265,0	1320,1	1375,9	1019,2	950,2	1158,3	1331,2	1134,4	1441,0	125211,7	1304,3	282,3	21,6	1985	1544,7	18,3
1715,8	2302,0	2005,9	1892,6	1526,6	1342,0	724,8	2019,7	1969,0	145885,3	1519,6	300,4	19,8	1986	1544,7	19,4
1863,3	2102,5	2199,2	2257,8	1505,2	1440,5	1821,2	2060,2	2190,4	152141,6	1584,8	274,6	17,3	1987	1544,7	17,8
1329,7	1237,3	1370,7	1344,3	1396,5	1642,8	1703,7	1397,7	1300,7	132224,7	1377,3	242,7	17,6	1988	1544,7	15,7
2063,8	2155,5	1902,1	1868,6	1506,1	1693,1	2258,6	2111,2	2176,1	162281,1	1690,4	296,5	17,5	1989	1544,7	19,2
1981,9	2774,5	2392,9	2283,0	2020,9	1966,9	2700,0	3024,9	2461,4	143188,5	1491,5	445,9	29,9	1990	1544,7	28,9
1514,5	1609,9	1734,2	1529,5	1184,9	1373,6	1604,7	1485,7	1361,4	143874,4	1498,7	256,7	17,1	1991	1544,7	16,6
2255,4	2557,5	2385,2	1993,6	1804,5	1763,9	2254,2	2337,5	2212,3	167700,0	1746,9	324,2	18,6	1992	1544,7	21,0
1993,6	2163,5	2233,3	1823,0	1654,2	1540,3	2031,3	2187,5	1843,3	143524,9	1495,1	287,3	19,2	1993	1544,7	18,6
1818,2	2112,6	2260,2	1826,6	1612,0	1670,0	2115,5	2499,5	2158,3	137798,8	1435,4	362,8	25,3	1994	1544,7	23,5
1742,7	1773,4	1914,6	1430,1	1579,7	1453,9	1705,1	1669,2	1555,0	143519,1	1495,0	261,4	17,5	1995	1544,7	16,9
1904,9	2234,8	2521,2	2228,2	2058,4	1418,8	2458,4	2635,7	2504,0	153892,8	1603,1	380,4	23,7	1996	1544,7	24,6
2184,2	2558,4	2257,0	2222,4	1737,1	1920,3	2685,4	2482,7	2905,1	164241,9	1710,9	343,1	20,1	1997	1544,7	22,2
2422,9	3133,4	2567,4	2563,6	2148,9	2192,0	2844,9	3016,4	3011,9	161411,4	1681,4	445,3	26,5	1998	1544,7	28,8
1735,8	1990,3	1682,5	1135,9	1583,2	1486,5	1578,8	1547,0	1762,8	125127,1	1303,4	253,6	19,5	1999	1544,7	16,4
2078,4	1945,2	1925,4	1923,8	1475,4	1719,8	2249,9	1992,0	1993,0	152904,9	1592,8	276,7	17,4	2000	1544,7	17,9
2400,6	2094,4	2152,7	1713,2	1778,2	1815,2	2307,1	2132,6	2087,2	143741,5	1497,3	306,1	20,4	2001	1544,7	19,8
2200,9	2560,1	2154,2	2191,2	1525,2	1601,4	1837,9	2426,9	2392,8	134608,6	1402,2	337,9	24,1	2002	1544,7	21,9
1983,4	1994,1	1946,1	1862,1	1125,3	1194,8	1836,6	1642,2	1995,8	139468,2	1452,8	246,0	16,9	2003	1544,7	15,9
1795,1	1884,0	1853,7	1526,6	1142,1	1397,1	1961,7	1801,2	1700,1	147148,9	1532,8	231,7	15,1	2004	1544,7	15,0
2065,0	2069,2	2029,7	1823,5	1248,4	1546,4	2180,7	1963,5	2104,1	144791,6	1508,2	263,0	17,4	2005	1544,7	17,0
56884,6	62099,1	60258,0	53143,2	46360,2	48335,9	56262,2	61691,5	61249,5	Total						
1896,2	2070,0	2008,6	1771,4	1545,3	1611,2	1875,4	2056,4	2041,7		Média					
347,7	462,3	357,5	396,5	319,3	307,6	487,8	508,1	493,3			DP (mm)				
18,3	22,3	17,8	22,4	20,7	19,1	26,0	24,7	24,2				CV (%)			
Q88	Q89	Q90	Q91	Q92	Q93	Q94	Q95	Q96					ANO		
1544,7	1544,7	1544,7	1544,7	1544,7	1544,7	1544,7	1544,7	1544,7						Méd. Bacia	
22,5	29,9	23,1	25,7	20,7	19,9	31,6	32,9	31,9							CV (%)

Cabe observar que o tratamento estatístico acima mencionado foi aplicado apenas aos dados pluviométricos anuais por causa da escassez de tempo, já que durante a fase de coleta, organização e tabulação dos dados, em especial durante a etapa de preenchimento das falhas neles existentes, muito tempo foi consumido. Além do mais, há que se considerar o grande volume de dados acumulados, tanto em virtude da extensão da área pesquisada como do período de abrangência temporal dos mesmos. Justifica-se, ainda, tal tratamento, porque o objetivo era apenas o de selecionar anos-padrão (chuvoso, habitual e seco) para as futuras análises mais detalhadas, do ponto de vista rítmico.

Com esse mesmo objetivo de seleção dos anos-padrão, foram calculados o desvio quartílico e as frequências absolutas das chuvas anuais do período 1976-2005, em cada uma das 96 quadrículas (Figura 14), bem como foi usada a técnica da fórmula de Sturges (Gerardi,

Silva; 1981), sempre na busca dos intervalos de classe que melhor apontassem “anos-padrão” da série temporal em análise. As figuras apresentadas a seguir antecipam alguns dos resultados obtidos, respeitados os ajustes necessários, empiricamente efetuados, pois os resultados estatísticos mantinham, ainda assim, um detalhamento acima do necessário a esta fase inicial da análise das chuvas pela área de estudo. Esclarecimentos adicionais serão fornecidos quando da análise detalhada do fenômeno pluvial na bacia do Paraná, isto é, no capítulo 3.



**Figura 14** – Quartis, mediana, média aritmética e moda obtidos para o conjunto de dados de chuva das 96 quadrículas que abrangem a bacia do Paraná no período 1976-2005.

Combinando os valores de chuva do período 1976-2005 com os intervalos sugeridos estatisticamente pelo desvio quartílico (Primeiro Quartil: 665,3 a 1308,9 mm; Amplitude Interquartílica: 1308,9 a 1736,8 mm; Terceiro Quartil: 1736,8 a 3407,2 mm), reajustados empiricamente aos valores anuais de precipitação em cada uma das 96 quadrículas, e com o auxílio de cores (tons de verde para valores frequentes / “anos habituais”; tons de azul para valores elevados / “anos chuvosos”; vermelho e amarelo para valores baixos / “anos secos”), obteve-se uma planilha de toda a série histórica organizada para a bacia do Paraná, conforme exemplo do quadro 12 a seguir.

**Quadro 12** – Parte da planilha com a frequência absoluta das chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (desvio quartílico), combinados com cores e reajustados empiricamente.

Intervalo de Classes	Frequência Absoluta														
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
665,3-787,1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	2
811,4-1181,0	1	7	23	7	6	14	1	0	34	35	8	4	21	1	17
1181,0-1308,7	3	22	18	7	6	15	0	0	21	14	12	3	17	8	15
1309,0-1506,1	18	32	18	23	26	27	11	6	17	22	26	35	30	18	30
1506,4-1736,7	44	18	28	29	37	20	23	14	12	17	31	29	19	31	10
1737,1-1911,7	15	10	7	14	11	12	36	21	6	3	8	15	5	18	7
1912,0-2917,7	15	6	2	16	10	8	25	52	6	3	9	10	3	20	14
3011,9-3407,2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1

A técnica de Sturges ( $k = 1 + 3,3 \log_{10} n$ ;  $k$  = número de classes;  $n$  = número total de observações), combinada à mesma escala cromática e aos mesmos reajustes empíricos, já descritos, forneceu, por sua vez, os seguintes resultados, conforme exemplo do quadro 13 abaixo.

**Quadro 13** – Parte da planilha com a frequência absoluta das chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (técnica de Sturges), combinados com cores e reajustados empiricamente.

Intervalo de Classes	Frequência Absoluta														
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
664,8-893,8	1	2	4	0	1	1	0	0	2	6	2	1	2	0	7
893,8-1122,8	0	4	13	4	2	9	0	0	25	22	4	2	9	1	8
1122,8-1351,8	0	2	4	1	2	2	0	0	3	3	3	0	7	0	1
1351,8-1580,8	32	60	50	43	47	47	20	8	50	51	48	57	60	40	53
1580,8-1809,8	39	16	21	25	29	23	35	16	7	9	27	18	13	23	9
1809,8-2038,8	18	10	3	14	8	11	24	26	7	4	8	9	5	20	6
2038,8-2725,8	6	2	1	9	7	2	17	40	2	1	4	9	0	11	10
2725,8-3412,8	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	1	2

A etapa seguinte foi a de construção, com base nos resultados descritos, de duas extensas planilhas cromáticas que classificaram, conforme as técnicas empregadas, as chuvas anuais em cada uma das 96 quadrículas da bacia, no período de 30 anos (1976-2005). Os quadros de número 14 e 15, a seguir apresentados, exemplificam parte dessas extensas planilhas cromáticas.

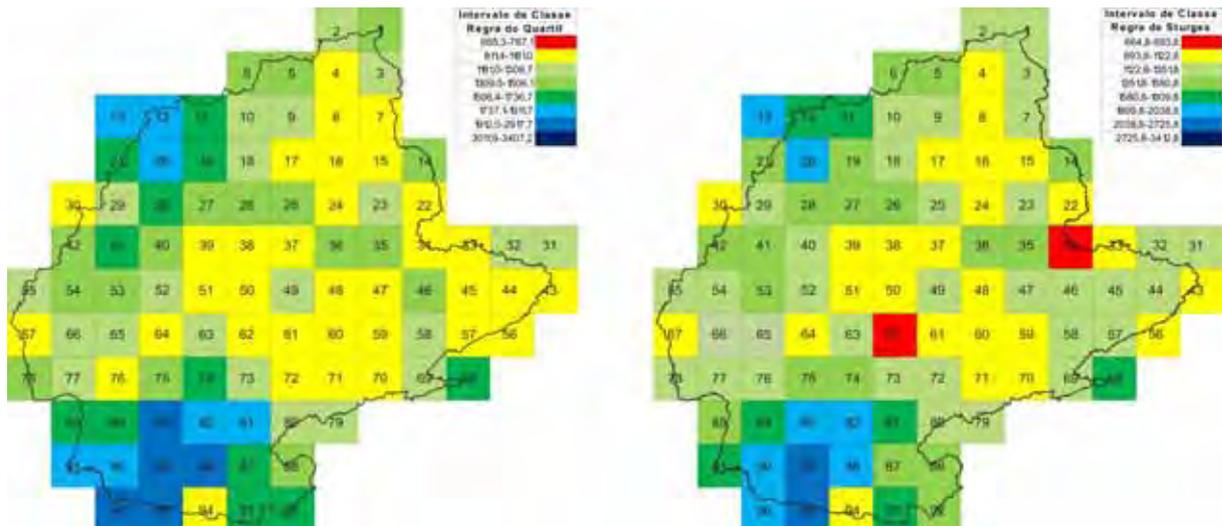
**Quadro 14** – Parte da planilha cromática com as chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (desvio quartílico), combinados com cores e reajustados empiricamente.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16
1976	1719,8	1635,5	1582,9	1672,2	1588,4	1337,8	1395,5	1734,4	1767,0	1497,6	1800,9	1496,2	1719,5	1495,3	1283,5	1626,3
1977	1437,9	1289,5	1115,6	1401,8	1464,4	1242,0	1312,3	1467,5	1628,2	1537,7	1856,2	1517,7	1255,6	1311,9	1093,2	1424,1
1978	1578,1	1553,0	1461,7	1401,2	1673,8	1561,7	2078,6	1553,6	1761,4	1622,8	1774,1	1583,3	1739,9	1835,8	1627,3	1554,0
1979	2083,2	1422,7	1525,3	1694,2	1593,4	1458,8	1855,8	1684,4	1725,6	1669,3	1773,0	1433,5	2115,9	1762,5	1333,3	1622,8
1980	1872,3	1519,5	1682,7	1678,8	1587,4	1599,3	2074,8	1552,0	1875,1	1111,1	1431,4	1630,0	1650,9	1487,8	1484,8	1498,8
1981	1701,0	1961,1	1611,7	1822,4	1949,8	1403,2	1815,6	1336,9	1333,3	1279,0	1491,6	1688,5	1953,9	1586,0	1350,4	1470,3
1982	1967,5	1720,2	1703,4	1869,1	1805,9	1976,9	1685,6	1442,0	1545,8	1809,0	1887,4	2303,6	2039,1	1705,0	1181,0	1786,1
1983	1868,2	2006,7	1617,0	1846,7	1925,2	2353,8	2374,6	1876,8	1827,5	1915,0	1970,4	1752,3	1893,6	2421,1	2099,9	2176,9
1984	1338,3	1193,2	1243,0	1064,6	1499,1	1425,5	1176,2	1073,5	1284,2	1273,5	1686,7	1767,3	1928,4	1383,5	1042,4	938,7
1985	1670,9	1729,1	1627,4	1325,9	1826,8	1329,1	1557,6	1428,9	1724,5	1261,9	1468,7	1396,9	1570,1	1523,5	1478,9	1727,7
1986	1132,5	1222,4	974,9	1209,8	1626,1	1659,2	1502,7	1144,7	1719,2	1133,6	1454,6	1467,8	1762,5	1577,9	1476,6	713,1
1987	1542,4	1544,1	1360,5	1841,5	1397,2	1649,1	1559,6	1528,7	1864,2	1407,5	1992,4	1547,9	1665,9	1505,9	1246,7	854,4
1988	1547,7	1728,4	1745,0	1614,0	1727,0	1269,0	1461,4	1326,4	1342,1	1560,1	1923,2	1953,6	1901,5	1469,5	1159,7	883,0
1989	2114,7	2069,8	1851,6	1470,3	1659,9	1822,2	1738,8	1846,4	1257,6	1277,9	1911,7	1710,1	1946,7	1484,2	1613,8	1033,7
1990	1388,7	1227,9	1137,6	785,2	1474,7	1152,4	1042,6	1195,7	1015,0	1101,3	1244,1	1512,9	1768,6	890,1	910,1	1348,4

**Quadro 15** – Parte da planilha cromática com as chuvas anuais das 96 quadrículas, de acordo com os intervalos de classe sugeridos estatisticamente (regra de Sturges), combinados com cores e reajustados empiricamente.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16
1976	1719,8	1635,5	1582,9	1672,2	1588,4	1337,8	1395,5	1734,4	1767,0	1497,6	1800,9	1496,2	1719,5	1495,3	1283,5	1626,3
1977	1437,9	1289,5	1115,6	1401,8	1464,4	1242,0	1312,3	1467,5	1628,2	1537,7	1856,2	1517,7	1255,6	1311,9	1093,2	1424,1
1978	1578,1	1553,0	1461,7	1401,2	1673,8	1561,7	2078,6	1553,6	1761,4	1622,8	1774,1	1583,3	1739,9	1835,8	1627,3	1554,0
1979	#####	1422,7	1525,3	1694,2	1593,4	1458,8	1855,8	1684,4	1725,6	1669,3	1773,0	1433,5	2115,9	1762,5	1333,3	1622,8
1980	1872,3	1519,5	1682,7	1678,8	1587,4	1599,3	2074,8	1552,0	1875,1	1111,1	1431,4	1630,0	1650,9	1487,8	1484,8	1498,8
1981	1701,0	1961,1	1611,7	1822,4	1949,8	1403,2	1815,6	1336,9	1333,3	1279,0	1491,6	1688,5	1953,9	1586,0	1350,4	1470,3
1982	1967,5	1720,2	1703,4	1869,1	1805,9	1976,9	1685,6	1442,0	1545,8	1809,0	1887,4	2303,6	2039,1	1705,0	1181,0	1786,1
1983	1868,2	2006,7	1617,0	1846,7	1925,2	2353,8	2374,6	1876,8	1827,5	1915,0	1970,4	1752,3	1893,6	2421,1	2099,9	2176,9
1984	1338,3	1193,2	1243,0	1064,6	1499,1	1425,5	1176,2	1073,5	1284,2	1273,5	1686,7	1767,3	1928,4	1383,5	1042,4	938,7
1985	1670,9	1729,1	1627,4	1325,9	1826,8	1329,1	1557,6	1428,9	1724,5	1261,9	1468,7	1396,9	1570,1	1523,5	1478,9	1727,7
1986	1132,5	1222,4	974,9	1209,8	1626,1	1659,2	1502,7	1144,7	1719,2	1133,6	1454,6	1467,8	1762,5	1577,9	1476,6	713,1
1987	1542,4	1544,1	1360,5	1841,5	1397,2	1649,1	1559,6	1528,7	1864,2	1407,5	1992,4	1547,9	1665,9	1505,9	1246,7	854,4
1988	1547,7	1728,4	1745,0	1614,0	1727,0	1269,0	1461,4	1326,4	1342,1	1560,1	1923,2	1953,6	1901,5	1469,5	1159,7	883,0
1989	2114,7	2069,8	1851,6	1470,3	1659,9	1822,2	1738,8	1846,4	1257,6	1277,9	1911,7	1710,1	1946,7	1484,2	1613,8	1033,7
1990	1388,7	1227,9	1137,6	785,2	1474,7	1152,4	1042,6	1195,7	1015,0	1101,3	1244,1	1512,9	1768,6	890,1	910,1	1348,4

Com os resultados cromáticos apontados pelas duas planilhas cromáticas mencionadas, foi possível construir 60 cartogramas, um para cada ano do período 1976-2005, sendo 30 para cada uma das técnicas descritas, conforme exemplificado pela figura 15, que representa a classificação das chuvas para o ano de 1984, em cada quadrícula da bacia, tanto pela técnica do desvio quartílico, quanto pela regra da fórmula de Sturges.



**Figura 15** – Classificação das chuvas para o ano de 1984, nas 96 quadrículas da bacia do Paraná, tanto pela técnica do desvio quartílico, quanto pela regra da fórmula de Sturges.

Tendo em vista que as duas técnicas utilizadas apresentaram resultados semelhantes, conforme exemplo na figura 15 acima, optou-se por aqueles da regra da fórmula de Sturges, que melhor subdivide os valores mínimos e máximos das chuvas anuais e, portanto, não dá exagerado destaque aos primeiros e últimos intervalos de classe, fato que a técnica do desvio quartílico provoca. Porém, seus resultados não foram totalmente descartados, tendo sido utilizados como apoio na tomada de decisão por ocasião da escolha dos anos-padrão da série de 30 anos. Estes, uma vez escolhidos, foram objeto da interpolação automática pelo *software Surfer 8*, quando, então, apenas os resultados apontados pela técnica da fórmula de Sturges foram considerados.

### 2.2.7 Na interpolação dos dados

Após a análise e o tratamento dos dados através das técnicas citadas, iniciou-se o processo de interpolação dos mesmos visando entender o comportamento espacial das chuvas na bacia. Para tanto, foi gerada a carta de isoietas médias anuais (1976-2005), bem como foram geradas as cartas de isoietas anuais de cada um dos 30 anos que compõem a série histórica, todas pelo método automático do *software Surfer 8*. Também, pelo mesmo *software*, foram construídas as cartas de isoietas médias sazonais e mensais daquele período.

Para os três anos-padrão escolhidos também foram geradas as respectivas cartas de isoietas anuais com os valores reais de chuvas, utilizando-se os intervalos de classe sugeridos pelas técnicas da fórmula de Sturges e do desvio quartílico a fim de possibilitar a comparação entre estas cartas e também entre aquelas com valores médios de chuva.

As cartas de isoietas sazonais e mensais com valores reais de chuvas para os três anos-padrão escolhidos foram realizadas utilizando-se também do método automático do *software Surfer 8*.

#### 2.2.6- No tratamento dos dados diários voltados à análise rítmica

Tendo em vista que se pretende aprofundar os resultados desta pesquisa, investigando o fenômeno pluvial sobre a bacia do Paraná do ponto de vista rítmico, duas medidas foram tomadas visando à adequação ao conceito de ritmo climático proposto por Monteiro (1971). Isto porque a análise rítmica em climatologia exige o tratamento diário da informação (elementos do clima e dinâmica atmosférica). Assim, a primeira delas foi a construção de histogramas das chuvas diárias em cada uma das 96 quadrículas, nos três anos-padrão escolhidos. A segunda medida refere-se à rápida pesquisa bibliográfica efetivada para se conhecer as obras existentes, que já haviam elegido tais anos-padrão como objeto de estudo.

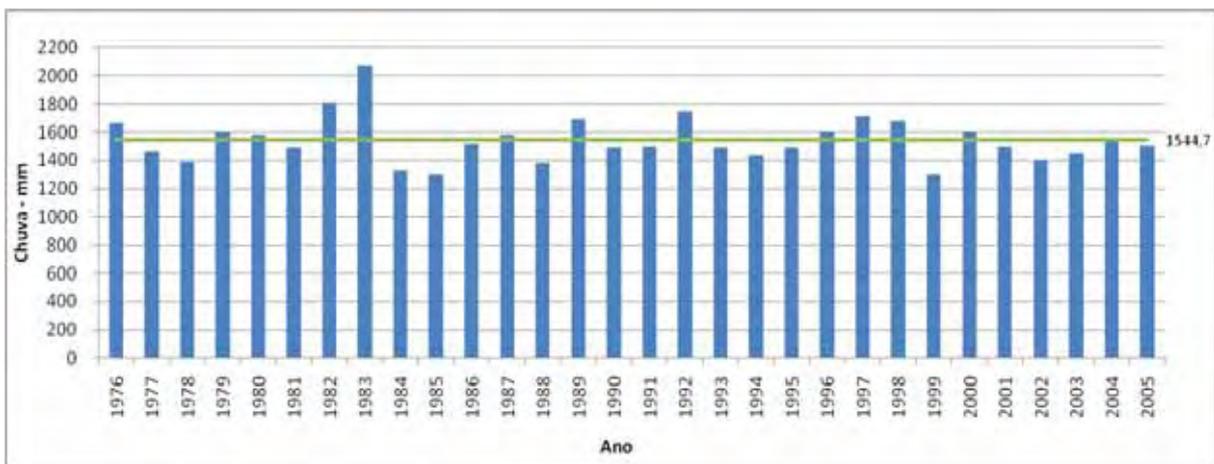
Os resultados obtidos com a tomada dessas medidas encontram-se devidamente analisados no capítulo 4 desta investigação.

### 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 Variabilidade e tendências anuais dos valores extremos das chuvas na bacia do Paraná

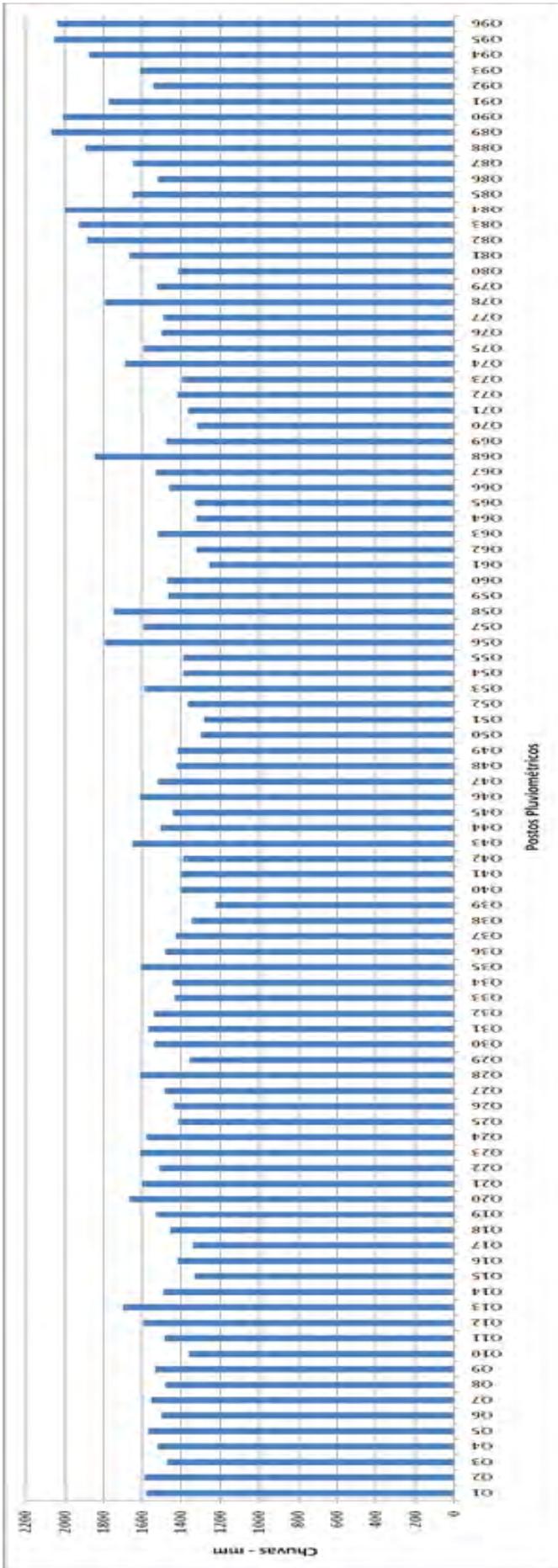
Após o tratamento estatístico dos dados pluviométricos de 96 postos referentes ao período histórico escolhido (1976 a 2005), foram calculados os totais anuais de chuvas em cada posto, bem como suas médias, desvios padrão e coeficientes de variação que passaram a representar, respectivamente, as 96 quadrículas que compõem a área de estudo.

Os resultados mostraram que a média histórica anual de chuvas para toda a bacia do Paraná é 1544,7 mm (Figura 16). O ano com a maior média pluviométrica anual foi 1983, quando se registrou o volume de 2077,7 mm. Na seqüência decrescente constataram-se os anos de 1982 e 1992, ambos com média anual de 1811,4 mm e 1746,9 mm, respectivamente. Em contrapartida, o ano com a menor média anual de chuvas foi 1999, apresentando 1303,4 mm, seguido do ano de 1985 (com 1304,3 mm) e do ano de 1984 (com 1332,8 mm).



**Figura 16** – Médias anuais histórica do volume de chuvas na bacia do Paraná.

As quadrículas com os menores valores anuais médios de chuvas foram aquelas referentes aos números 39, 61 e 51 (Figura 17). Nestes casos foram registrados valores iguais a 1226,6 mm, 1251,6 mm e 1281,2 mm, respectivamente. A maior média anual ocorreu na quadrícula 89, com 2070,0 mm. Em seguida, numa ordem decrescente, estão as chuvas das quadrículas 95 e 96, onde ocorreram, respectivamente, médias de 2056,4 mm e 2041,7 mm.



**Figura 17** – Média histórica anual das chuvas de 96 quadriculas e tendência para a área geral.

O quadro 16 mostra que em relação aos totais anuais de chuvas, o menor valor encontrado foi de 665,3 mm, no ano de 1996, na quadrícula 11, situada a noroeste da bacia, mais precisamente no Estado de Goiás. Nesta mesma quadrícula registrou-se, ainda, o segundo menor valor (688,6 mm), no ano de 1994, sendo estes, os únicos valores abaixo de 700 mm observados para toda a bacia em toda a série analisada.

Na região norte ocorreram, ainda, dois dos oito valores abaixo de 800 mm de toda a série histórica, sendo um deles na quadrícula 4 e o outro da 16, ambos para o ano de 1990 e 1986, respectivamente. Já na região oeste da bacia, no Estado do Mato Grosso do Sul, tais ocorrências foram verificadas nas quadrículas 41, 53, 55 e 65, durante os anos de 1985, 1977, 1990 e 1988. Outros dois valores, ainda abaixo de 800 mm, ocorreram em regiões distintas das primeiras, isto é, nas quadrículas 70 (região sudeste da bacia, no sudeste do Estado de São Paulo) no ano de 1985 e 94 (extremo sul da bacia, na divisa entre o Estado do Paraná e Santa Catarina) no ano de 1986.

O maior valor de chuva registrado entre 1976 e 2005 foi de 3407,2 mm, na quadrícula 96 (extremo sul da bacia), no ano de 1983. Nesta mesma quadrícula verificou-se, ainda, outro valor acima de 3000 mm, no ano de 1997. Além disso, valores (superiores a 3000 mm/ano) foram recorrentes na quadrícula 95 (sul da bacia) durante os anos de 1983, 1990 e 1998. Por fim, valores acima dos 3000 mm também ocorreram nas quadrículas 78 e 84, localizadas, respectivamente, na região sudoeste (Mato Grosso do Sul) e na região sul (Paraná) da bacia. Portanto, a amplitude das chuvas na bacia área de estudo, durante a série analisada, foi de 2741,7 mm.

Quadro 16 – Totais anuais de chuva de cada quadrícula e seus respectivos valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação durante o período 1976 – 2005 na bacia do Paraná.

Table with columns: Anos/Prota, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52, Q53. Rows include data for 1976-2005, Totais, D.P. (mm), C.V. (%), and Méd. (mm).

Continua

Continuação

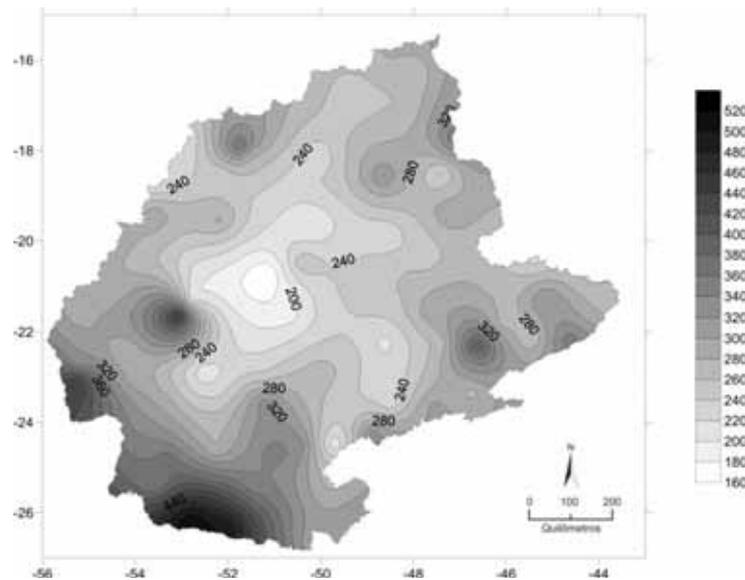
Continuation of the data table from the previous page, containing rows 1976-2005, Totais, D.P. (mm), C.V. (%), and Méd. (mm) for the remaining quadrículas.

Organização: Zandonati, L. (2009).

O quadro 16 mostra também que quanto aos cálculos do desvio padrão, os maiores desvios em relação à média anual das 96 quadrículas da bacia, ocorreram nos anos de 1990 (445,9 mm), 1998 (445,3 mm) e 1983 (416,5 mm), e que os menores desvios ocorreram nos anos de 2004 (231,7 mm), 1976 (234,0 mm) e 1988 (242,7 mm)

Em relação à média anual para os 30 anos da série histórica, foi observado que as quadrículas 95, 96 e 94 apresentaram os maiores desvios, sendo, respectivamente, 508,1 mm, 493,3 mm e 487,8 mm. Em contrapartida, os menores desvios ocorreram nas quadrículas 39, 51 e 50, com valores de 158,8 mm, 191,7 mm e 192,7 mm, respectivamente.

Os desvios padrão em relação à média histórica de cada posto foram interpolados e representados na figura 18, possibilitando melhor análise espacial dos resultados obtidos. Percebe-se, assim, que os valores mais elevados ocorreram, principalmente, no extremo sul da área de estudo, onde os desvios em relação à média anual ultrapassaram os 500 mm. Desvios elevados ocorreram também na região sudoeste, onde alcançaram os 460 mm. Os menores desvios em relação à média ocorreram na região central da bacia, sendo que o valor mais baixo encontrado não ultrapassa os 180 mm. Aliás, toda a área central da bacia registrou desvios menores, os quais aumentam em direção às bordas da mesma, ou seja, em direção aos divisores principais de água da bacia, ambos formados pelas Serras do Mar, da Mantiqueira, de Maracaju, do Amambaí, do Planalto Central e da Formação Serra Geral, no vale do rio Iguazu, sendo que neste último espigão divisor estão os mais altos valores de desvio padrão (Ver figura 18)



**Figura 18** – Interpolação dos desvios padrão em relação à média dos 30 anos para as 96 quadrículas da bacia do Paraná.

No entanto, há que se considerar que tais cálculos generalizam os resultados, uma vez que os desvios são calculados considerando-se todos os valores dos postos e/ou dos anos em relação às suas médias. Além disso, não deixam claro se são desvios positivos ou negativos em relação à média histórica.

Neste sentido, através do quadro 17 é possível visualizar quais são os desvios padrão anuais positivos e negativos, calculados a partir das médias de chuvas dos valores já apresentados no quadro 16, para cada uma das 96 quadrículas. Desta forma, foram identificadas quais quadrículas e anos apresentaram maiores ou menores desvios em relação à média. Essa tabela também traz as diferenças entre os desvios positivos e negativos, tanto para as 96 quadrículas, quanto para os 30 anos em questão.

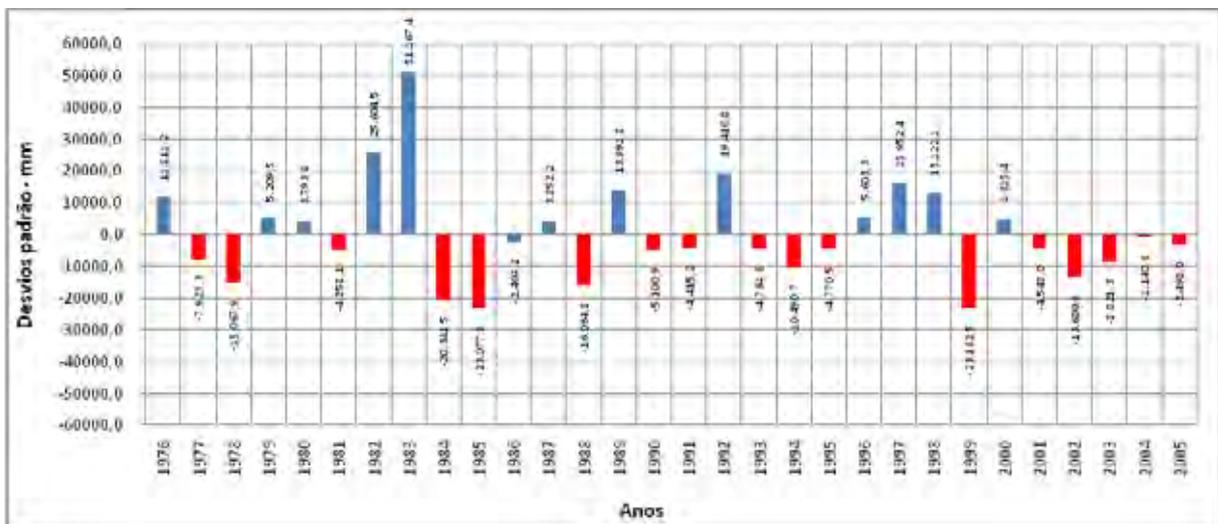
A título de exemplificação dos resultados obtidos e apresentados no quadro 16, os cinco anos com os maiores desvios padrão positivos em relação à média foram os de 1983 (Q96), 1994 (Q78), 1989 (Q53), 1981 (Q58) e 1998 (Q89), cujos respectivos valores positivos são: 1365,6 mm, 1258,6 mm, 1257,3 mm, 1072,8 mm e 1063,4 mm. Já os cinco menores desvios negativos ocorreram nos anos de 1986 (Q94), 1978 (Q78), 1985 (Q95), 1988 (Q89) e 1996 (Q11), cujos valores negativos são: 1150,6 mm, 931,1 mm, 922,0 mm, 832,7 mm e 821,0 mm, respectivamente.

Outra análise que se pode fazer é que durante os primeiros anos da série os desvios positivos foram superiores aos negativos, ao menos para a região norte da bacia. Em contrapartida, na região sul, neste mesmo período, os desvios negativos ocorreram com maior frequência. Na região sul os desvios positivos se destacam durante os anos de 1990 e 2000, principalmente nos anos de 1998 e 1999.

Quadro 17 – Desvios padrão (positivos e negativos) em relação à média anual histórica para cada quadrícula ano.

Ano/Período	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	Q40	Q41	Q42	Q43	Q44	Q45	Q46	Q47	Q48	Q49	Q50	Q51	Q52	Q53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1976	-1302	-1442	1092	1532	1772	1651	1600	2232	2446	3477	4631	5798	7184	8076	9004	10170	11446	12841	14365	16028	17841	19804	21927	24210	26663	29296	32119	35142	38375	41918	45771	49934	54417	59230	64383	69986	76039	82542	89595	97198	105351	114164	124437	136280	149703	164816	181629	199252	218685	239928	263081	288244	315507	344980	376663	410666	448099	489072	533695	582068	634291	690464	750697	815080	883723	956726	1035199	1118342	1206265	1300078	1400991	1509114	1625547	1751390	1886743	2032706	2189379	2356852	2535325	2724998	2926071	3138744	3363117	3600290	3851363	4116436	4395709	4689282	4997255	5320828	5660101	6015274	6386547	6774120	7178193	7600066	8040139	8508712	9006085	9532558	10088431	10764104	11470977	12219450	13021923	13878896	14791869	15761442	16789315	17877288	19026161	20236934	21511707	22912480	24440353	26097326	27885399	29805672	31959145	34348918	36979091	39860664	42994737	46383410	50028683	53941556	58135029	62710102	67578775	72743048	78205021	83976794	90069267	96483540	103341273	110354006	117743739	125521472	133708205	142314938	151352671	160832404	170765137	181162870	192046603	203428336	215329069	227760802	240744535	254293268	268429001	283164734	298513467	314488200	331019933	348122666	365810400	384708133	404841866	426237600	448912333	472893066	508263800	539024533	576205266	619846000	665986733	714677466	765998200	820068933	877049666	937000400	100000133	106540266	113400400	120590533	128120666	136000800	144240933	152861066	161771200	171071333	180781466	190911600	201471733	212481866	223942000	235862133	248252266	261132400	274512533	288402666	302812800	318242933	333793066	350473200	368293333	387263466	407403600	428723733	451243866	474964000	500004133	526364266	554064400	583104533	613584666	645524800	678924933	713765066	750065200	787865333	827165466	867965600	910265733	954065866	1000366000	1048493333	1100040666	1155208000	1214095333	1276802666	1343430000	1413977333	1488544666	1567232000	1649149333	1734406666	1823314000	1915871333	2012278666	2112736000	2217393333	2326350666	2439708000	2557565333	2679922666	2806880000	2948437333	3094694666	3245752000	3401709333	3572766666	3758924000	3950281333	4157038666	4379496000	4617853333	4872310666	5143168000	5430725333	5735282666	6057240000	6397997333	6857754666	7336812000	7835369333	8353826666	8892684000	9462441333	10064016666	10741592000	11450167333	12191742666	12967318000	13778893333	14627468666	15515044000	16442619333	17411194666	18421770000	19475345333	20573920666	21718496000	22910071333	24150646666	25441222000	26781797333	28173372666	29615948000	31110523333	32658098666	34260674000	35919249333	37634824666	39408400000	41240975333	43132550666	45084126000	47096701333	49270276666	51505852000	53803427333	56164002666	58588578000	61087153333	63659728666	66307304000	69030879333	71830454666	74798030000	77835605333	80943180666	84121756000	87472331333	90995906666	94603482000	98297057333	102178714666	105960372000	110242029333	114923686666	120015344000	125487001333	131358658666	137640316000	144342073333	151463830666	159015588000	167007345333	175449102666	184350860000	193722617333	203574374666	213906132000	224727889333	236049646666	247871404000	260193161333	273014918666	286336676000	300158433333	314480190666	329311948000	344643705333	360475462666	376807220000	393638977333	410970734666	428802492000	447124249333	465966006666	485117764000	505189521333	526171278666	548023036000	570744793333	594326550666	618768308000	644070065333	670241822666	697323580000	725295337333	754157094666	783908852000	814550609333	846092366666	878634124000	912175881333	946817638666	982559396000	102047153333	105928910666	110070668000	114482425333	119164182666	124115940000	129347697333	134869454666	140691212000	146812969333	153234726666	160056484000	167278241333	174899998666	182921756000	191343513333	200165270666	209387028000	219008785333	229030542666	239452300000	250274057333	261495814666	273117572000	285139329333	297561086666	310382844000	323604601333	337226358666	351248116000	365669873333	380491630666	395713388000	411335145333	427356902666	443778660000	460599417333	478820174666	497440932000	516461689333	535882446666	555703204000	575923961333	596444718666	618265476000	641390233333	665811990666	691532748000	718553505333	746874262666	776495020000	807415777333	839736534666	873457292000	908578049333	945108806666	983149564000	102270321333	106341078666	110572336000	114964093333	119505350666	124207108000	129068865333	134090622666	139372380000	144914137333	150615894666	156487652000	162529409333	168741166666	175122924000	181684681333	188426438666	195348196000	202450053333	209731810666	218193568000	226935325333	235957082666	245258840000	254840597333	265402354666	276234112000	287335869333	298717626666	310389384000	323341141333	336582898666	350124656000	363966413333	378108170666	392549928000	407291685333	422333442666	437675190000	453426947333	469588704666	486160462000	503092219333	520393976666	538065734000	556107491333	574499248666	593261006000	612392763333	631804520666	651506278000	671508035333	691809792666	712421550000	733343307333	754575064666	777126822000	800088579333	824370336666	849032094000	874073851333	900495608666	927307366000	955409123333	984810880666	1015522638000	104740021333	108052278666	111489036000	115060793333	118768550666	122612308000	126593065333	130710822666	134965580000	139437337333	144097094666	148948852000	153990609333	159222366666	164644124000	170155881333	175857638666	181749396000	187831153333	194002910666	200364668000	206916425333	213558182666	220399940000	227431697333	234663454666	242095212000	249726969333	257558726666	265590484000	273822241333	282254000666	290885758000	299717515333	308749272666	317871030000	327092787333	336454544666	345966302000	355628059333	365450816666	375434574000	385579331333	395884088666	406449846000	417176603333	428074360666	438143118000	448379875333	458796632666	469484390000	480353147333	491393904666	502605662000	513989419333	525545176666	537273934000	549165691333	561130448666	573269206000	585582963333	598062720666	610708478000	623520235333	636498992666	649744750000	663257507333	676938264666	690788022000	704805779333	719091536666	733546294000	748169051333	762959808666	777918566000	793054323333	808367080666	823856838000	839522595333	855364352666	871382110000	887576867333	903948624666	920497382000	937223139333	954126896666	971208654000	988469411333	100790168666	102810926000	104942183333	107183940666	109536200000	111999957333	114575214666	117261972000	120060229333	122970986666	125994244000	129130001333	132378258666	135739016000	139202273333	142778030666	146465288000	150265045333	154177302666	158203060000	162343317333	166598074666	170967332000	175451089333	180049346666	184762104000	189589361333	194531118666	199588376000	204761133333	209950890666	215257648000	220681405333	226222162666	231880920000	237657677333	243552434666	249546192000	255649949333	261863706666	268187464000	274621221333	281164978666	287818736000	294582493333	301446250666	308419008000	315500765333	322691522666	329991280000	337400037333	344917794666	352544552000	360280309333	368125066666	376078824000	384131581333	392243338666	400504096000	408932853333	417520610666	426257368000	435102125333	444054882666	453116640000	462297397333	471546154666	480962912000	490537669333	500270426666	510162184000	520212941333	530432698666	540821456000	551379213333	562105970666	572999728000	583059485333	593295242666	603807000000	614485757333	625334514666	636353272000	647542029333	658900786666	670617544000	682503301333	694568058666	706801816000	719204573333	731776330666	744517088000	757426845333	770525602666	783843360000	797370117333	811015874666	824870632000	838934389333	853197146666	867658904000	882319661333	897080418666	912040176000	927208933333	942586690666	958173448000	973969205333	989973962666	100609154000	102235911333	103873668666	105532426000	107203183333	108884940666	110577698000	112292455333	114019212666	115767970000	117538727333	119331484666	121146242000	122982099333	124838956666	126716814000	128615671333	130535528666	132476386000	134438243333	136421100666	138424958000	140449815333	142495672666	144562530000	146249387333	148056244666	149883102000	151730959333	153593816666	155473674000	157370531333	159284388666	161215246000	163072103333	164944960666	166833818000	168738675333	170659532666	172596390000	174549247333	176518104666	178502962000	180504819333	182522676666	184556534000	186606391333	188672248666	190844106000	192631963333	194435820666	196255678000	198091535333	199943392666	201911250000	203895107333	205894964666	207910822000	209942679333	211990536666	214052394000	216129251333	218221108666	220337966000	222419823333	224476680666	226598538000	228785395333	230937252666	233104110000	235285967333	237482824666	239694682000	241921539333	244163396666	246420254000	248692111333	250978968666	253280826000	2555976

Fazendo-se a compensação dos desvios padrão positivos e negativos de todas as 96 quadrículas e para toda a série histórica, obtiveram-se resultados que sintetizam o saldo pluviométrico de cada ano na bacia do Paraná (Figura 19). Embora não passe de mero exercício estatístico, foi possível observar que o ano com maior saldo positivo foi o de 1983, seguido pelos anos de 1982 e de 1992. Em contrapartida, os anos com os maiores saldos negativos foram os de 1999, 1985 e 1984. Isto já dá uma idéia aproximada de quais anos foram mais chuvosos ou mais secos na área, consideradas as 96 quadrículas (1° de latitude/1° de longitude) como unidades espaciais de medida.



**Figura 19** – Normalização dos desvios padrão positivos e negativos das 96 quadrículas, na série histórica 1976/2005, para a bacia do Paraná.

Considerados agora cada um dos 30 anos da série e cada uma das 96 quadrículas da bacia, os já compensados desvios padrão (Figura 20) mostram que os maiores saldos positivos estão localizados nas quadrículas Q20 e Q45, decrescentemente seguidos pelos saldos das quadrículas Q14, Q57, Q73, Q91 e Q92. Já os maiores saldos negativos ocorreram nas quadrículas Q6, Q33, Q58, e Q88, seguidos por aqueles das Q30, Q34 e Q39.

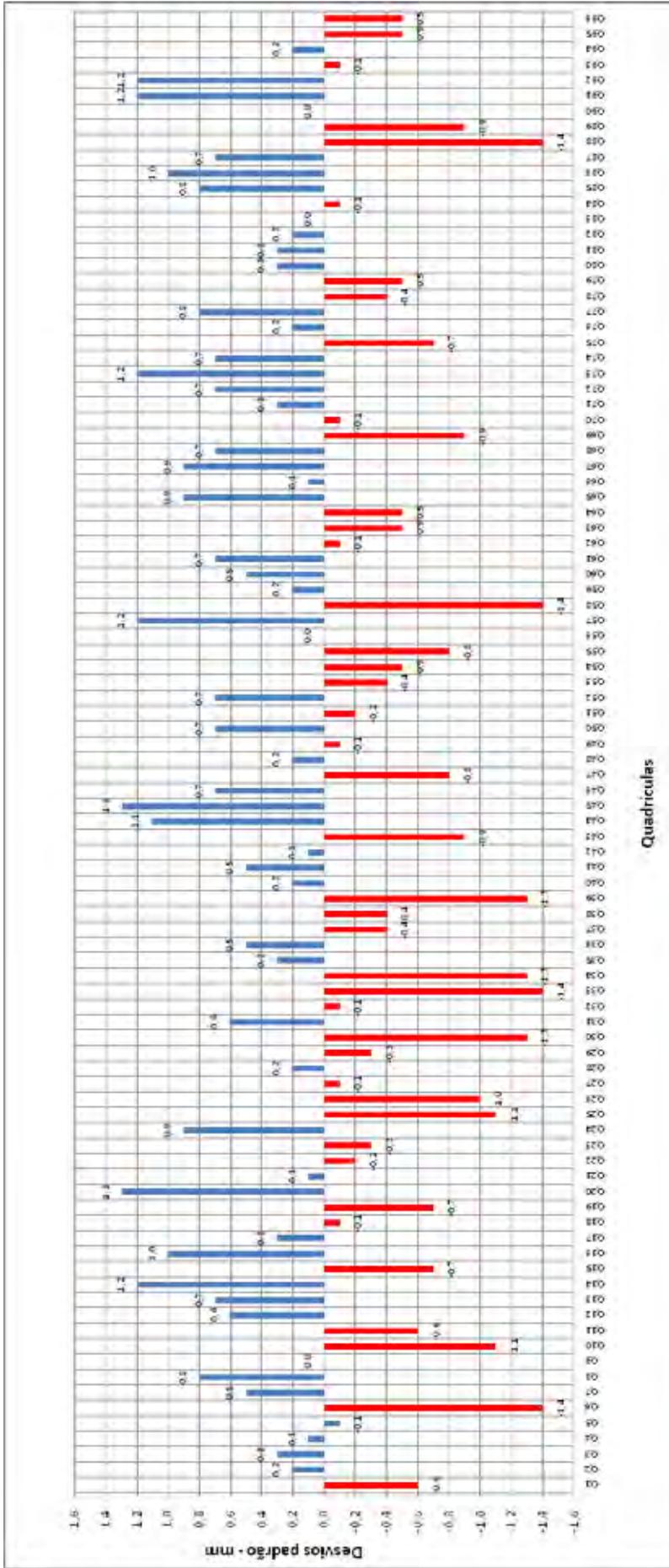


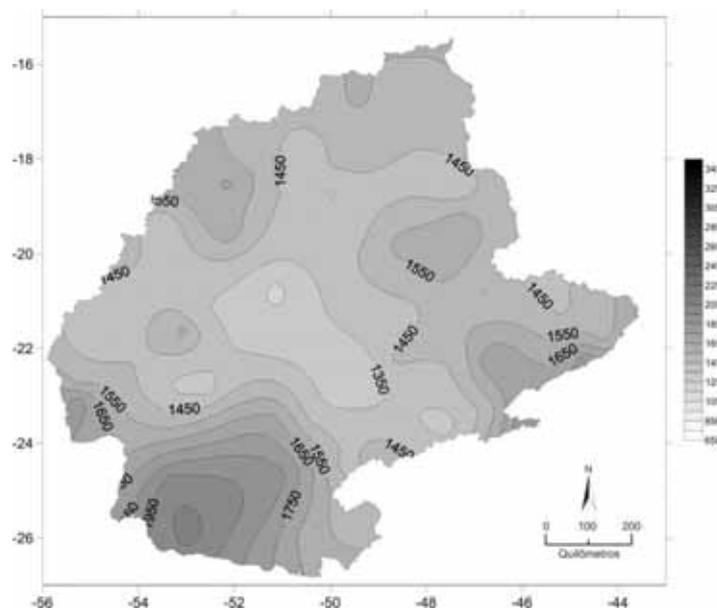
Figura 20 – Normalização dos desvios padrão positivos e negativos dos 30 anos da série histórica, das 96 quadrículas, para a bacia do Paraná.

### 3.2 Distribuição das chuvas na bacia do Paraná

#### 3.2.1 Distribuição das chuvas anuais médias

Os valores anuais médios de chuvas das 96 quadrículas da área de estudo foram interpolados visando à primeira análise do comportamento das chuvas ao longo da bacia, como pode ser observado na figura 21. Os dados mostram que as maiores médias pluviométricas anuais concentram-se no sul da área de estudo, onde os valores atingem até 2100 mm, enquanto que as médias mais baixas estão alocadas no centro da bacia, com valores próximos a 1200 mm.

Apesar de se tratarem de valores médios, já demonstram o que seria o padrão anual das chuvas na bacia, com um setor sul bem mais chuvoso, o que, de fato, ocorre com frequência, em virtude da melhor distribuição temporal da pluviosidade nesta região, e ainda, da permanente atuação em todos os meses do ano, de frentes polares atlânticas, principais responsáveis pela gênese pluvial em grande parte da bacia, como já havia demonstrado Monteiro (1963a). Em contrapartida, no setor norte, devido à maior atuação de sistemas tropicais e equatoriais, os volumes pluviométricos são menores e mais heterogêneos, e se concentram nos meses mais quentes do ano (outubro a março).

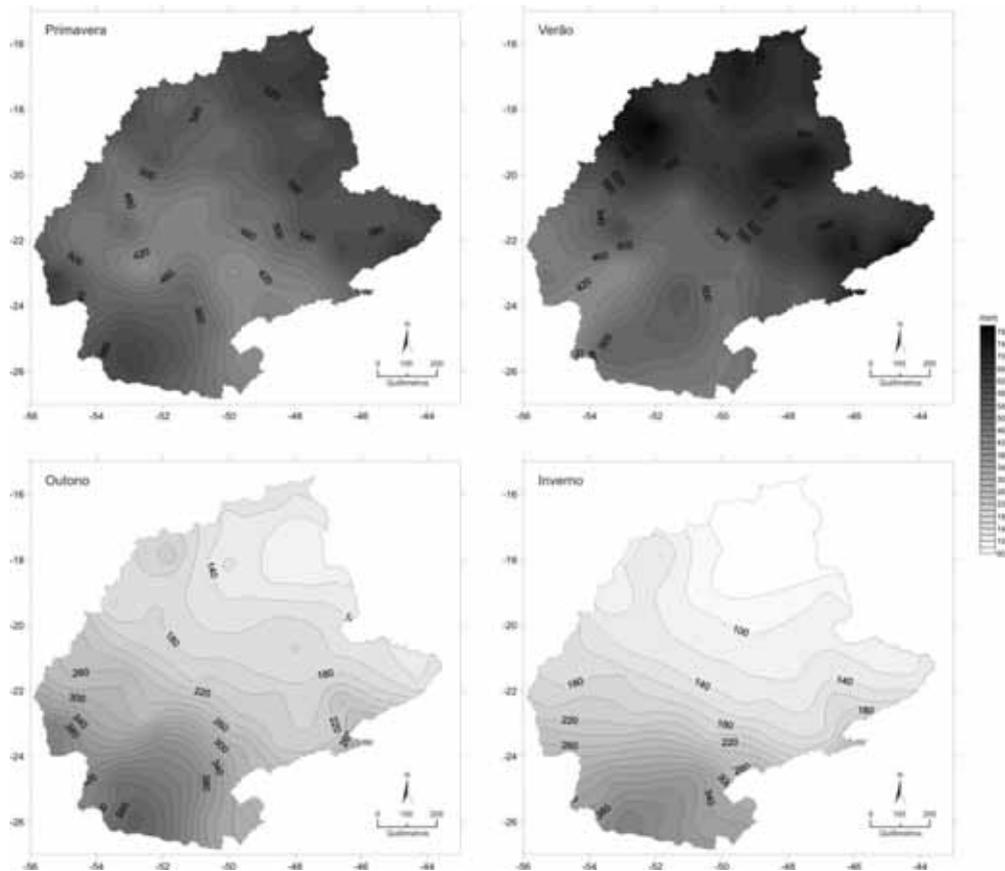


**Figura 21** – Distribuição das chuvas anuais médias na bacia do Paraná.

### 3.2.2 Distribuição das chuvas sazonais médias

Sazonalmente o processo já citado na seção anterior é mais facilmente percebido. Neste sentido, a figura 22 mostra a notável variação pluviométrica, durante as quatro estações do ano, pela qual a área passa mesmo tendo sido utilizado o ano civil (verão, composto pelos meses de janeiro a março; outono, pelo trimestre abril-junho; e assim sucessivamente), ao invés da divisão astronômica dos equinócios e solstícios.

Nesta escala de análise, as médias sazonais de chuvas indicam que durante as estações de verão e primavera os volumes são mais intensos na região norte e leste da bacia. No norte chegam a ultrapassar os 780 mm durante o verão, enquanto que no leste, durante a mesma estação, alcançam os 760 mm. Em contrapartida, durante o outono e inverno, na região norte, os volumes precipitados diminuem consideravelmente, tendo em vista que no outono as médias ficam em torno dos 100 mm e no inverno dos 60 mm.



**Figura 22** - Distribuição das chuvas sazonais médias na bacia do Paraná.

Os maiores volumes de chuvas acima citados se dão, em relação ao norte, devido à grande atuação de sistemas equatoriais e tropicais continentais durante a estação da primavera e verão, enquanto que a leste, nesta mesma época do ano, há grande influência dos sistemas tropicais atlânticos, e ainda, do efeito orográfico da região, causado pela presença de relevo movimentado de elevadas altitudes.

Durante a primavera e o verão, na região sul, as médias sazonais de chuvas chegam, respectivamente, aos 600 e 500 mm, portanto, menos expressivas que as da região norte e, ao contrário do que também ocorre naquela, a porção meridional da bacia, na primavera, possui médias mais elevadas que as do verão. Durante o outono e o inverno os volumes também são mais elevados na região sul, quando comparados aos da porção setentrional da bacia, já que no outono as médias indicam valores acima dos 520 mm e no inverno os mesmos ficam em torno dos 420 mm. Destaca-se, assim, a grande amplitude existente nos volumes médios sazonais, tendo em vista que na região norte, os extremos chegam a aproximadamente 720 mm (780 mm no verão contra 60 mm no inverno), enquanto que ao sul não alcançam os 200 mm (600 mm na primavera contra 420 mm no inverno).

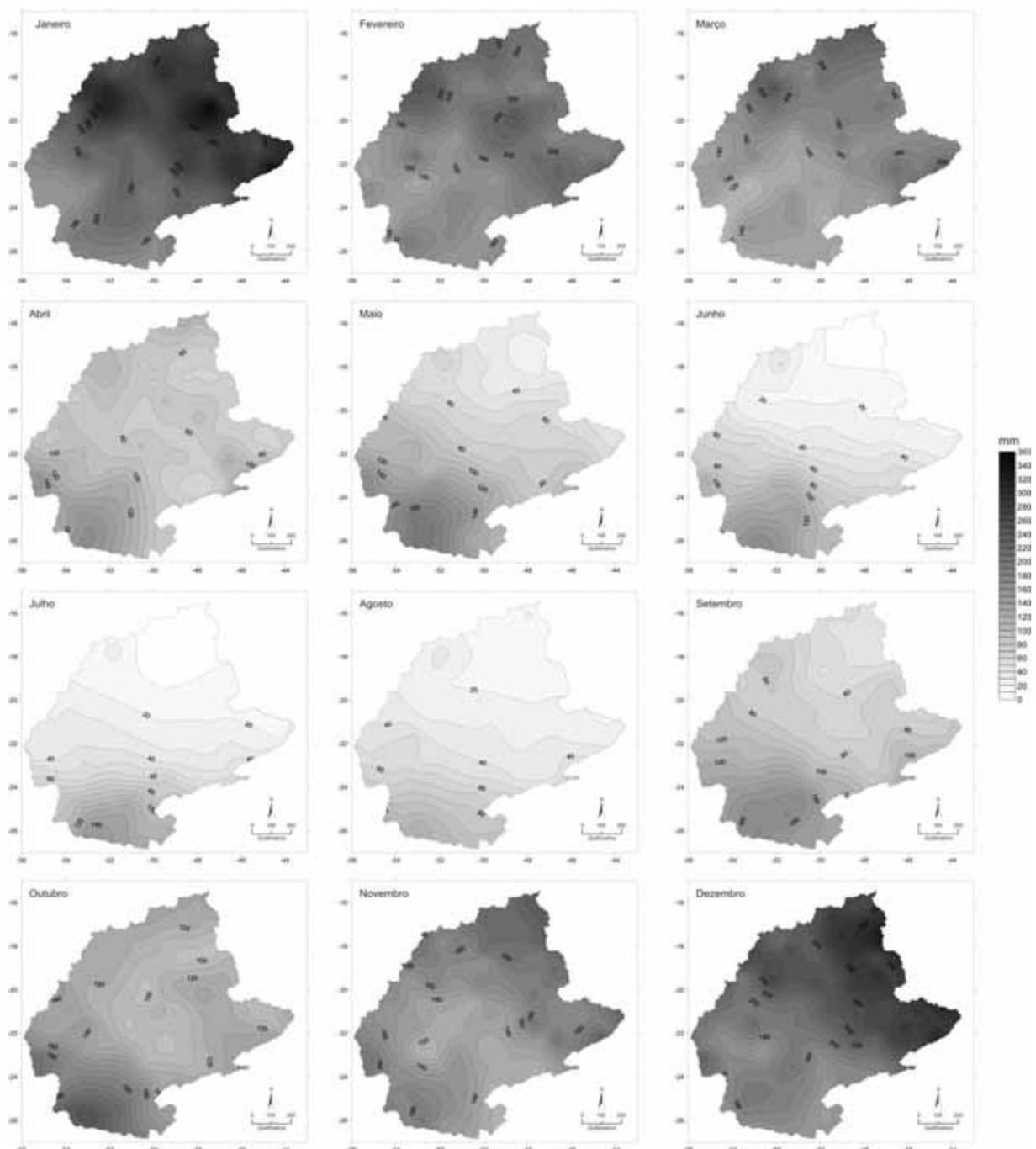
A menor amplitude pluviométrica sazonal na região sul da bacia está ligada, como já dito, à maior participação dos sistemas frontais que agem continuamente sobre ela provocando chuvas ao longo de todo o ano, inclusive durante as estações de verão e de primavera.

### 3.2.3 Distribuição das chuvas mensais médias

Ao nível de detalhamento mensal, as isoietas com os valores médios indicaram, a princípio, a existência de dois períodos pluviais bem distintos na área de estudo (Figura 23). O chuvoso tem início no mês de outubro e termina no mês de março, enquanto que o pouco chuvoso vai do mês de abril até o mês de setembro, indicando, portanto, seis meses de chuvas bem volumosas e outros seis de chuvas bem menos volumosas. Entretanto, a passagem da estação chuvosa para a seca, ou vice-versa, se dá de maneira gradual, ou seja, os volumes de chuvas vão diminuindo ou aumentando com o passar dos meses, até chegaram aos valores máximos, quando, daí em diante, recuam gradativamente até atingirem aos valores mínimos. Estas características pluviais, por sua vez, estão intimamente ligadas à ação dos diversos

sistemas atmosféricos que agem sobre a bacia e, cujos movimentos rítmicos vão moldando os meses e estações do ano na área, do ponto de vista da pluviosidade.

Neste sentido foi observado que durante os meses referentes ao período chuvoso, os maiores volumes médios de chuvas se concentraram na região norte da bacia, ficando os mais baixos na região sul. Situação inversa ocorre durante o período seco, quando as chuvas quase que se restringem ao setor meridional da bacia.



**Figura 23** - Distribuição das chuvas mensais médias na bacia do Paraná.

O mês que apresentou as maiores médias de chuvas ao longo de toda a série histórica na área de estudo foi janeiro, com mínimos em torno de 110 mm e máximos próximos a 350 mm, gerando amplitude de aproximadamente 240 mm, considerada toda a bacia. Inversamente, os meses de junho, julho e agosto apresentaram os valores mais baixos, inclusive com ausência de chuvas na região norte; entretanto, destes três meses, a menor amplitude foi registrada no mês de agosto (110 mm), sendo que as médias mais baixas ficaram em torno de 10 mm e as maiores de 120 mm. Apesar da menor amplitude durante o mês de agosto, nos meses de junho e julho não houve ocorrência de chuvas no extremo norte da bacia.

#### 3.2.4 Distribuição das chuvas anuais no período 1976 – 2005

Após a análise da distribuição espacial dos valores médios de chuvas nas escalas temporais discutidas anteriormente, realizou-se, então, a interpolação dos totais anuais de chuvas de cada um dos 30 anos da série histórica. Este procedimento, além de auxiliar na visualização da distribuição das chuvas anuais ao longo da bacia, garantiu, também, a identificação prévia dos anos mais chuvosos, bem como dos mais secos, para a futura seleção dos anos padrão. Tais interpolações, constantes da figura 24, foram confeccionadas no *software Surfer*, de maneira que se pode comparar um ano ao outro, e inclusive, compará-los à interpolação das chuvas médias da bacia, representadas anteriormente através da figura 21.

Inicialmente, as isoietas mostram que em relação a toda a área da bacia, a região central é a que concentra os volumes anuais mais baixos de chuvas, reafirmando o que já havia sido constatado através da interpolação das chuvas médias, representadas na figura 21, no capítulo 3.2.1. Este comportamento, por conseguinte, torna evidente a diferenciação pluvial existente dentro da área estudada, com chuvas mais volumosas ao sul e ao norte, provocadas pela atuação de diferentes sistemas atmosféricos, como já discutidos anteriormente. Portanto, a bacia em questão encontra-se numa posição geográfica que apresenta regimes pluviométricos contrastantes (“Brasil Central” versus “Brasil Meridional”), com variações interanuais da pluviosidade, além de variações do ritmo pluvial intra-anual (dentro de um mesmo ano, seja ele chuvoso, habitual ou seco).



Figura 24 – Distribuição espacial dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná durante os 30 anos da série histórica analisada.

Aprofundando a análise, nota-se que o ano mais chuvoso de toda a série histórica foi 1983, com grandes volumes de chuvas bem distribuídos ao longo de toda a bacia. Neste ano os volumes totais chegaram a ultrapassar os 3400 mm na região sul e os 2800 mm na região leste. Nesta mesma linha de análise, nota-se que o ano de 1982 aparece como o segundo mais chuvoso, seguido do ano de 1992. Entretanto, apesar de alguns anos apresentarem setores da bacia com volumes de chuvas mais elevados, os mesmos ocorrem isoladamente, ou ainda, em pequenas áreas, enquanto que durante os três anos citados anteriormente, os elevados valores de chuvas estiveram distribuídos por toda a área de estudo.

Por outro lado, os anos de 1985, 1984 e 1999, nesta ordem, se destacaram como sendo os mais secos, tendo em vista que, além dos valores mais baixos de chuvas em relação aos dos demais anos, nestes, os menores valores pluviométricos, tal e qual ocorreu nos anos mais chuvosos, também tiveram distribuição generalizada, atingindo toda a bacia, inclusive o setor sul que, via de regra, apresenta sempre uma pluviosidade mais elevada no decorrer dos anos.

### **3.3 A escolha de anos-padrão**

#### **3.3.1 Usando o desvio quartílico**

Obtida essa visão panorâmica das chuvas na bacia do Paraná, iniciou-se, então, o processo de aplicação de técnicas que proporcionassem outras visões dos dados pluviométricos e facilitassem o entendimento do comportamento pluviométrico anual na área de estudo, bem como garantissem a escolha dos anos-padrão para futuras análises nas escalas anual, sazonal e mensal.

A primeira técnica utilizada foi a do desvio quartílico. Os cálculos foram aplicados ao rol de dados gerado a partir dos totais anuais de chuvas das 96 quadrículas da bacia para os 30 anos da série histórica, já apresentado no quadro 16, capítulo 3.1.

A partir desse quadro 16, foi gerado um novo, o de número 18, com os valores anuais de chuvas divididos em intervalos de classes, evidenciando, assim, quais seriam os anos chuvosos (cores azuis), os anos habituais (cores verdes) ou os anos secos (cores vermelha e amarela) de cada uma das 96 quadrículas da bacia.



Essa técnica propiciou, de maneira bastante satisfatória, boa visualização da variabilidade da chuva pluviométrica temporal e espacial existente na área de estudo. Assim sendo, confirmou que quadrículas localizadas no sul da bacia destacaram-se por apresentarem maiores volumes de chuvas, logo, foram classificadas com tonalidades na cor azul. Em contrapartida, as quadrículas correspondentes à área central da bacia foram destacadas, em grande quantidade, na cor amarela e até mesmo vermelha, revelando-se a mais seca da área estudada, fato já mostrado pela interpolação dos valores pluviais médios e dos totais anuais de chuvas. A região norte da bacia apresentou diversas quadrículas com tonalidades verdes, ou seja, com volumes pluviométricos anuais mais elevados que os da na área central, mas inferiores àquelas do setor sul da área estudada.

Outra questão importante é que na região sul da bacia, apesar das chuvas ocorrerem com maior frequência, as mesmas não se distribuíram de forma idêntica ao longo de toda a série histórica, pois durante os anos iniciais da série elas foram menos volumosas, e, ao contrário, na região norte, e no mesmo período, elas apresentaram volumes maiores. Temporalmente, percebe-se que o ano de 1983 foi o mais chuvoso de toda a série histórica, apresentando mais quadrículas com tons azuis. O ano de 1985, por conter muitas quadrículas com a cor amarela, e algumas com a cor vermelha, destacou-se como sendo o ano mais seco da série histórica de 30 anos.

### 3.3.2 Usando a fórmula de Sturges

Comparando-se com a técnica do desvio quartílico, a fórmula de Sturges gerou resultados parecidos (Quadro 19), o que confirmou serem, ambas as técnicas de credibilidade para a classificação da pluviosidade, do ponto de vista geográfico aqui perseguido.

Apesar da semelhança dos resultados obtidos em ambas as técnicas, algumas diferenças (e/ou desvantagens) podem ser apontadas. A primeira é que a técnica do desvio quartílico privilegia apenas alguns intervalos pluviométricos, principalmente os da segunda classe (cor amarela – valores entre 811,4 a 1181,0 mm) e os da penúltima classe (cor azul – valores entre 1912,0 a 2917,7 mm) e exagera a realidade pluvial de algumas áreas da bacia. Tais exageros, no caso deste estudo, não foram convenientes, pois o que se pretendia era, primeiramente, encontrar o padrão pluvial habitual (o mais representativo) da área de estudo.



Em decorrência dessa primeira desvantagem, a segunda diz respeito ao fato de que na técnica do desvio quartílico os valores considerados padrão habitual não aparecem com a frequência que deveriam (justamente porque habitual é sinônimo de frequente) o que já não se dá quando a técnica utilizada é a da fórmula de Sturges. Nesta, os valores habituais ficam bem evidenciados, o que a torna mais vantajosa ao presente estudo.

Considerando-se, portanto, as observações acima, a técnica escolhida para representação dos anos considerados padrão para a bacia do Paraná foi a da fórmula de Sturges, que melhor definiu os valores habituais da pluviosidade na bacia, entretanto, os resultados obtidos com a aplicação da técnica do desvio quartílico não foram descartados, pois os mesmos foram usados, em caráter complementar, como apoio na escolha dos anos-padrão (chuvoso, habitual e seco).

Assim, para facilitar a análise dos resultados e objetivando a seleção dos tais anos-padrão, consideradas as 96 quadrículas e também cada um dos 30 anos da série histórica, calculou-se a frequência total de quadrículas/anos, de acordo com os intervalos sugeridos pela técnica do desvio quartílico ou a fórmula de Sturges, conforme demonstra o quadro 20 abaixo.

**Quadro 20** – Frequências absolutas das quadrículas/anos, conforme os intervalos de classe sugeridos pelo desvio quartílico ou fórmula de Sturges, da série 1976 – 2005, na bacia do Paraná.

INTERV. CLASSE/ANO	Frequência Absoluta - cálculo do desvio quartílico																													
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
665,3-787,1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
811,4-1181,0	1	7	23	7	6	14	1	0	34	35	8	4	21	1	17	12	3	10	24	12	11	1	4	34	4	12	24	12	6	8
1181,0-1308,7	3	22	18	7	6	15	0	0	21	14	12	3	17	8	15	8	7	17	19	10	12	6	9	20	9	17	22	16	8	13
1309,0-1506,1	18	32	18	23	26	27	11	6	17	22	26	35	30	18	30	32	14	26	19	28	21	22	28	16	28	28	21	35	30	33
1506,4-1736,7	44	18	28	29	37	20	23	14	12	17	31	29	19	31	10	24	24	27	16	30	19	32	24	22	30	20	17	16	34	23
1737,1-1911,7	15	10	7	14	11	12	36	21	6	3	8	15	5	18	7	17	21	7	10	10	14	12	13	3	11	11	3	12	14	10
1912,0-2917,7	15	6	2	16	10	8	25	52	6	3	9	10	3	20	14	3	27	9	6	6	18	23	15	1	14	8	9	5	4	9
3011,9-3407,2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
INTERV. CLASSE/ANO	Frequência Absoluta - regra de Sturges																													
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
664,8-893,8	1	2	4	0	1	1	0	0	2	6	2	1	2	0	7	1	0	0	2	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
893,8-1122,8	0	4	13	4	2	9	0	0	25	22	4	2	9	1	8	5	2	6	11	5	6	0	1	24	1	8	13	4	3	3
1122,8-1351,8	0	2	4	1	2	2	0	0	3	3	3	0	7	0	1	5	0	3	3	2	2	0	1	4	3	1	4	6	2	4
1351,8-1580,8	32	60	50	43	47	47	20	8	50	51	48	57	60	40	53	49	29	60	53	50	43	40	49	52	48	55	59	61	53	58
1580,8-1809,8	39	16	21	25	29	23	35	16	7	9	27	18	13	23	9	23	29	14	13	26	19	30	19	13	21	18	10	12	29	13
1809,8-2038,8	18	10	3	14	8	11	24	26	7	4	8	9	5	20	6	12	16	7	7	9	10	12	9	1	17	7	2	13	8	14
2038,8-2725,8	6	2	1	9	7	2	17	40	2	1	4	9	0	11	10	1	20	6	6	1	15	13	13	0	6	7	8	0	1	4
2725,8-3412,8	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0

Os resultados das frequências absolutas mostraram, portanto, quais os números de quadrículas, com valores anuais de chuvas, que se enquadravam dentro de cada classe previamente definida, através da técnica do desvio quartílico e da fórmula de Sturges. Assim, foi possível verificar quais anos apresentaram o maior número de quadrículas em classes

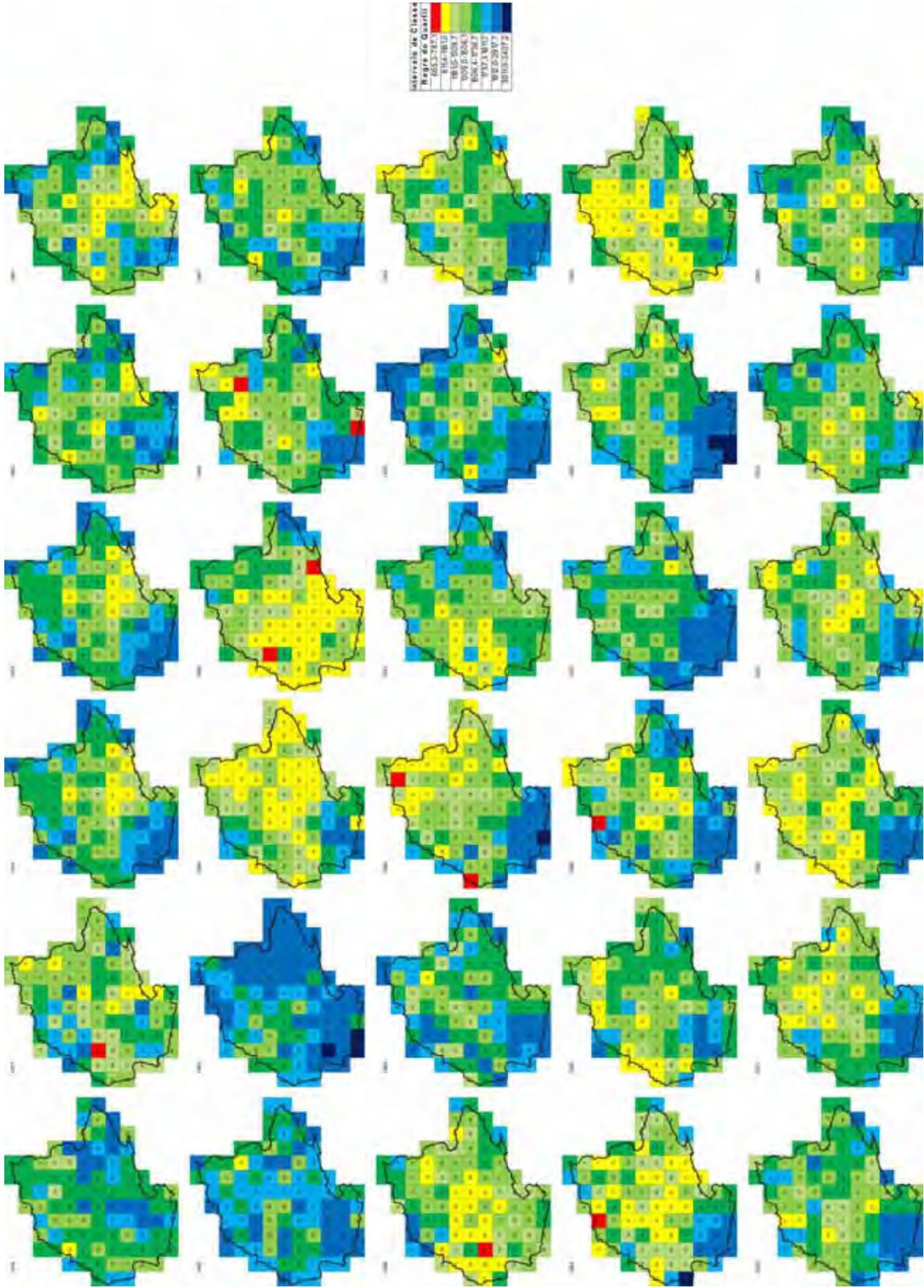
chuvosas e secas. Entretanto, quando dois anos distintos apresentaram o mesmo número de quadrículas em uma determinada classe (na classe seca, representada pela cor vermelha, por exemplo), foi considerado, a critério de desempate, o número de quadrículas da classe seguinte, e assim sucessivamente, para todos os 30 anos da série histórica escolhida.

Deve-se ressaltar ainda, que, devido ao fato da técnica da fórmula de Sturges ter sido considerada a mais representativa na classificação dos valores habituais de chuva na bacia, as frequências absolutas demonstradas por essa técnica teve mais peso na escolha do ano-padrão em relação à técnica do desvio quartílico.

Com base nestas análises, e tendo em vista a necessidade de se localizar espacialmente as quadrículas apontadas em cada uma das técnicas acima citadas, para cada um dos 30 anos da série histórica, foram construídos, 60 cartogramas (30 para cada uma das técnicas utilizadas), os quais sugeriram, antecipadamente, a distribuição espacial das chuvas para cada ano na bacia do Paraná, na maneira como são representadas nas figuras 25 e 26.

Os cartogramas indicaram que o ano mais chuvoso da série histórica foi 1983, tendo em vista que neste ano os maiores volumes de chuvas foram demonstrados em quadrículas bem distribuídas ao longo de toda a bacia, ou seja, em caráter regional, devido a dimensão da mesma. Indicou também que o ano de 1985 foi o mais seco, pois apresentou elevada frequência de quadrículas com baixos volumes anuais de chuvas, principalmente na região sul da bacia, o que, de fato, não é comum, como visto nas discussões anteriores, quando mostraram que o caráter regional das chuvas na bacia do Paraná se dá com a parte meridional mais chuvosa e a setentrional apresentando volumes um pouco menores, enquanto que a região central (principalmente a centro-oeste) caracteriza-se com chuvas bem mais escassas.

Sabendo-se que este é o comportamento das chuvas que mais se repete na bacia do Paraná, escolheu-se ainda o ano considerado padrão habitual deste comportamento. Portanto, neste caso, o ano considerado mais representativo foi 2000, finalizando-se assim, esta etapa inicial na seleção dos três anos-padrão necessários para um estudo mais detalhado no nível sazonal, mensal, e ainda, diário.



**Figura 25** – Cartogramas com a distribuição espacial das 96 quadrículas, demonstrando, através da técnica do desvio quartílico, os totais anuais de chuvas para o período de 1976 – 2005 na bacia do Paraná.

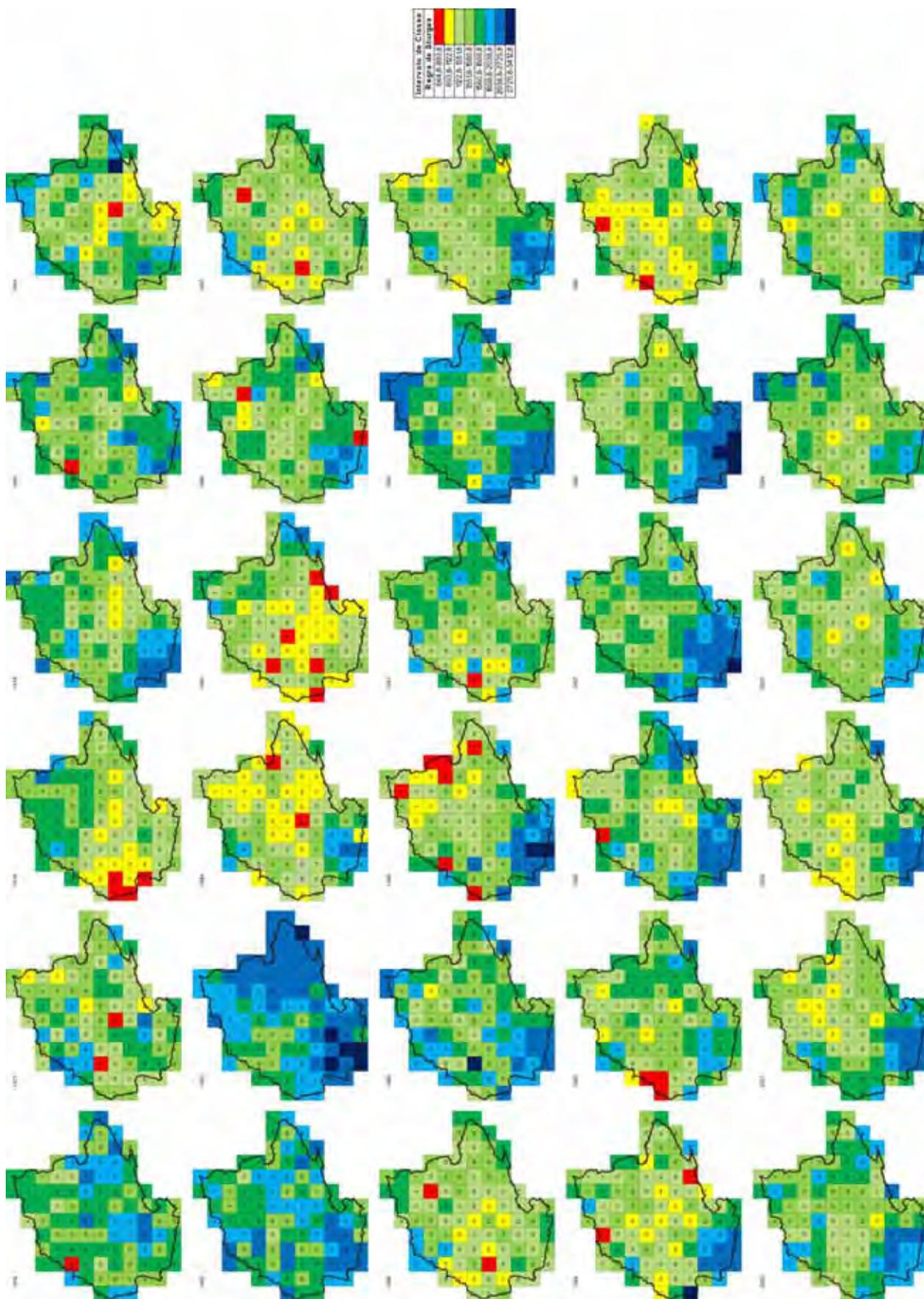


Figura 26 – Cartogramas com a distribuição espacial das 96 quadrículas, demonstrando, através da técnica da fórmula de Sturges, os totais anuais de chuvas para o período de 1976 – 2005 na bacia do Paraná.

A classificação de todos os trinta anos, obtida através das duas técnicas anteriormente citadas, é demonstrada no quadro 21.

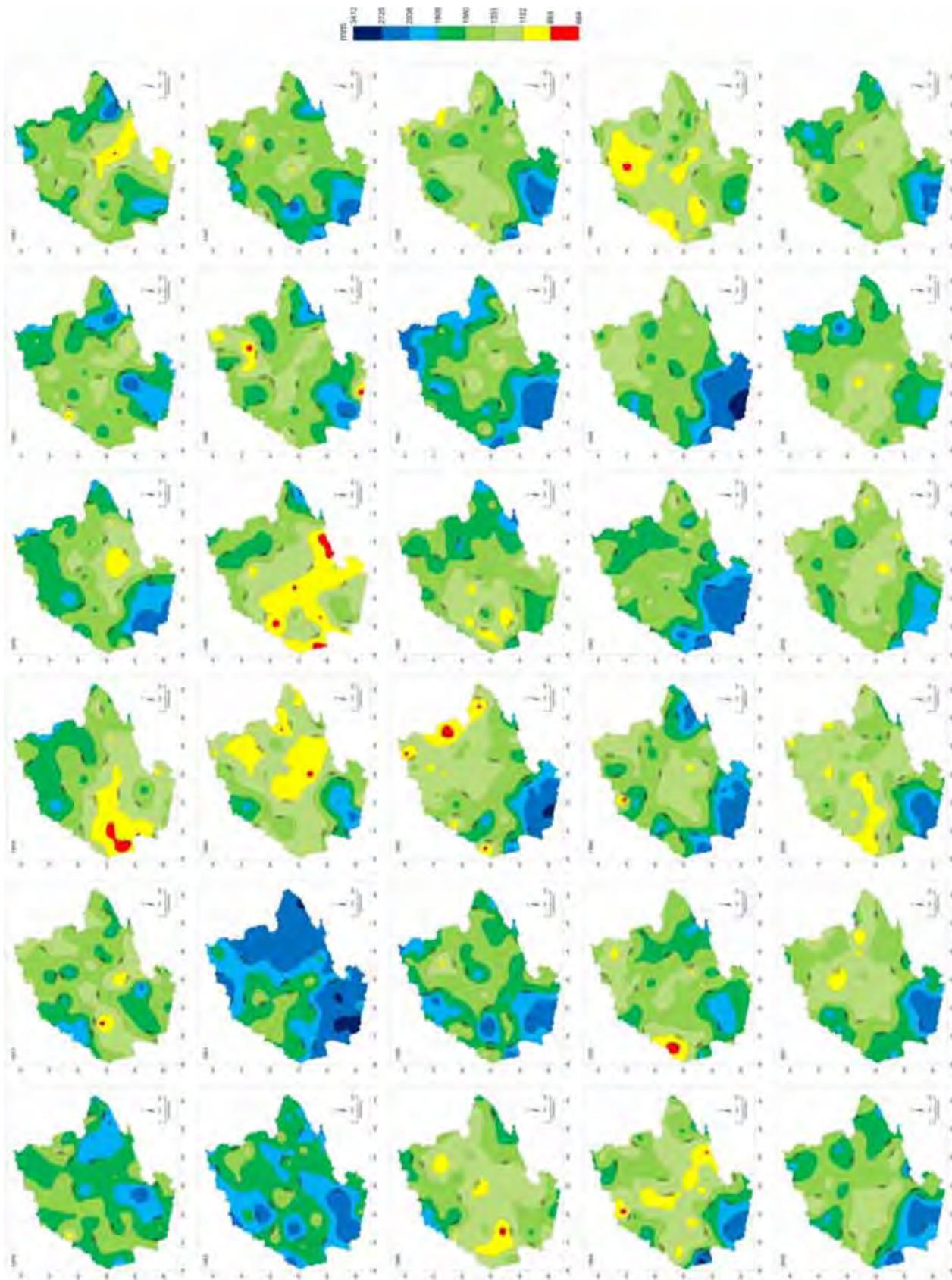
**Quadro 21** – Os 30 anos da série histórica, classificados através das técnicas do desvio quartílico e da fórmula de Sturges.

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Chuvoso	Ano							Habitual	Ano									Seco	Ano								Misto	Ano	

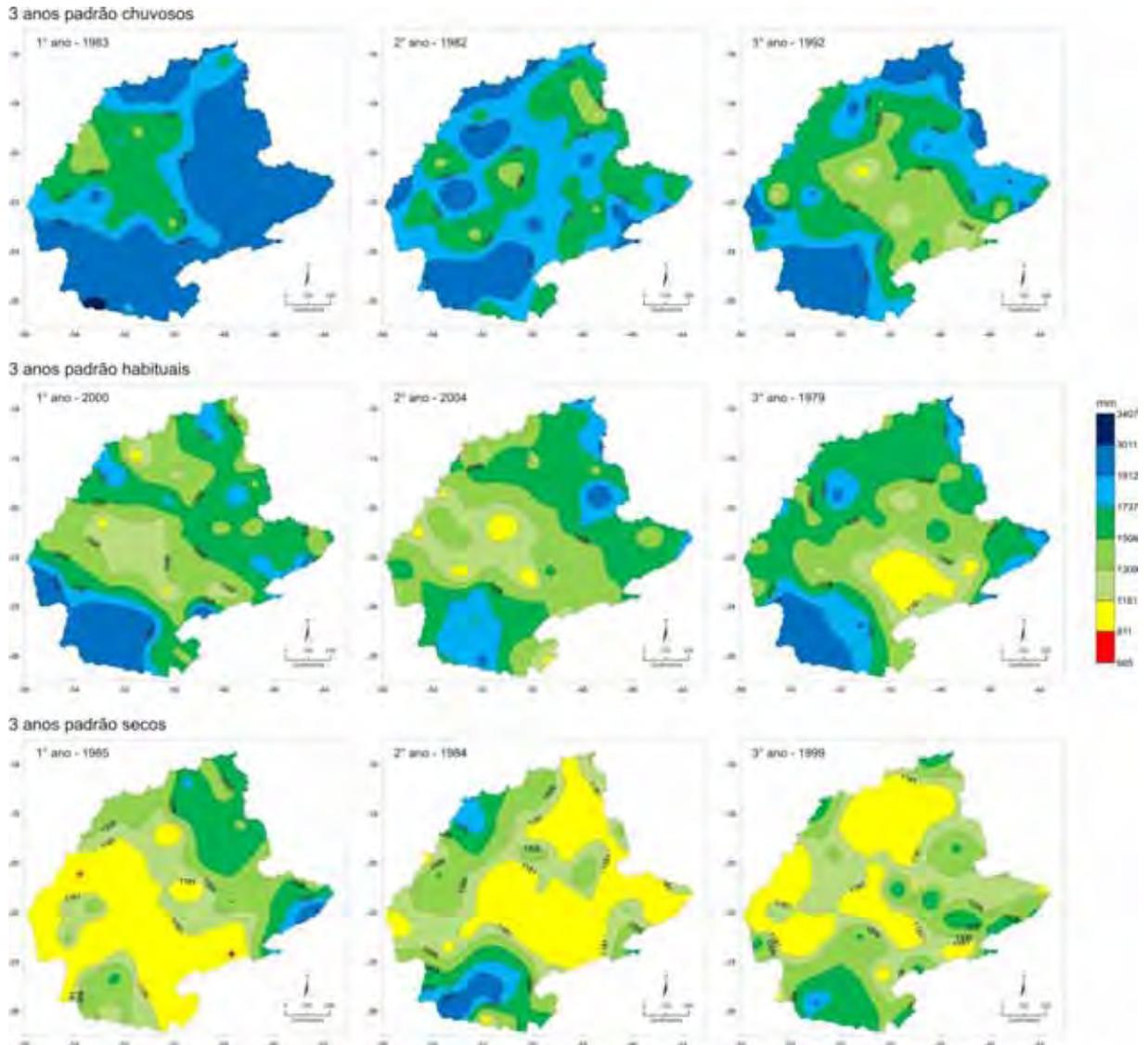
A classificação apresentada na tabela acima revela que dos trinta anos da série histórica, sete podem ser considerados como de padrão chuvoso. Outros sete são considerados de padrão seco e doze deles são representativos do padrão habitual. Por fim, quatro anos não se classificaram, preferencialmente, em nenhuma dessas três modalidades, pois a irregular distribuição das chuvas ao longo da bacia não o permitiu, motivo pelo qual foram considerados de padrão misto.

Objetivando-se comprovar o acerto na seleção dos três anos-padrão já mencionados, foram então interpolados os intervalos de classe apontados pela técnica da fórmula de Sturges (Figura 27), para cada um dos trinta anos, já que a referida técnica foi a que garantiu melhor classificação dos dados anuais de chuvas, como citado anteriormente. Já na figura 28 estão representadas as interpolações apenas dos intervalos de classe referentes aos três anos que mais se destacaram, seja no padrão chuvoso, (anos de 1983, 1982 e 1992), no padrão habitual (anos de 2000, 2004 e 1979), ou no padrão seco (anos de 1985, 1984 e 1999), sugeridos pela técnica do desvio quartílico.

A interpolação dos intervalos de classe obtidos através da aplicação das referidas técnicas garantiu a visualização da distribuição espacial das chuvas ao longo da área estudada, para cada ano da série temporal, fato que os diagramas não haviam oferecido, pois haviam dado uma idéia desta distribuição, mostrando apenas, o volume anual de chuvas ocorrido dentro dos limites de cada quadrícula. Os resultados da interpolação dos intervalos de classe oriundos da técnica da fórmula de Sturges são representados na figura 27, enquanto que os da técnica do desvio quartílico encontram-se na figura 28.



**Figura 27** – Distribuição dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná nos três principais anos padrão chuvoso, habitual e seco, do período 1976 – 2005, cujos intervalos de classe foram sugeridos pela técnica da fórmula de Sturges.



**Figura 28** – Distribuição dos totais anuais de chuvas na bacia do Paraná nos três principais anos padrão chuvoso, habitual e seco, do período 1976 – 2005, cujos intervalos de classe foram sugeridos pela técnica do desvio quartílico.

As isoietas representativas dos intervalos de classe apontadas pelas duas técnicas mencionadas possibilitaram analisar a dimensão real das áreas atingidas pelas chuvas e garantiram maior fidelidade à análise. Deste modo, foi confirmado o acerto na seleção daqueles nove anos como sendo os mais representativos do padrão chuvoso, habitual e seco na bacia e, dentre eles, os anos de 1983, 2000 e 1985 foram tomados como os melhores exemplos, dentro daquela série histórica de 30 anos, do padrão chuvoso, habitual e seco, respectivamente. Tais anos foram então analisados em detalhe, tanto no nível sazonal quanto mensal, objetivando melhor entendimento da distribuição temporal das chuvas na área de estudo. Realizou-se, ainda a análise no nível diário das chuvas, numa tentativa preliminar de

apreciação detalhada do ritmo pluviométrico em cada uma das 96 quadrículas da área de estudo, nos três anos-padrão (1983, 2000 e 1985).

### **3.4 O ano-padrão chuvoso de 1983**

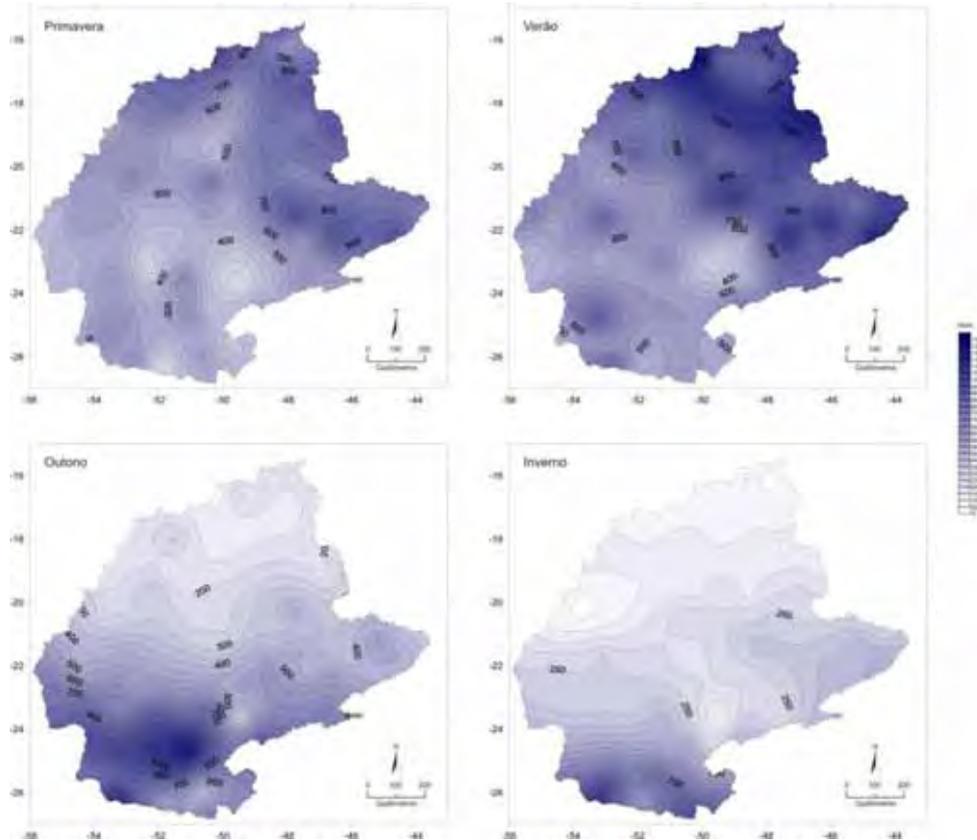
#### **3.4.1 Variações sazonais da pluviosidade**

Analisando os volumes sazonais totais das chuvas precipitadas na bacia do Paraná durante o ano-padrão chuvoso de 1983, verificou-se que houve amplitude elevada ao longo das quatro estações do ano, totalizando o valor de 1290,0 mm. O menor valor de chuva encontrado foi de 18,4 mm e ocorreu durante o inverno na quadrícula três, extremo norte da bacia. O maior volume registrado totalizou 1308,4 mm, também na região norte, mais especificamente na quadrícula seis, durante a estação do verão. Nota-se, portanto, que tanto o menor quanto o maior volume ocorreram em regiões relativamente próximas.

A variabilidade pluviométrica acima descrita é mais bem analisada através da figura 29, onde são apresentadas as distribuições espaciais sazonais das chuvas na bacia.

Espacialmente percebe-se que a estação do ano considerada mais chuvosa para a área de estudo é a do verão, pois registra volumes pluviométricos elevados bem distribuídos ao longo de toda a bacia. O mesmo ocorre durante a primavera, segunda estação mais chuvosa, no entanto, as chuvas já são menos volumosas. Durante estas duas estações, ainda, as chuvas são mais concentradas na região norte, enquanto que durante o outono e o inverno as mesmas se concentram na região sul, período em que, no norte, as chuvas se reduzem consideravelmente. Outro fato relevante é que a região sul é sempre bem regada de chuvas ao longo do ano, tendo em vista que os menores valores, registrados durante a primavera, ficaram em torno de 240,0 mm, e durante o outono se aproximam dos 1200,0 mm.

Nas estações da primavera e verão, portanto, as regiões norte e sul são as mais chuvosas, ficando o centro da bacia com os volumes mais reduzidos de chuvas. Tal comportamento, durante tais estações é muito semelhante àquele da distribuição espacial média anual e sazonal das chuvas, nas seções 3.2.1 e 3.2.2.



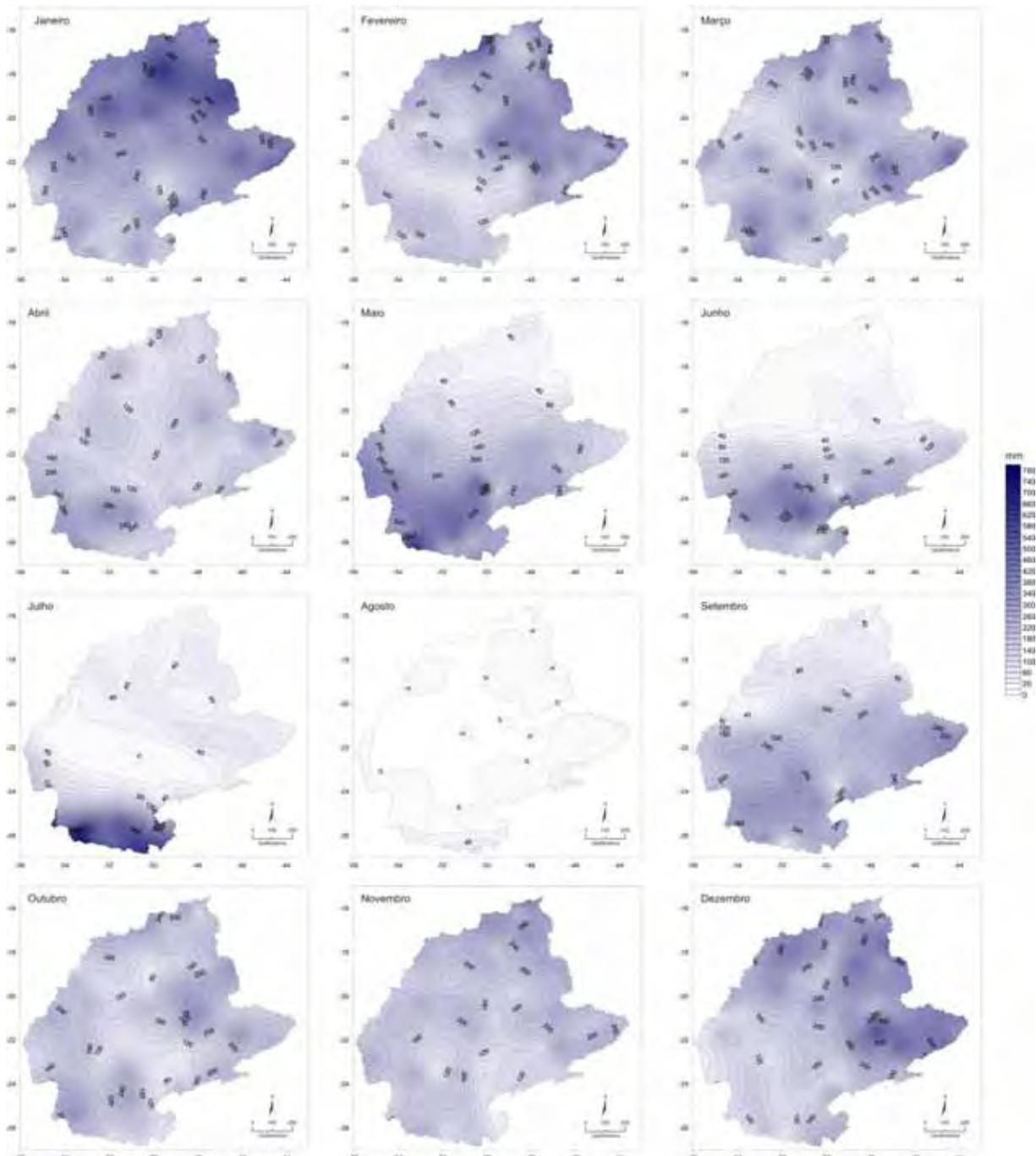
**Figura 29** – A sazonalidade das chuvas no ano-padrão chuvoso de 1983.

### 3.4.2 Variações mensais da pluviosidade

A elevada amplitude encontrada durante a análise das chuvas sazonais, e descrita na seção anterior, também foi observada no decorrer dos meses do ano de 1983, cuja diferença de chuva entre o mês mais chuvoso e o mais seco chegou a 750,6 mm. Este valor é idêntico ao maior valor de chuva registrado, ocorrido no mês de julho, na quadrícula 96, situada no extremo sul da bacia. Assim, o menor valor de chuva foi zero, durante o mês de agosto em praticamente toda a região central da bacia. Tais amplitudes são freqüentes durante estes meses, já que o elevado volume de chuvas é ocasionado pela intensa atuação de sistemas polares vindos do extremo sul do país, precedidos por frentes frias que provocam chuvas contínuas durante por vários dias ou chuvas intensas durante apenas um a dois dias seguidos.

Além do mês de agosto, valores pluviométricos extremamente baixos também foram observados com freqüência durante o mês de junho. Neste último, das 96 quadrículas analisadas, seis delas apresentaram ausências de chuvas, sendo todas situadas na região norte

da área estudada. Em agosto, a ausência de chuvas foi constatada em 62 quadrículas, a grande maioria também no setor centro-norte da bacia. Tal distribuição pode ser bem observada através da figura 30, que mostra como foi a marcha das chuvas mensais no ano de 1983.



**Figura 30** – Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão chuvoso de 1983.

Essas interpolações demonstram claramente que o mês de janeiro foi o mais chuvoso durante o ano de 1983, apresentando boa distribuição pluviométrica ao longo de toda

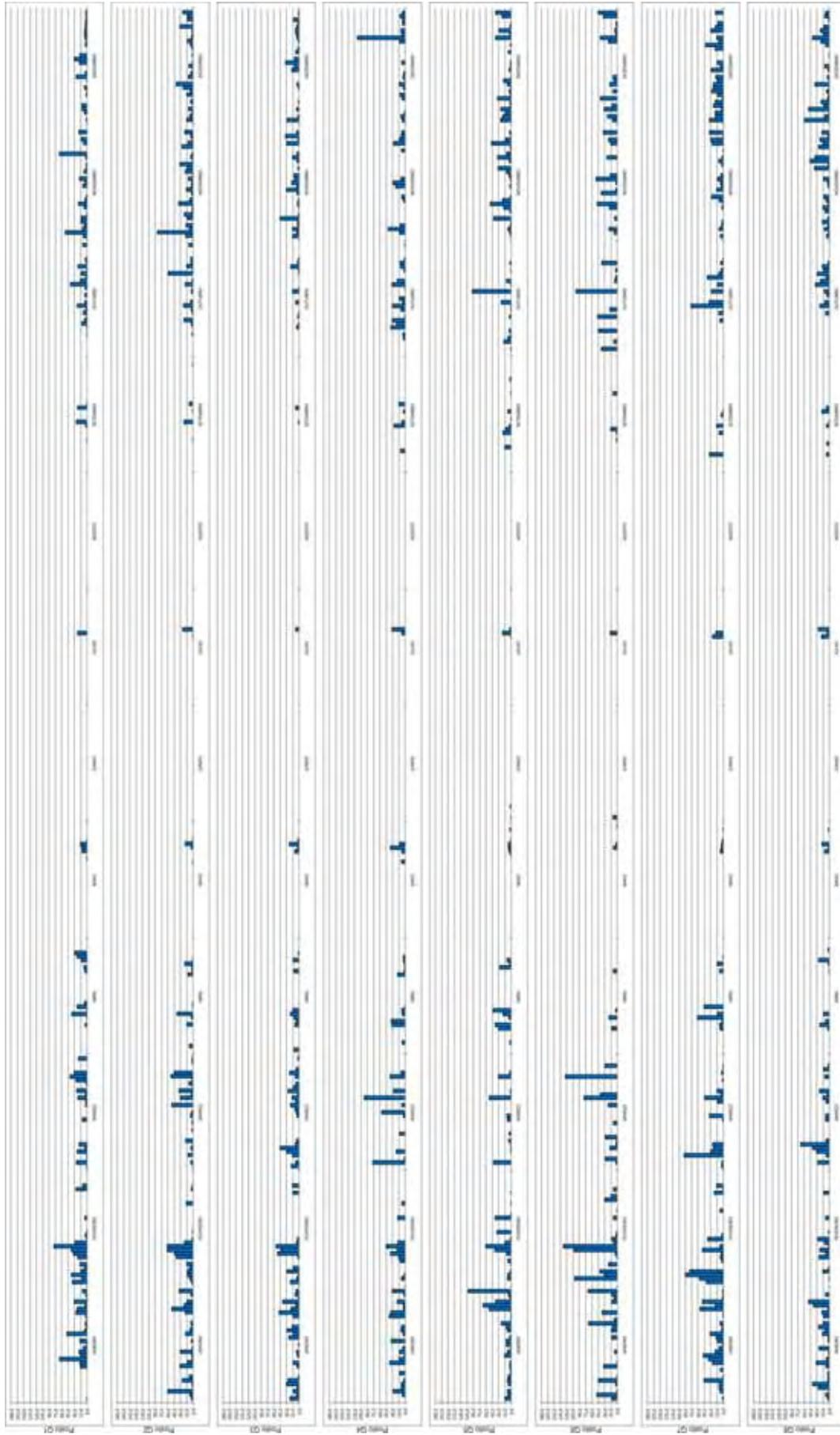
a bacia. Entretanto, alguns meses demonstraram valores bem mais elevados do que janeiro em áreas específicas, como é o caso da porção sul da bacia no mês de julho, onde foi registrado o maior valor já observado em toda a área estudada nos trinta anos da série histórica aqui reunida, como mencionado anteriormente.

Contraopondo-se a janeiro, o mês de agosto foi o mais seco, com totais de chuvas extremamente baixos até mesmo na região sul, onde não ultrapassaram os 60 mm, e em boa parte da bacia foi constatada ausência pluviométrica, principalmente nas áreas central e norte. O mês de julho também apresentou característica semelhante à de agosto, com volumes que não ultrapassaram os 50 mm em grande parte da bacia e com o extremo sul também muito bem servido de chuvas.

#### 3.4.3 Variações diárias da pluviosidade

O elevado volume pluviométrico observado, por exemplo, durante o mês de julho na região sul somente pôde ser bem compreendido quando se fez a análise no nível diário. Neste caso, observando a figura 31, notou-se que durante o citado mês houve seqüência pluvial contínua de dez dias, ou mais. O mesmo ocorreu durante o mês de junho, entretanto, os totais precipitados foram menores. A escassez de chuvas durante o mês de agosto, mostrada através da distribuição espacial, também pode ser muito bem notada nos gráficos diários, já que desde o norte até o sul quase não há nenhum dia registrando chuvas. Além do mais, há uma grande lacuna provocada pela quase ausência de pluviosidade que vai do mês de maio até o mês de agosto, no setor norte da bacia, enquanto que no setor sul este vazio é inexistente, exceção feita ao mês de agosto.

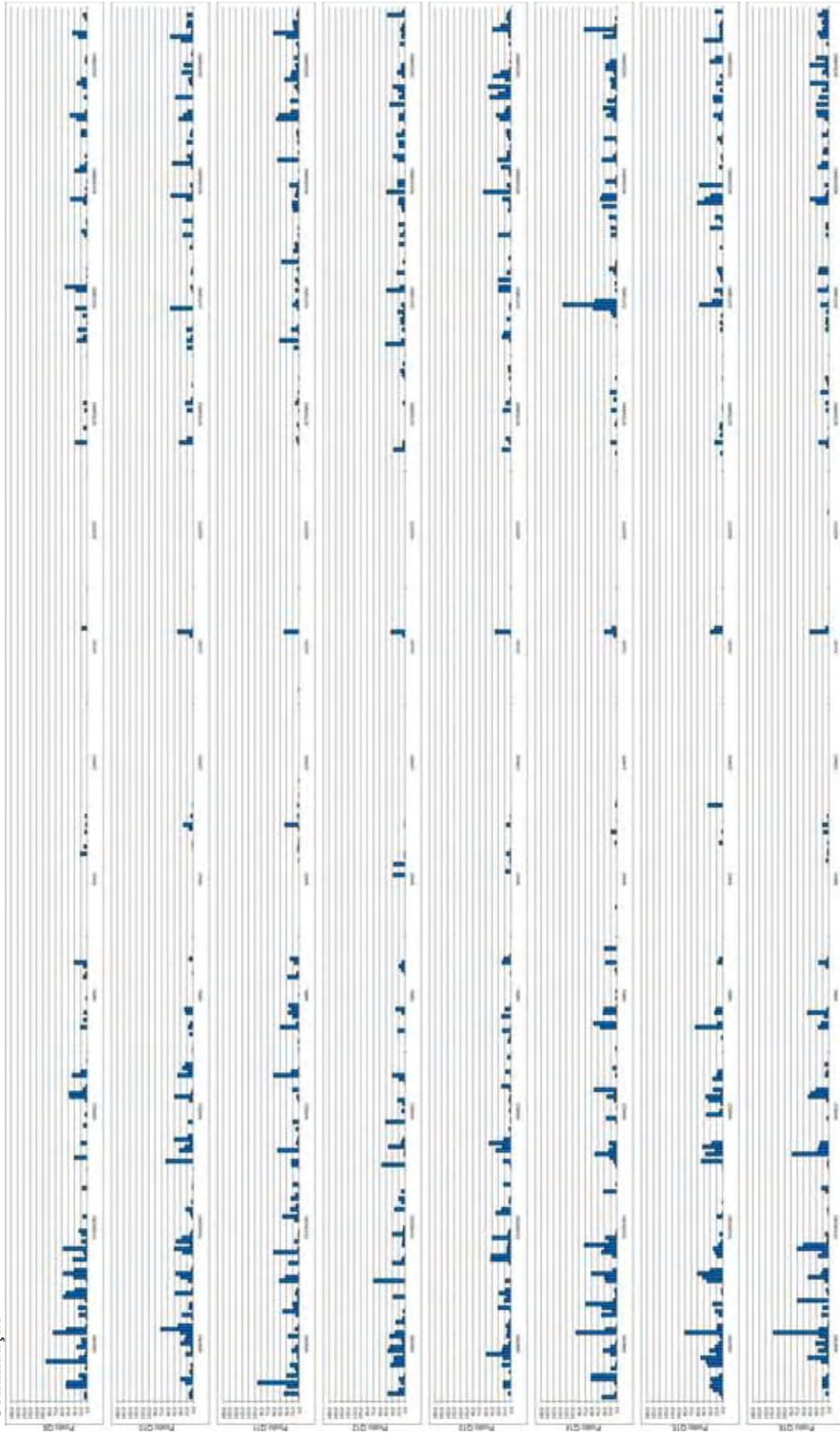
Seqüências prolongadas de dias de chuvas também ocorreram na região norte, e neste caso até mais dilatadas que na região sul, alcançando praticamente vinte dias; entretanto, tais seqüências estão presentes no início e no final do ano, ao contrário da região sul, onde as mesmas ocorreram no meio do ano. Há que se ressaltar ainda que no extremo sul da bacia (quadrículas Q86 a Q96), no mês de julho, as chuvas ocorreram não somente com muita frequência, mas também com valores elevados.



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadriculas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

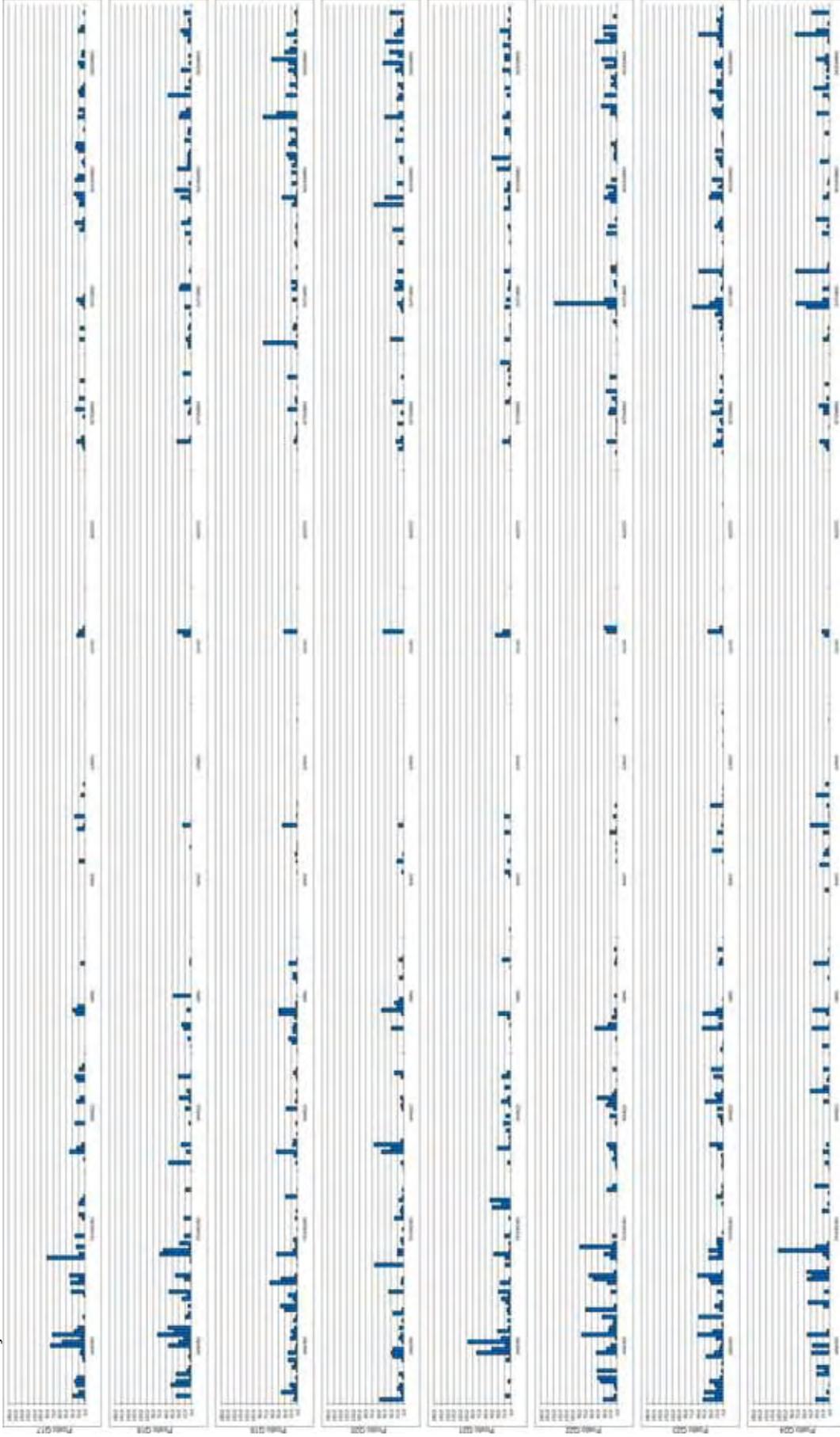
Continuação



Continua

**Figura 31** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

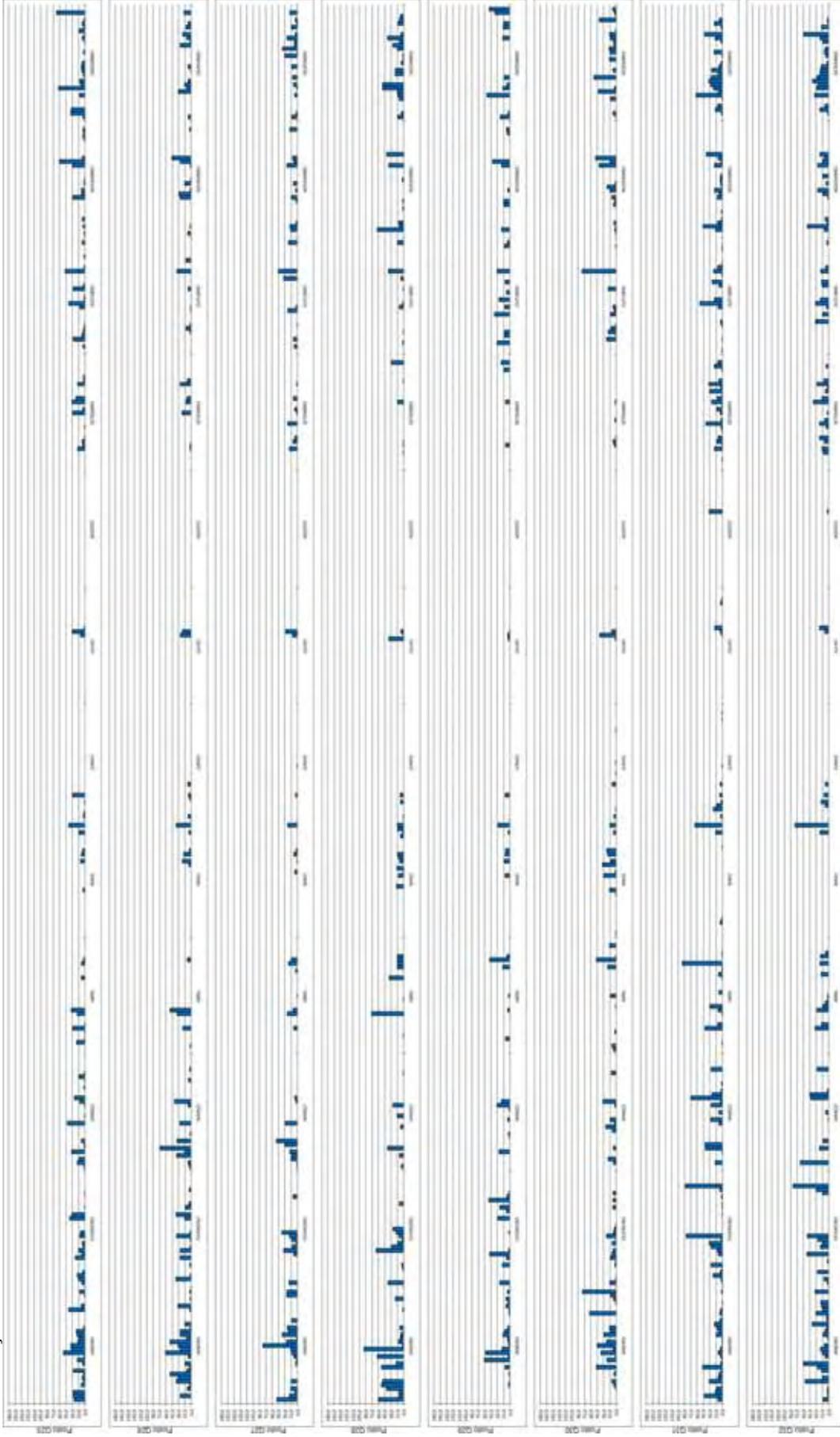
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

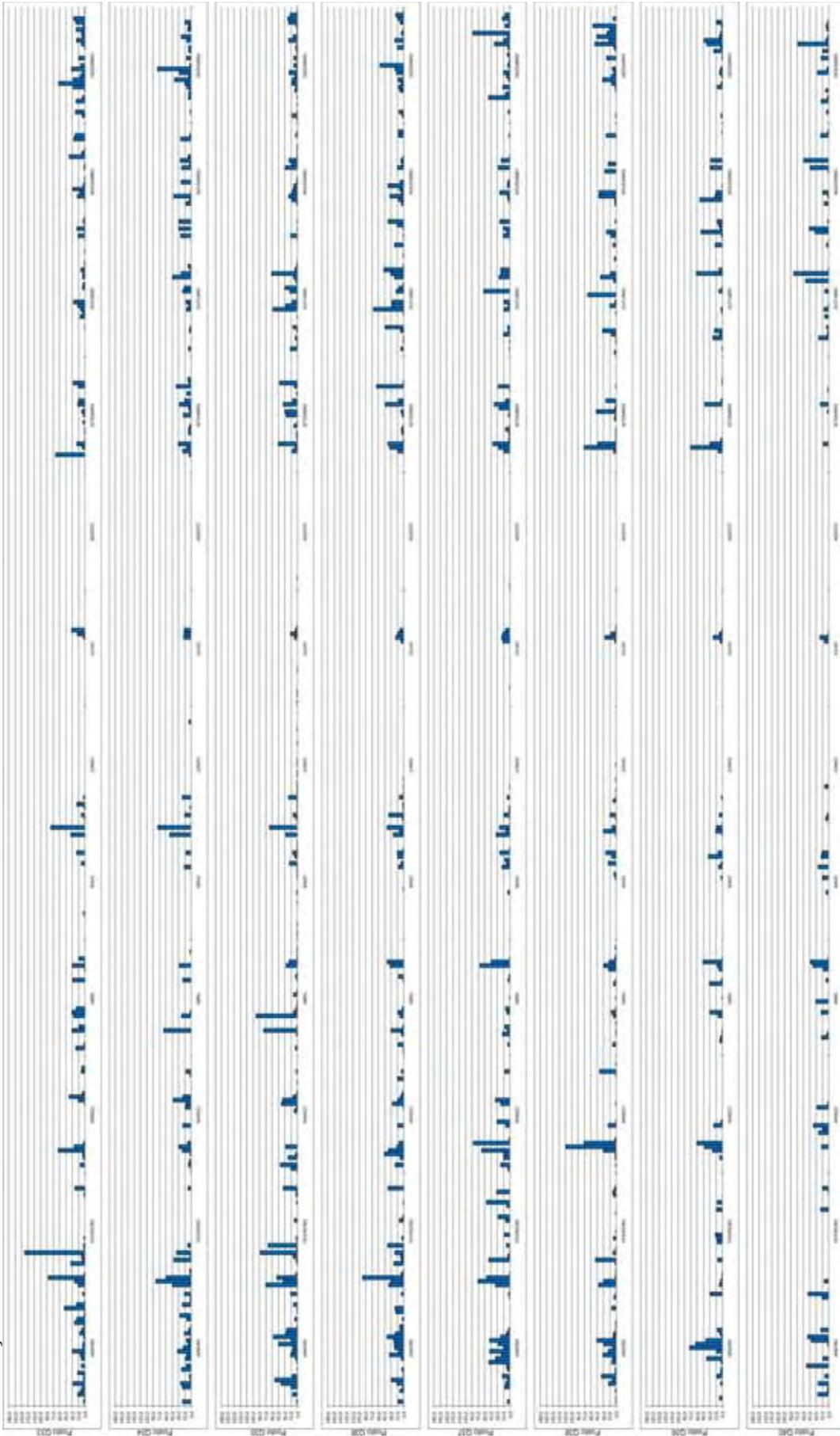
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadriculas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

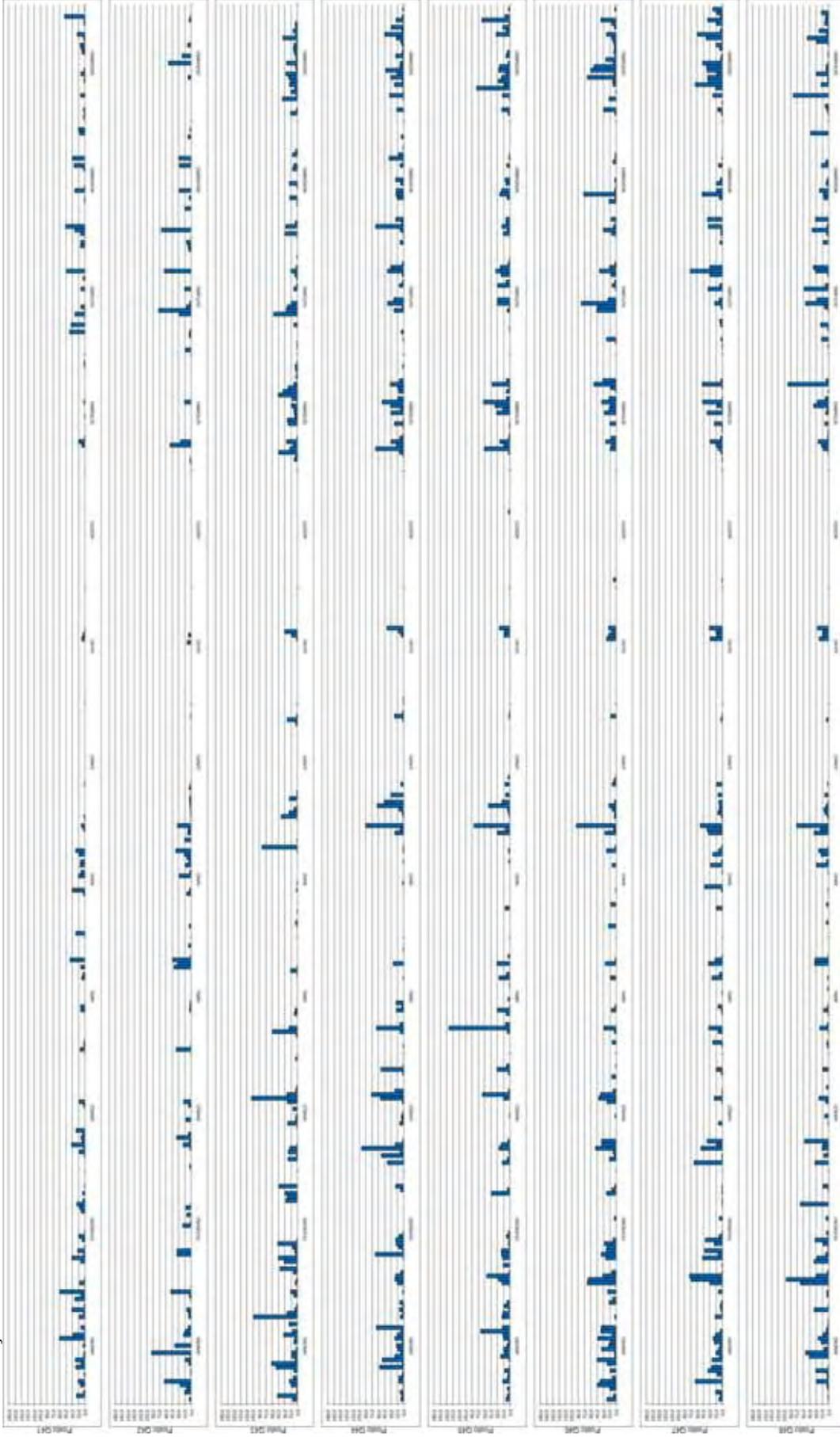
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

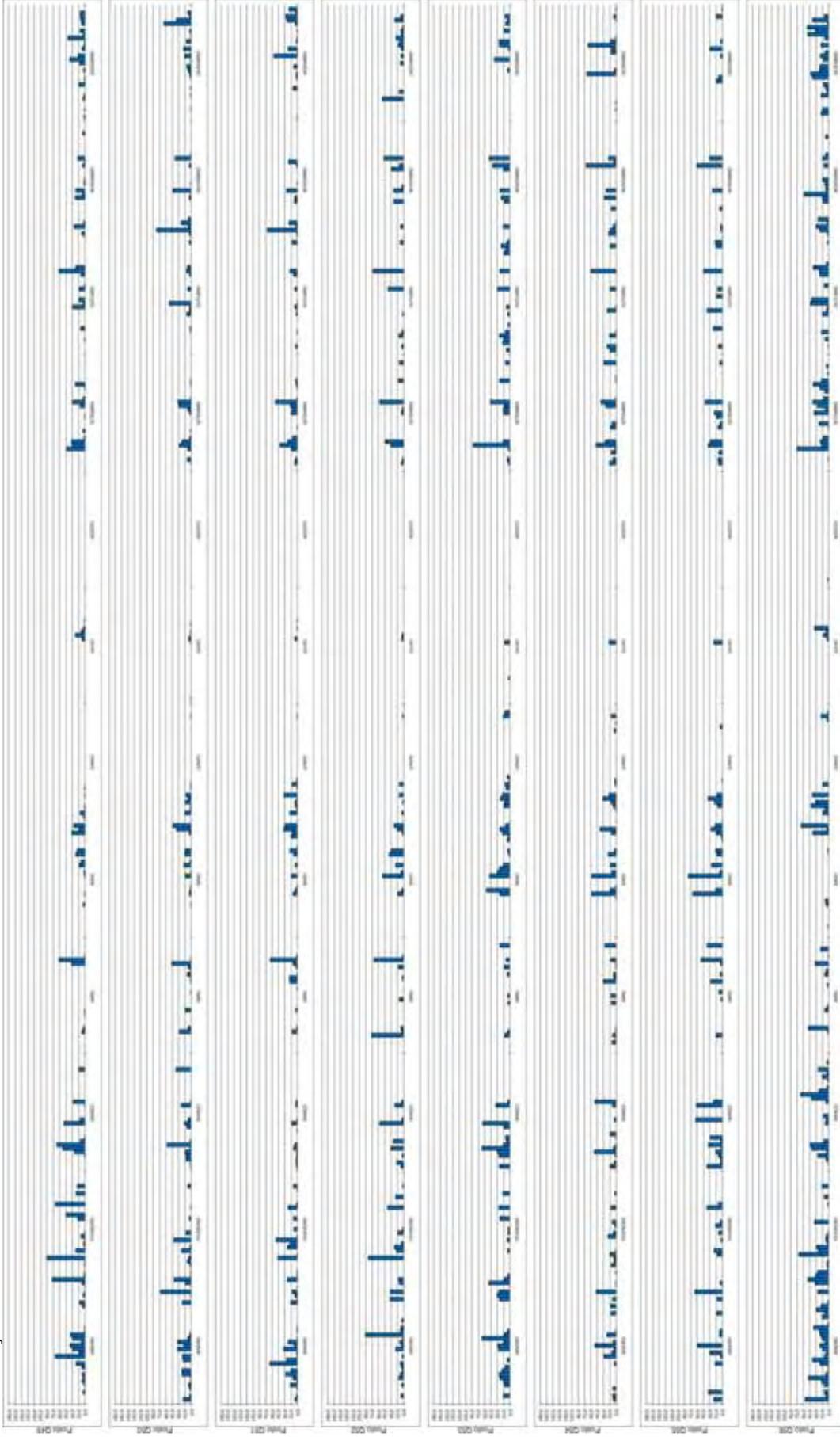
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

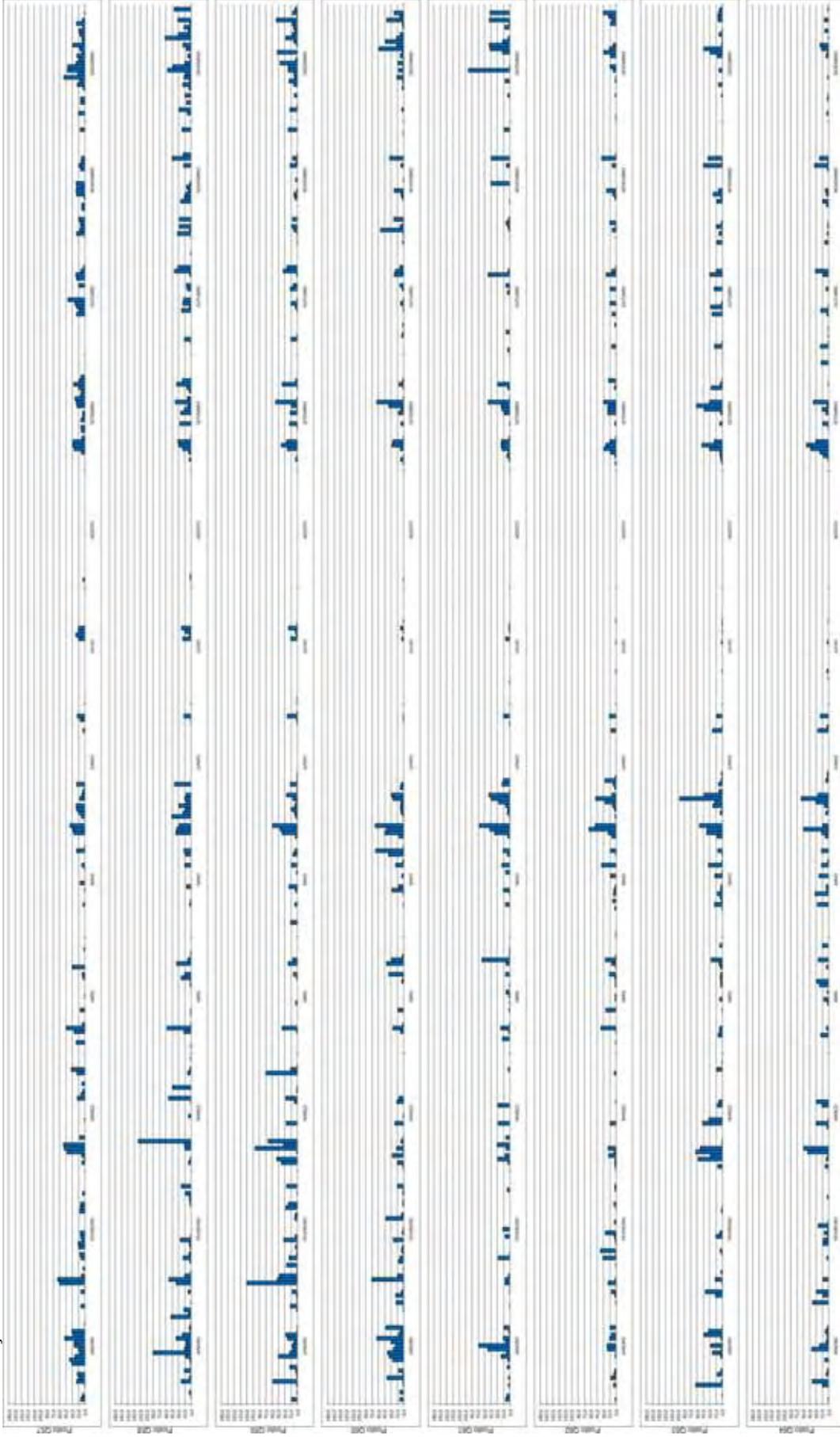
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

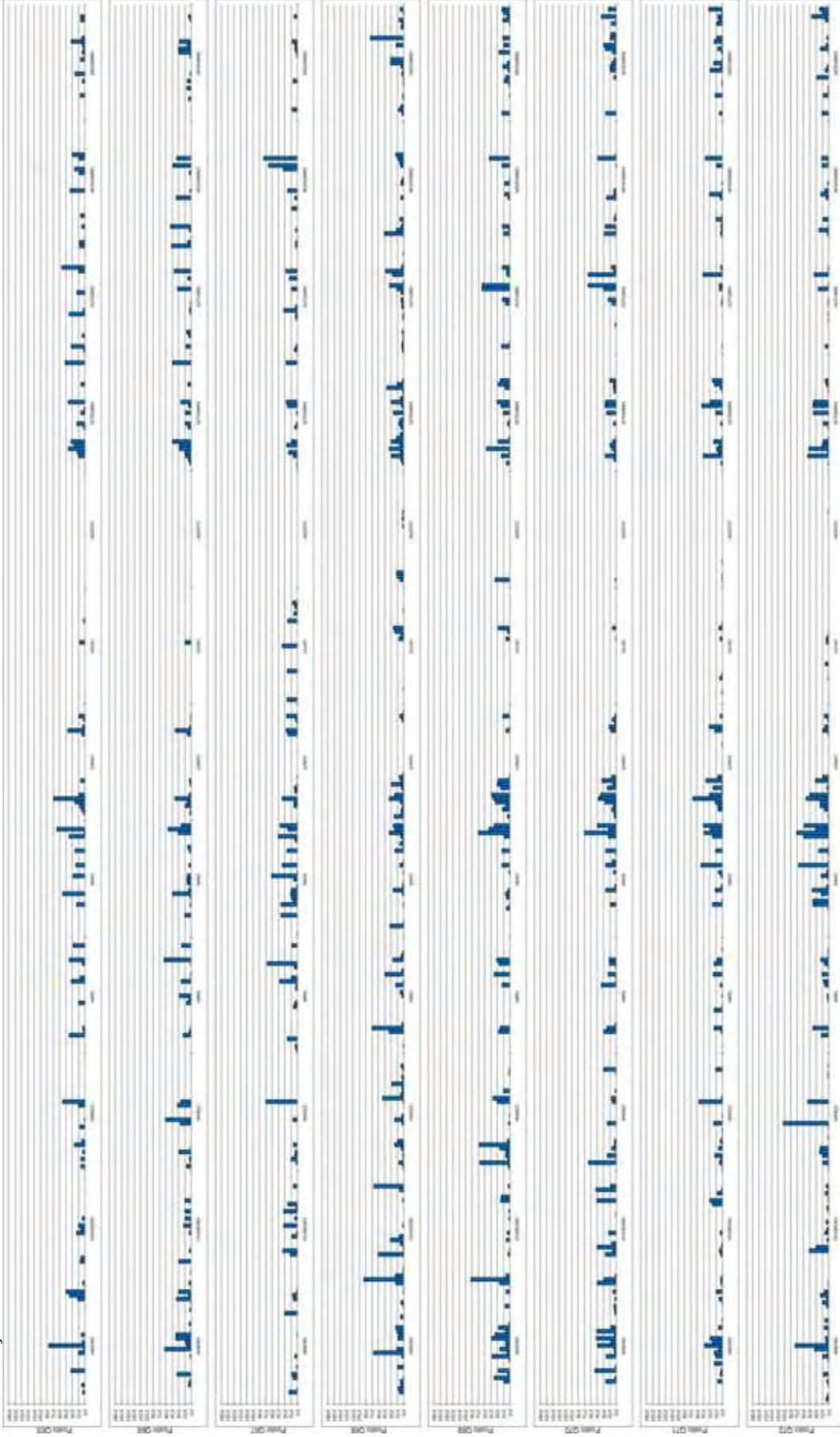
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

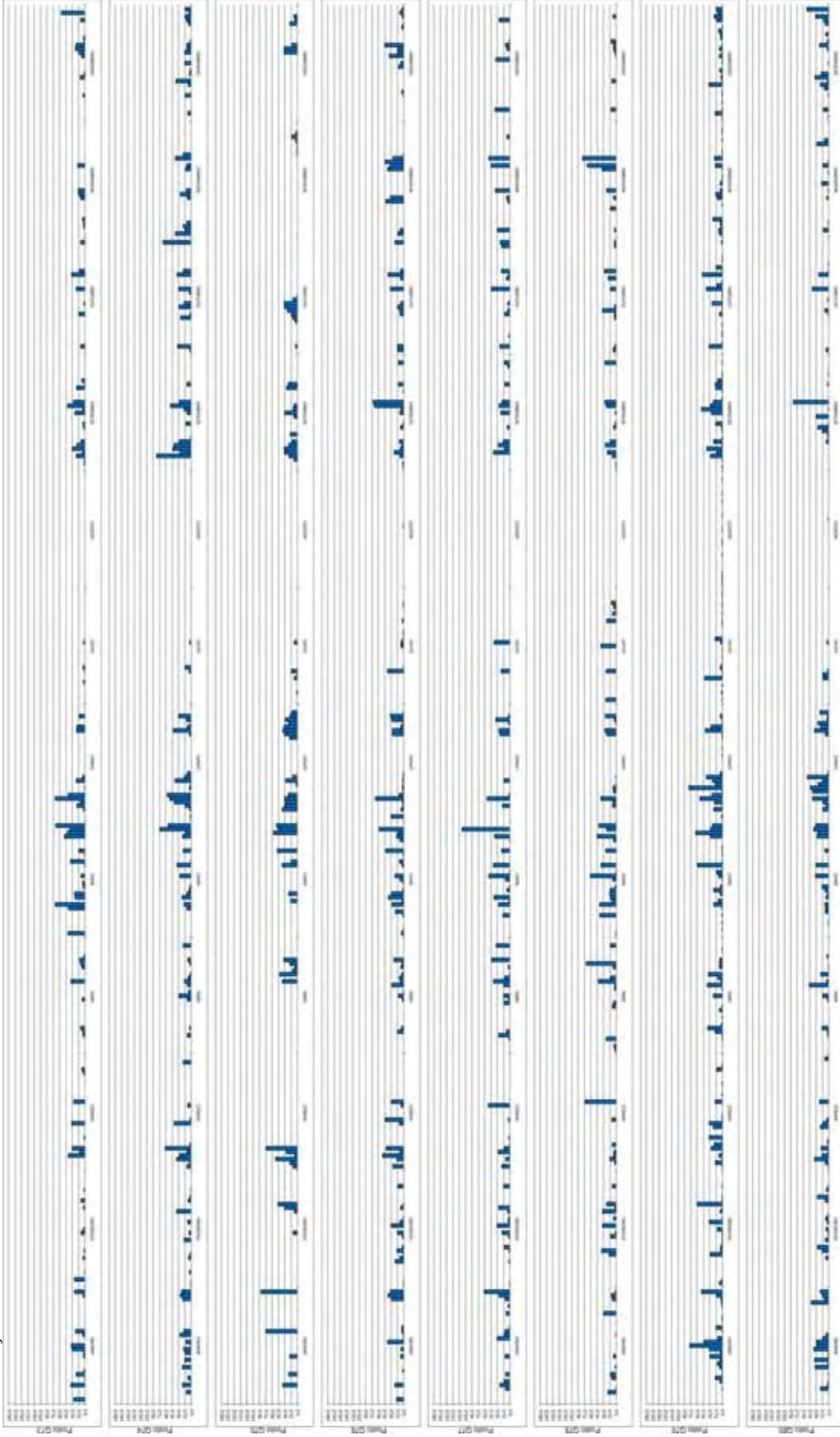
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadriculas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

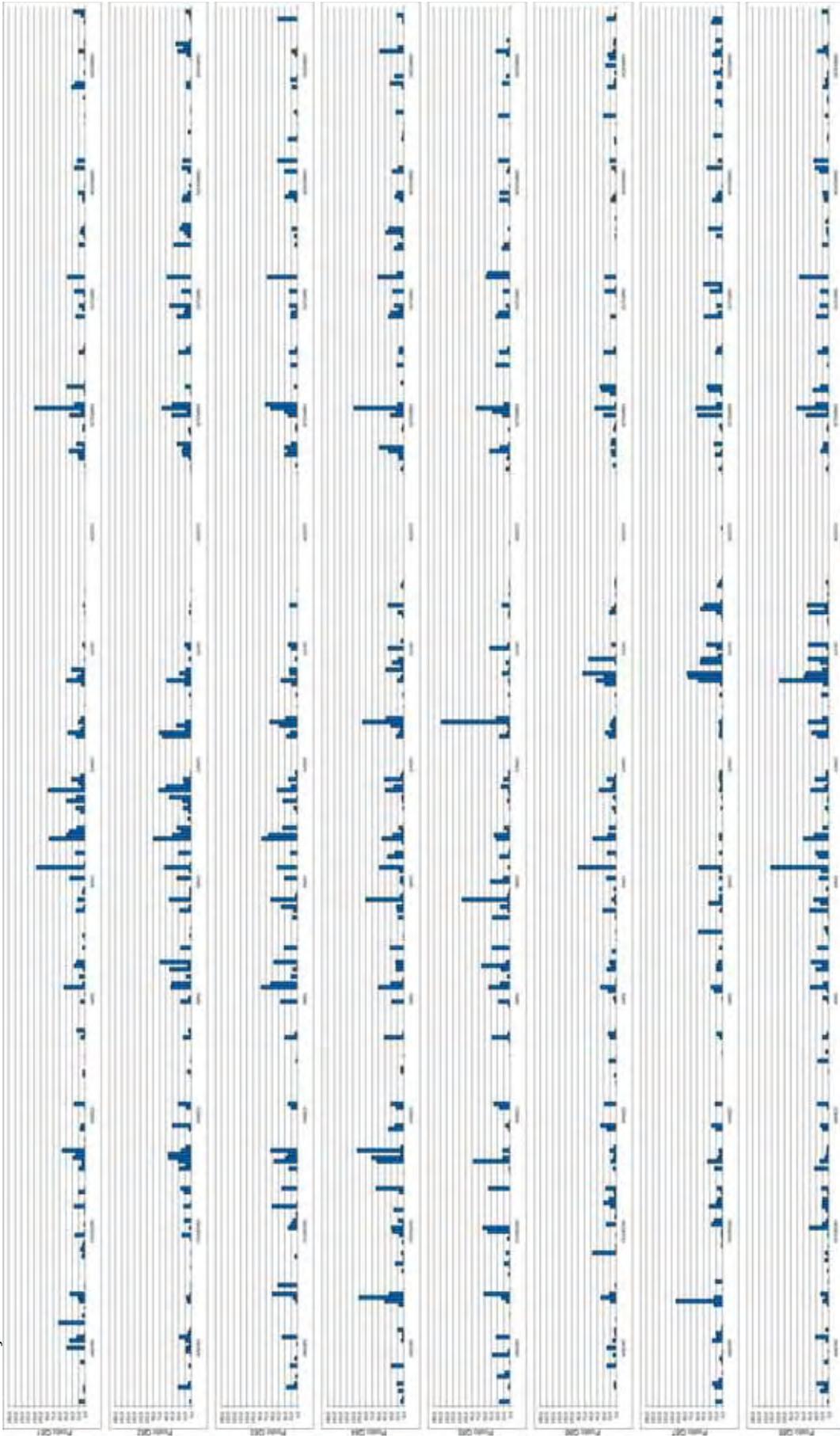
Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

Continuação



Continua

Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

Continuação

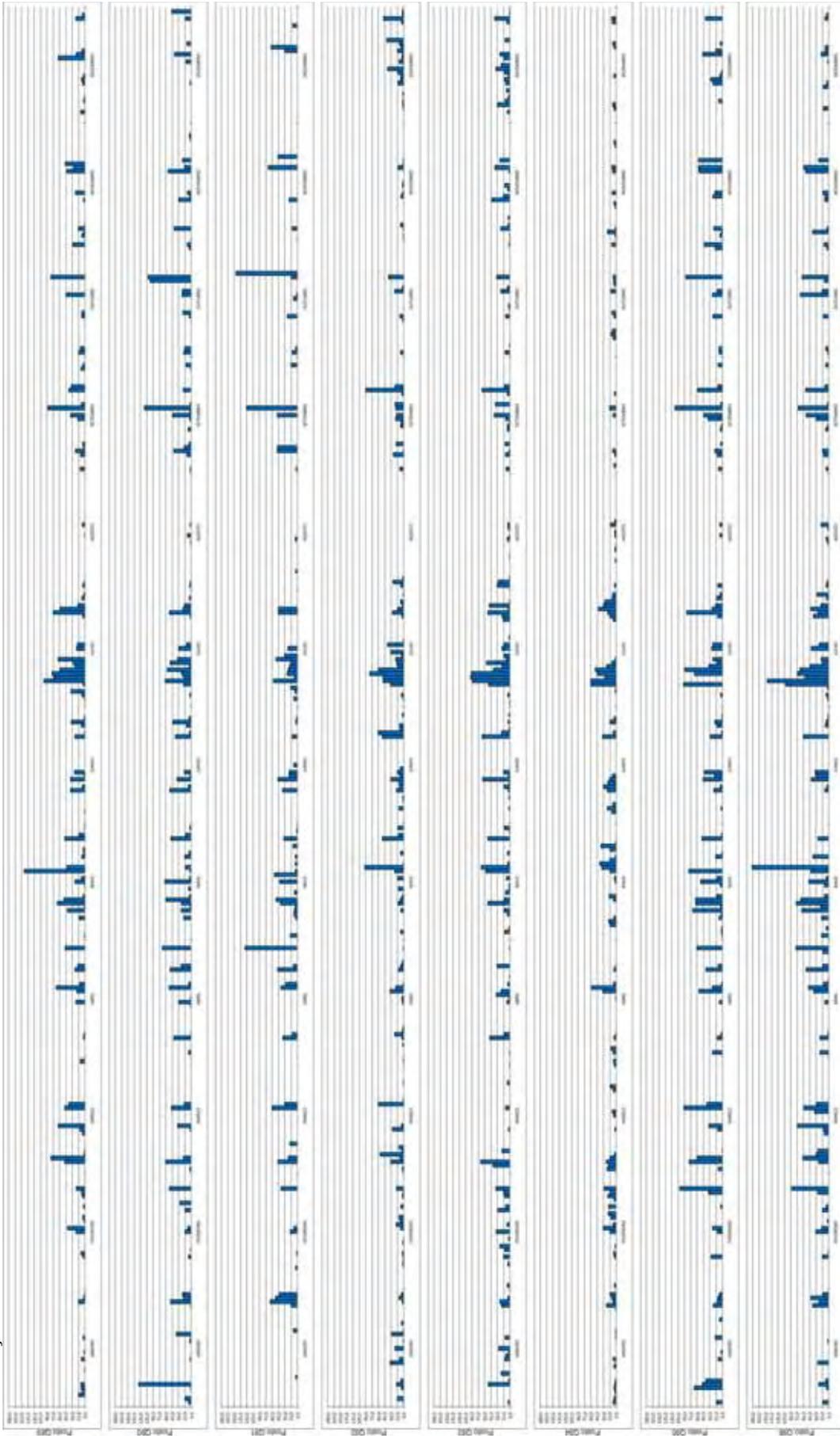


Figura 31 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão chuvoso de 1983 na bacia do Paraná.

Continuando a análise das variações diárias de chuvas durante o ano-padrão chuvoso de 1983, destaca-se a ocorrência de expressivos valores de chuvas ocorridos tanto no início quanto no final do ano em toda a região leste da bacia. Em alguns casos os totais pluviométricos, além de elevados, tiveram duração de vários dias seguidos, como nos casos das quadrículas 22 a 24; 43 a 49; 56 a 60; e 68 a 71. Explica-se tal fato pela existência, nesta região da bacia, do efeito orográfico nas chuvas, pois é onde o expressivo relevo da Serra da Mantiqueira mais se impõe em termos de altitude, freando as massas de ar que chegam do sul, sudeste e leste, carregadas de umidade.

Outro fator de destaque refere-se à ocorrência de chuvas exatamente nos mesmos dias para praticamente toda a área de estudo, desde o norte até o sul da bacia. Cita-se como primeiro exemplo destas ocorrências o período que vai do final de maio até início de agosto, quando as chuvas apresentaram, tanto o maior volume quanto a mais longa duração na região sul da bacia, diminuindo à medida que se aproximava da parte norte. Tal comportamento provavelmente ocorreu devido à ação de uma frente polar atlântica, provinda do extremo sul do país e muito atuante nesta época do ano. Fato é que o início dessas chuvas, no extremo sul da bacia, ocorreu alguns dias antes das mesmas avançarem e alcançarem, posteriormente, a porção norte da área de estudo.

O segundo exemplo, também faz pensar numa possível ação de outra frente polar atlântica, atuante, desta vez, durante o mês de setembro e que, apesar de ser um mês que marca a transição do inverno para a primavera, revelou-se chuvoso, sob a responsabilidade desse sistema frontal.

Estes exemplos já demonstram algumas das características do ritmo pluvial existente na área de estudo, que, na medida em que forem associadas ao ritmo atmosférico e à morfologia do relevo, permitirão descobrir a gênese das chuvas e de classificá-las com base nos tipos de tempo que atuam sobre a bacia do Paraná.

### **3.5 O ano-padrão habitual de 2000**

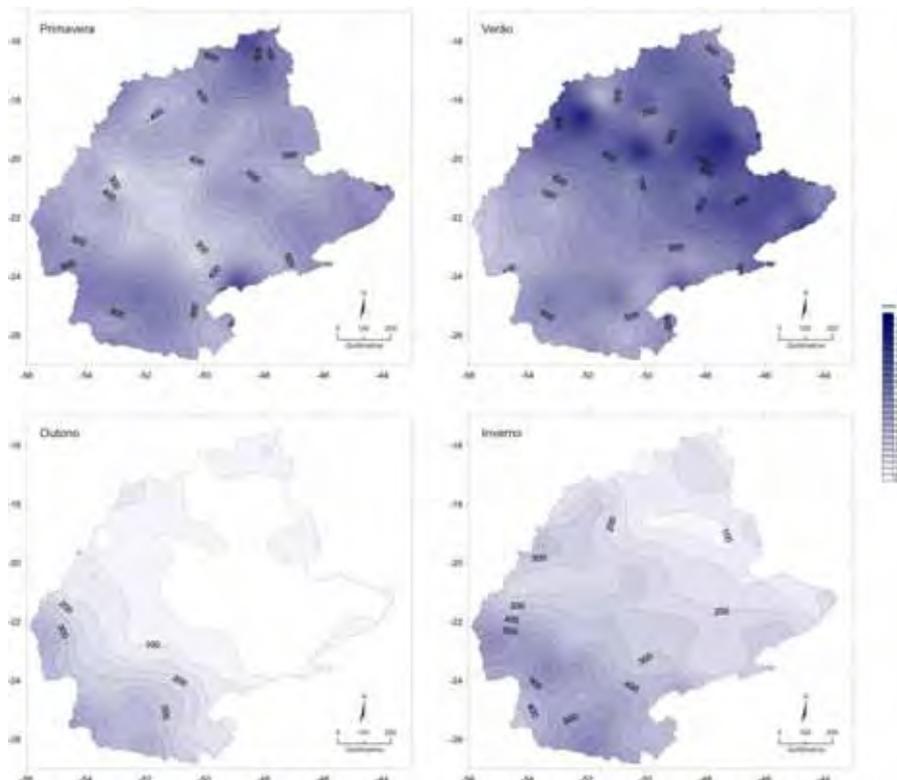
#### **3.5.1 Variações sazonais da pluviosidade**

Como era previsto, durante o ano-padrão habitual de 2000 a amplitude dos valores totais de chuvas ao das quatro estações do ano foi ligeiramente menor que a do ano-padrão

chuvoso de 1983. Aqui o valor alcançou os 1193,8 mm, aproximadamente 100 mm abaixo daquele ano. Tal amplitude é fruto da ausência de chuvas nalgumas quadrículas versus o valor máximo de 1193,8 mm, evidentemente. Esse maior valor foi observado durante a estação do verão na quadrícula 20, região noroeste da bacia, que fica próxima daquela já apontada na análise do ano-padrão chuvoso, quando os maiores volumes registraram-se ao norte.

Ao contrário do ano de 1983, os menores valores registrados neste ano habitual de 2000 ocorreram em regiões e épocas distintas ao ano-padrão chuvoso. Assim, foi constatada ausência de chuvas durante a estação de inverno na quadrícula 46, situada no centro da bacia, região na qual já fora observada uma constância de valores pluviométricos baixos.

A figura 32 mostra a distribuição espacial das chuvas sazonais na bacia durante o ano-padrão habitual de 2000. Observa-se, assim, que a estação do ano mais chuvosa foi novamente a do verão, tendo chuvas bem distribuídas e com volumes elevados ao longo de toda a bacia, ficando os menores volumes restritos ao extremo oeste, em torno de 300 mm. Já, a estação menos chuvosa foi a do outono, contrariando novamente o comportamento observado durante o ano-padrão chuvoso, quando a estação menos chuvosa recaíra no inverno. Durante o outono de 2000, portanto, numa vasta área do nordeste da bacia as chuvas não ultrapassaram os 50 mm, enquanto que no sul alcançara os 500 mm.



**Figura 32** – A sazonalidade das chuvas no ano-padrão habitual de 2000.

Apesar das divergências pluviométricas existentes entre os anos-padrão chuvoso e habitual até aqui analisados, pode se notar certa repetição da harmonia que há na distribuição das chuvas pela bacia, pois em ambos os anos, durante a primavera e o verão, as chuvas foram menos volumosas na região central, enquanto que no outono e inverno as mesmas diminuíram de sul para norte.

### 3.5.2 Variações mensais da pluviosidade

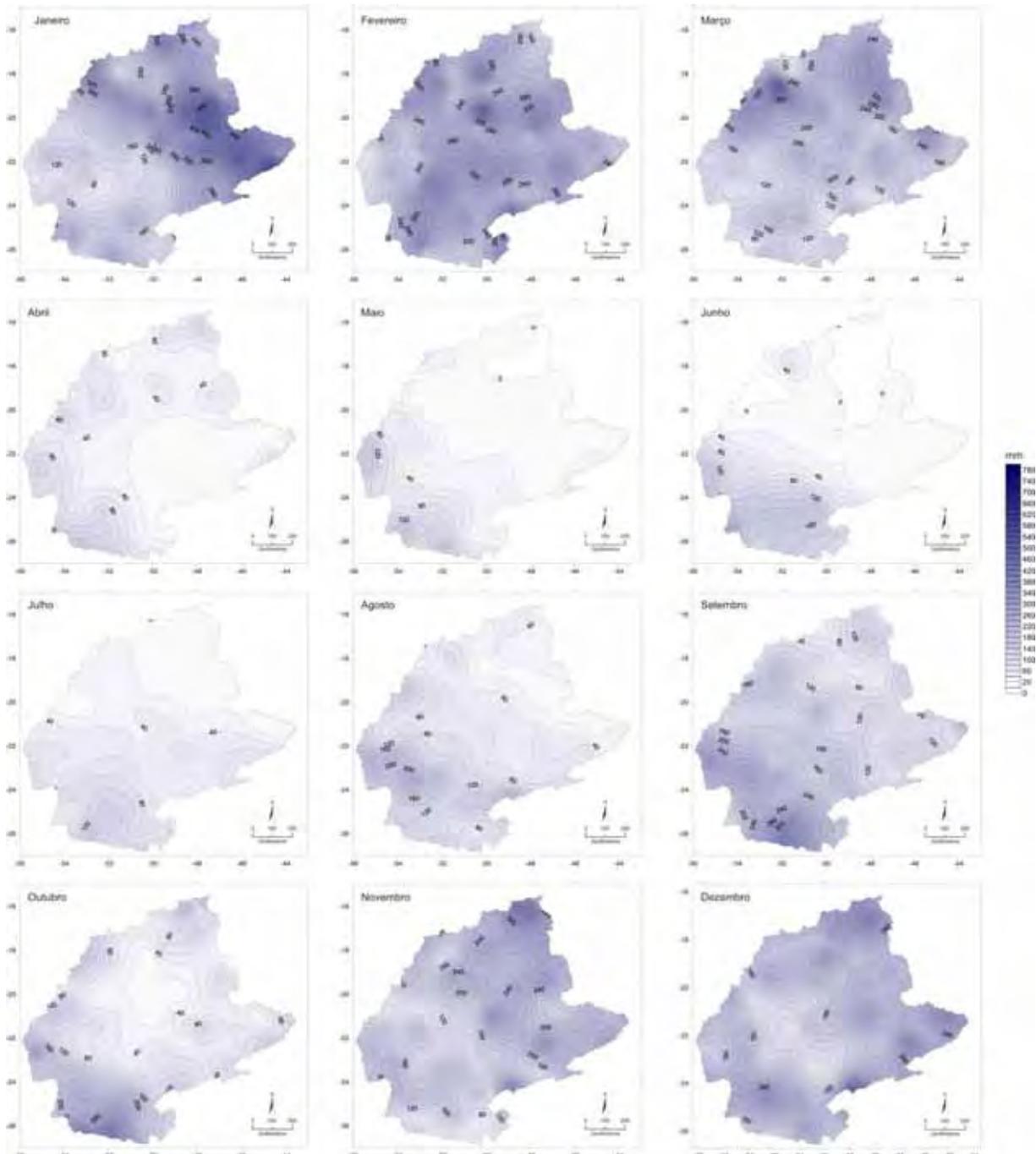
A amplitude verificada ao longo dos meses deste ano habitual foi de 565,0 mm, também mais baixa que aquela referente ao ano-padrão chuvoso. Esta amplitude total foi igual ao valor máximo mensal de chuvas registrado, já que o menor valor encontrado foi zero. Esse maior valor pluviométrico foi constatado no mês de janeiro de 2000, na quadrícula 56, extremo leste da bacia, enquanto que em 1983, ano-padrão chuvoso, ocorreu em julho, na quadrícula 96, situada no extremo sul da bacia. Valores elevados foram constatados com freqüência na região leste, principalmente na quadrícula 56, certamente provocada pelo efeito orográfico existente nessa área, cujo relevo é bem elevado, pois é onde se localiza a Serra da Mantiqueira, como já fora observado na análise dos valores diários de chuvas para o ano-padrão chuvoso, na seção 3.4.3.

Os valores mais baixos, no caso ausência de chuva, ocorreram no ao longo de vários meses, desde abril até julho; no entanto, o mês de junho foi o que apresentou área com maior ausência de chuvas, constatada em 34 quadrículas, a grande maioria delas situada na região norte da bacia. Tal distribuição é mostrada pela figura 33.

Assim, de acordo as interpolações dos valores mensais de chuvas relativos ao ano de 2000, o mês com a melhor distribuição das chuvas ao longo da bacia foi fevereiro, e, portanto, o mais chuvoso deste ano, ao contrário do ano-padrão chuvoso de 1983, quando os maiores volumes de chuva ocorreram em janeiro. Apesar do mês de junho ter apresentado o maior número de quadrículas com ausência de chuvas, espacialmente percebe-se que tais ocorrências ficaram restritas apenas ao setor centro-norte da bacia, enquanto que ao sul da mesma foram mais freqüentes, mesmo que em pequenos volumes.

Tendo em vista o padrão de comportamento das chuvas para a bacia, o mês de julho pode ser considerado como o mais seco em toda a área estudada, pois apresenta menores

valores pluviométricos também na região sul, que em geral é mais chuvosa nesta época do ano e, neste caso, não ultrapassou os 150 mm mensais. A indicação deste mês como o mais seco para o ano habitual de 2000 contrapõe-se novamente àquela do ano-padrão chuvoso, que apontou para o mês de agosto.



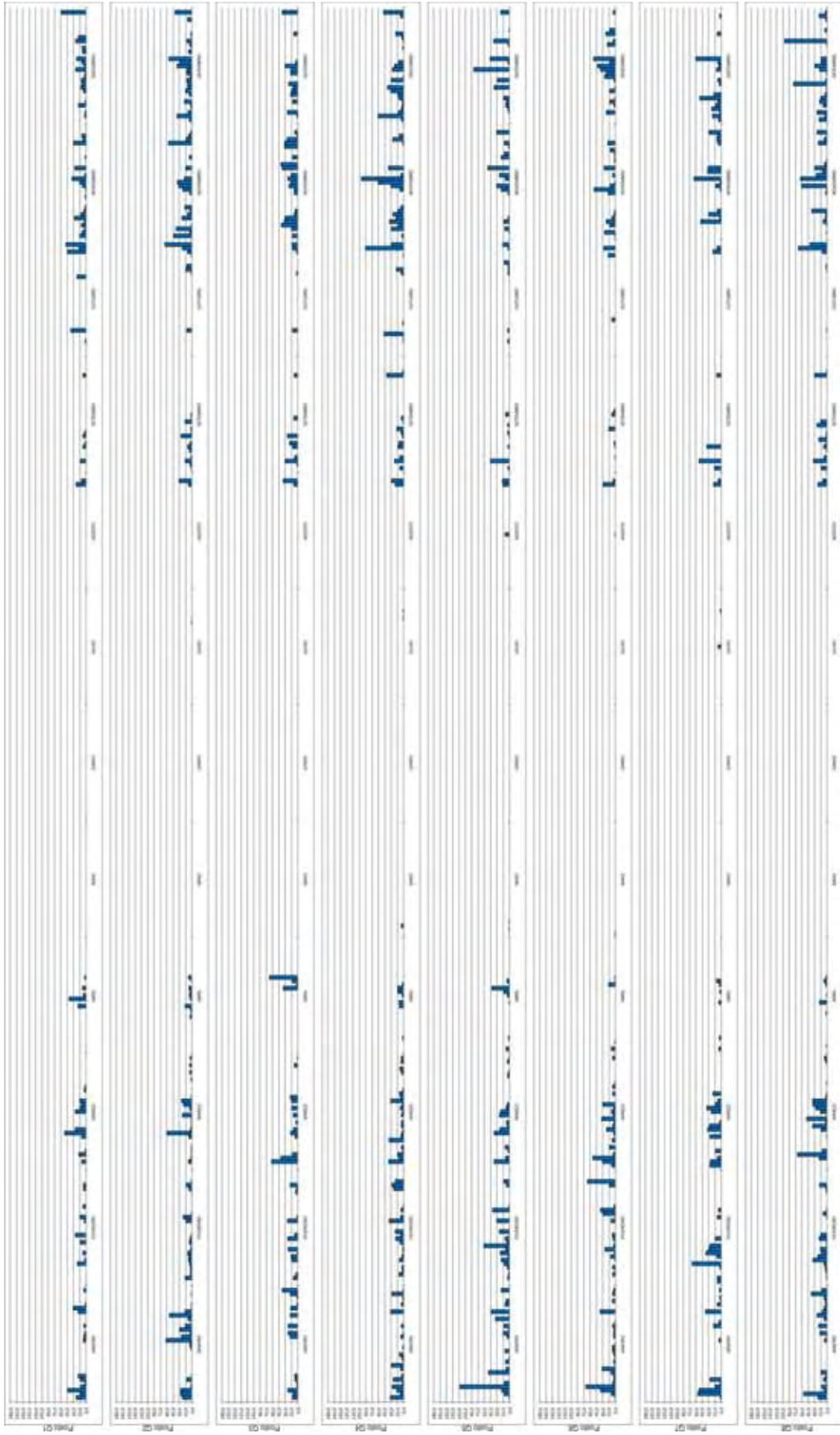
**Figura 33** – Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão habitual de 2000.

### 3.5.3 Variações diárias da pluviosidade

A quase total ausência de chuva, anteriormente descrita, durante os meses de junho e julho pode ser visualizada no nível diário através da figura 34, que mostra nitidamente os déficits pluviométricos registrados por vários dias seguidos nestes dois meses. Além disso, percebe-se que a lacuna provocada pela falta de chuvas, ou pelos baixos volumes pluviométricos, iniciou-se já no mês de maio e se estendeu até o mês de agosto na região norte da bacia. Já no sul dessa área, a lacuna foi menor, pois as chuvas foram mais bem distribuídas ao longo dos 366 dias do ano, tal e qual já se demonstravam na análise do ano-padrão chuvoso. Entretanto, há uma diferença entre os dois anos analisados no que diz respeito ao intervalo de tempo sem/ou com poucas chuvas. Enquanto que no ano-padrão chuvoso de 1983 o intervalo de dias sem chuvas foi praticamente fixo entre os meses de maio a agosto, no ano-padrão habitual de 2000, houve variação em tal intervalo de acordo com a região em questão, como ocorrido no caso das quadrículas 44 a 48, onde as chuvas diminuíram em abril, mas voltou a chover em julho e agosto, mesmo que em pequenos volumes. Em outros casos os intervalos sem chuvas deixam até mesmo de existir, como é o caso das quadrículas 65, 66 e 67, que apresentaram uma boa distribuição pluviométrica ao longo do ano de 2000, de padrão habitual.

Outra questão a ser apontada, e já ocorrida durante o ano padrão-chuvoso de 1983, diz respeito à frequência e volume que as chuvas apresentaram no início e também final do ano na região leste. Em alguns casos os totais pluviométricos foram altos e com duração de vários dias seguidos, como nos já citados casos das quadrículas 22 a 24; 43 a 49; 56 a 60; e 68 a 71, durante o ano de 1983.

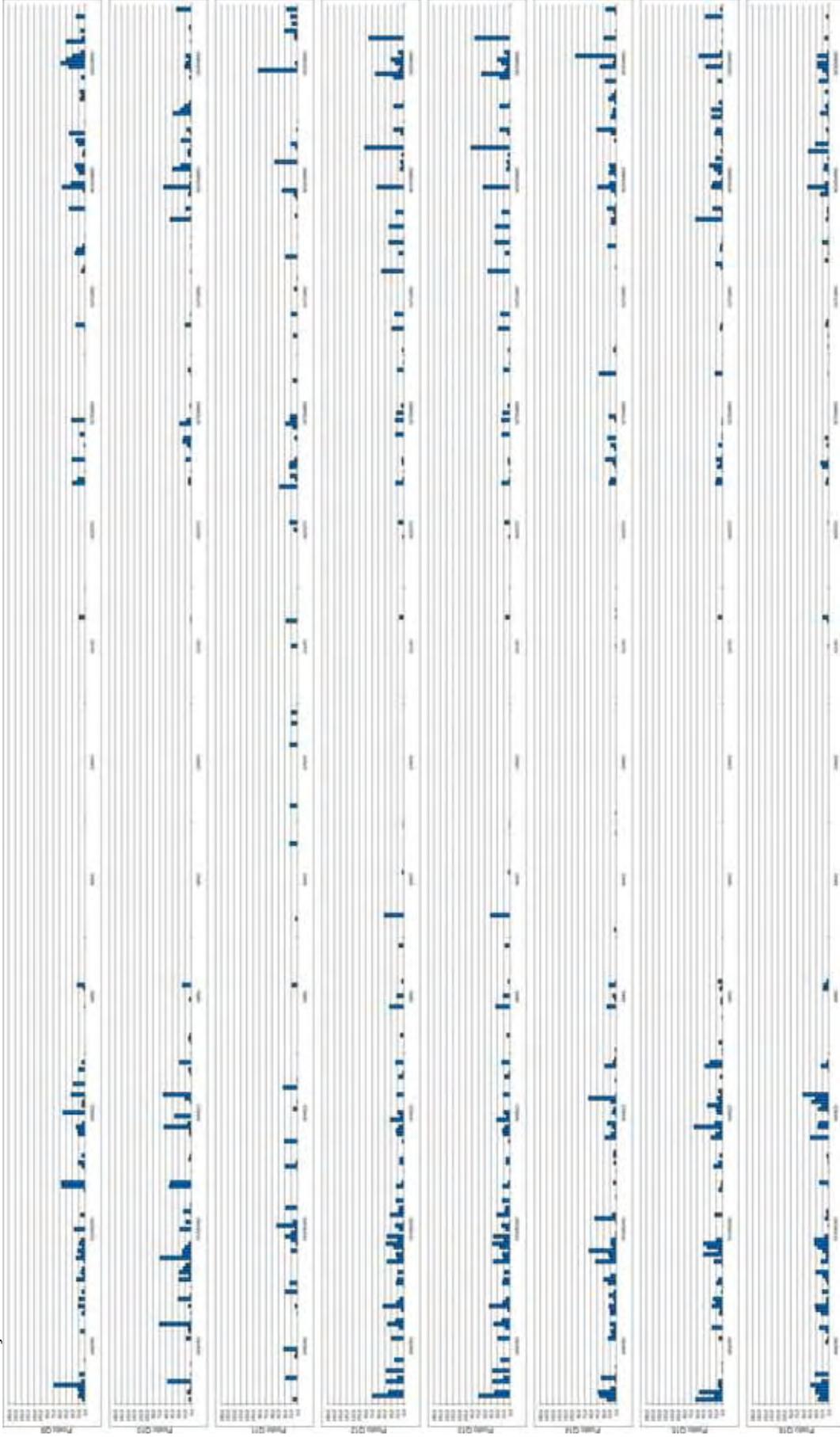
Novamente, e da mesma maneira como ocorreu no ano-padrão chuvoso de 1983, o mês de setembro destacou-se por apresentar chuvas desde o sul até o norte da área de estudo. Os maiores volumes, portanto, foram registrados na região sul, diminuindo gradativamente no sentido norte, condicionados, talvez, pela ação de uma frente polar atlântica, que mesmo atuando com menos frequência, continua agindo nesta época do ano.



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

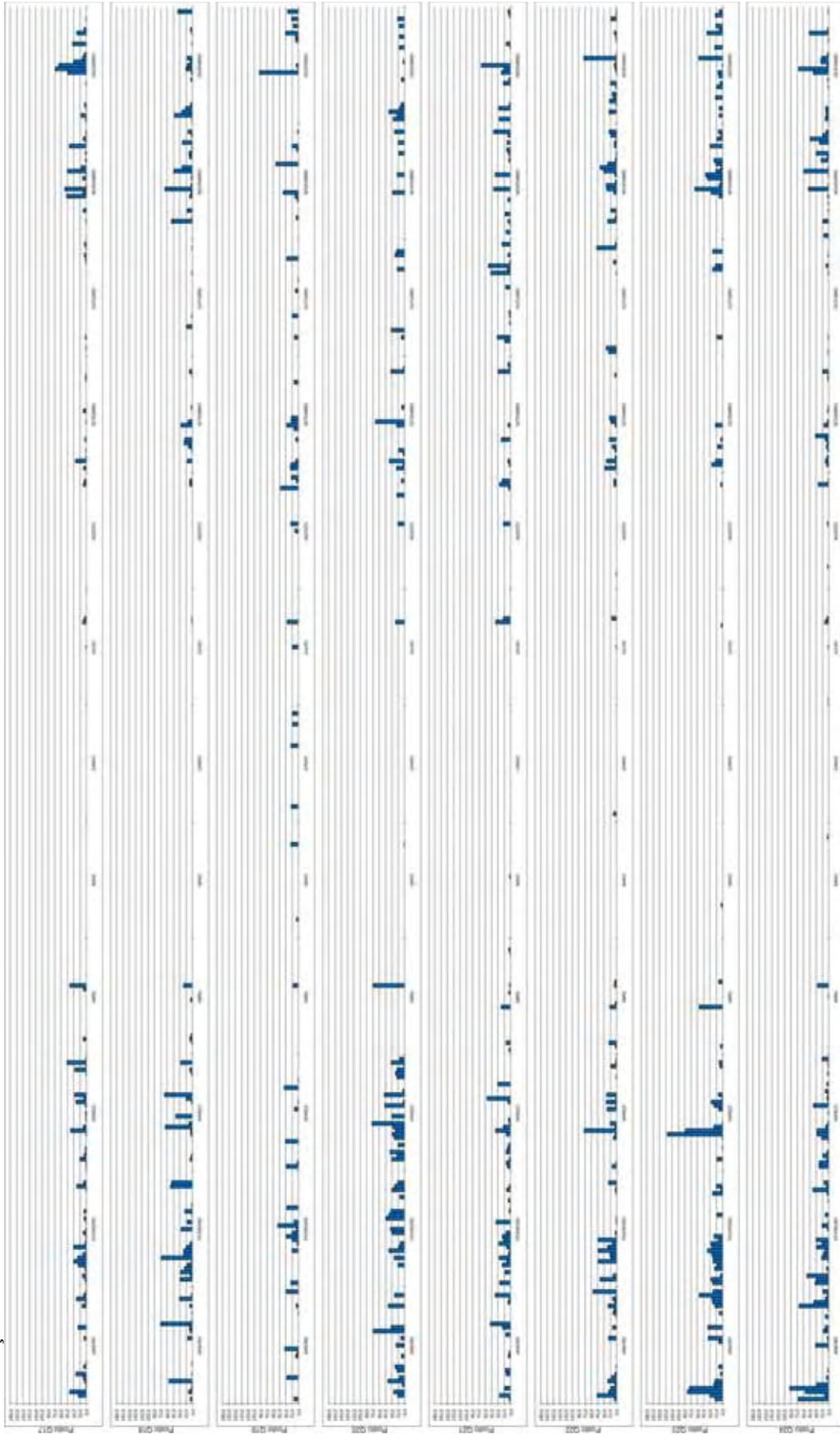
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

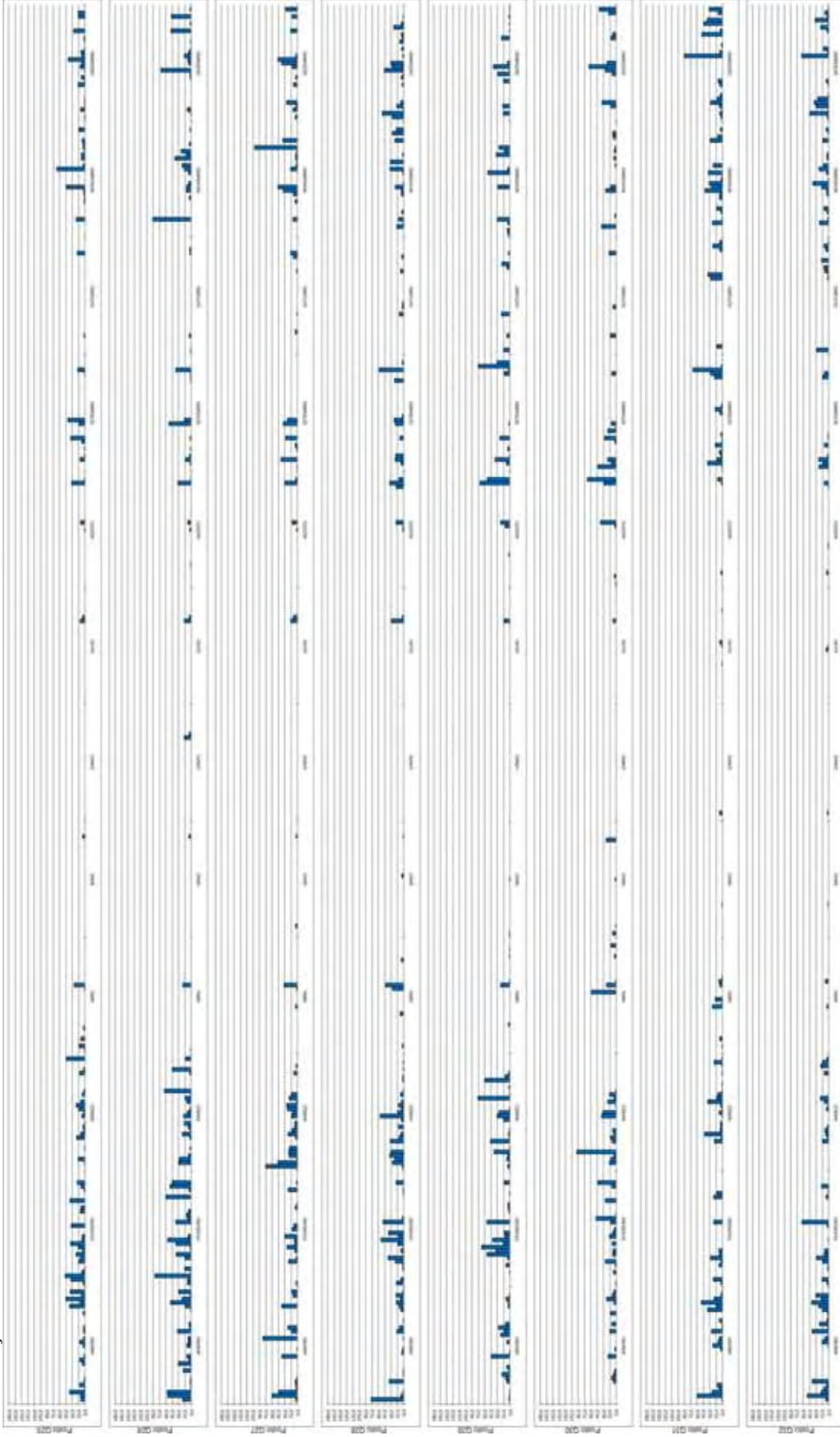
Continuação



Continua

**Figura 34** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

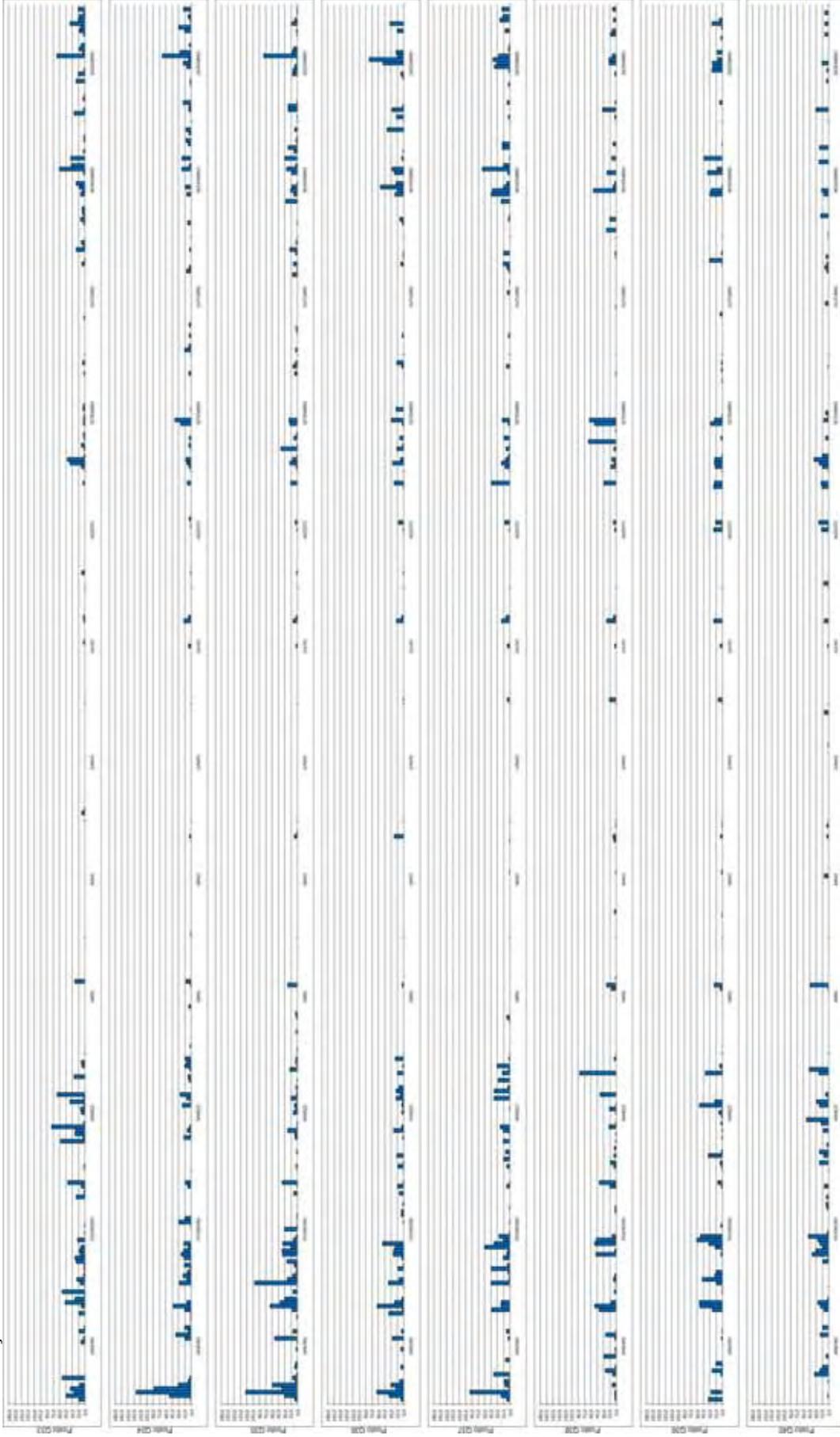
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

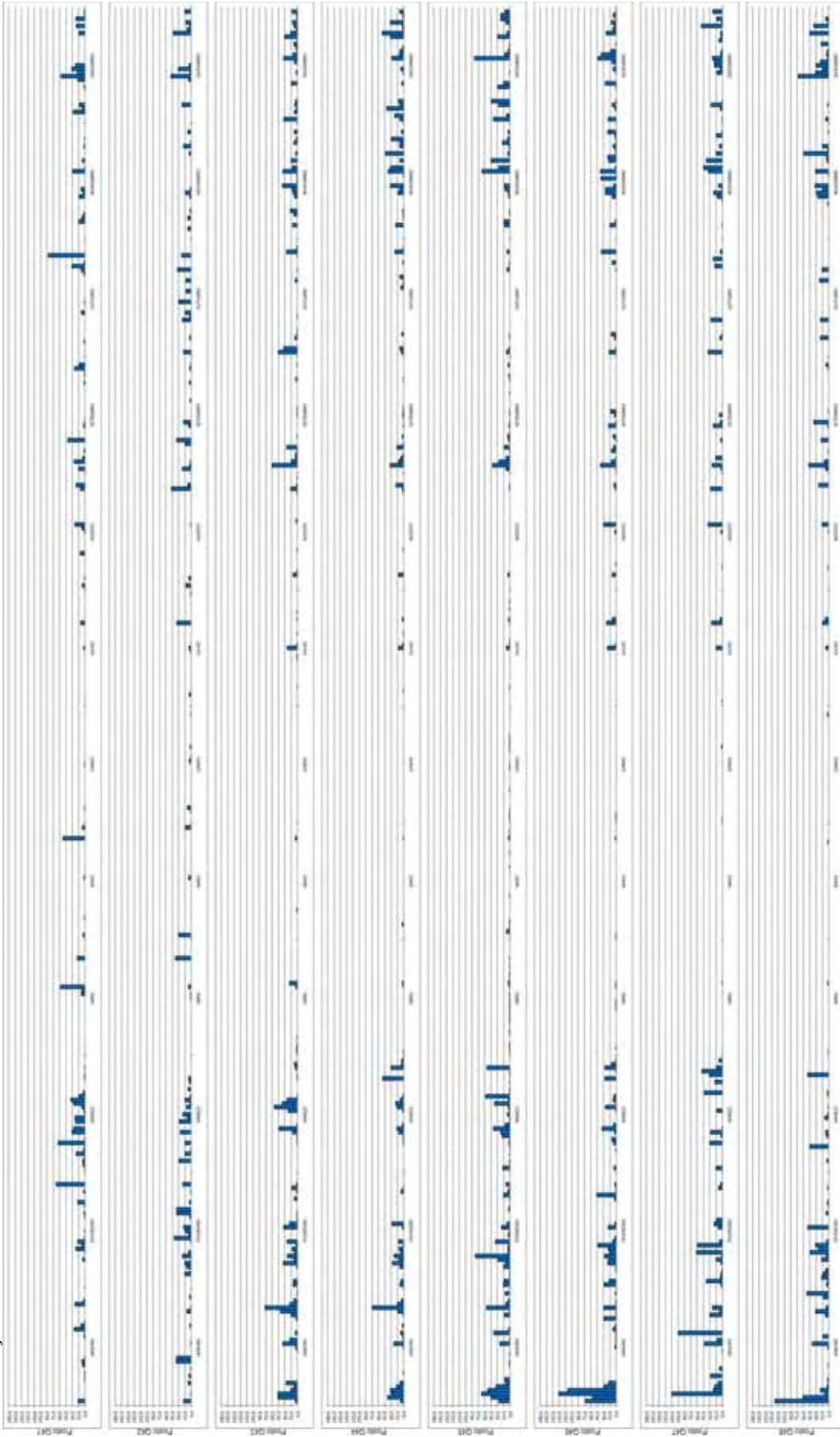
Continuação



Continua

**Figura 34** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

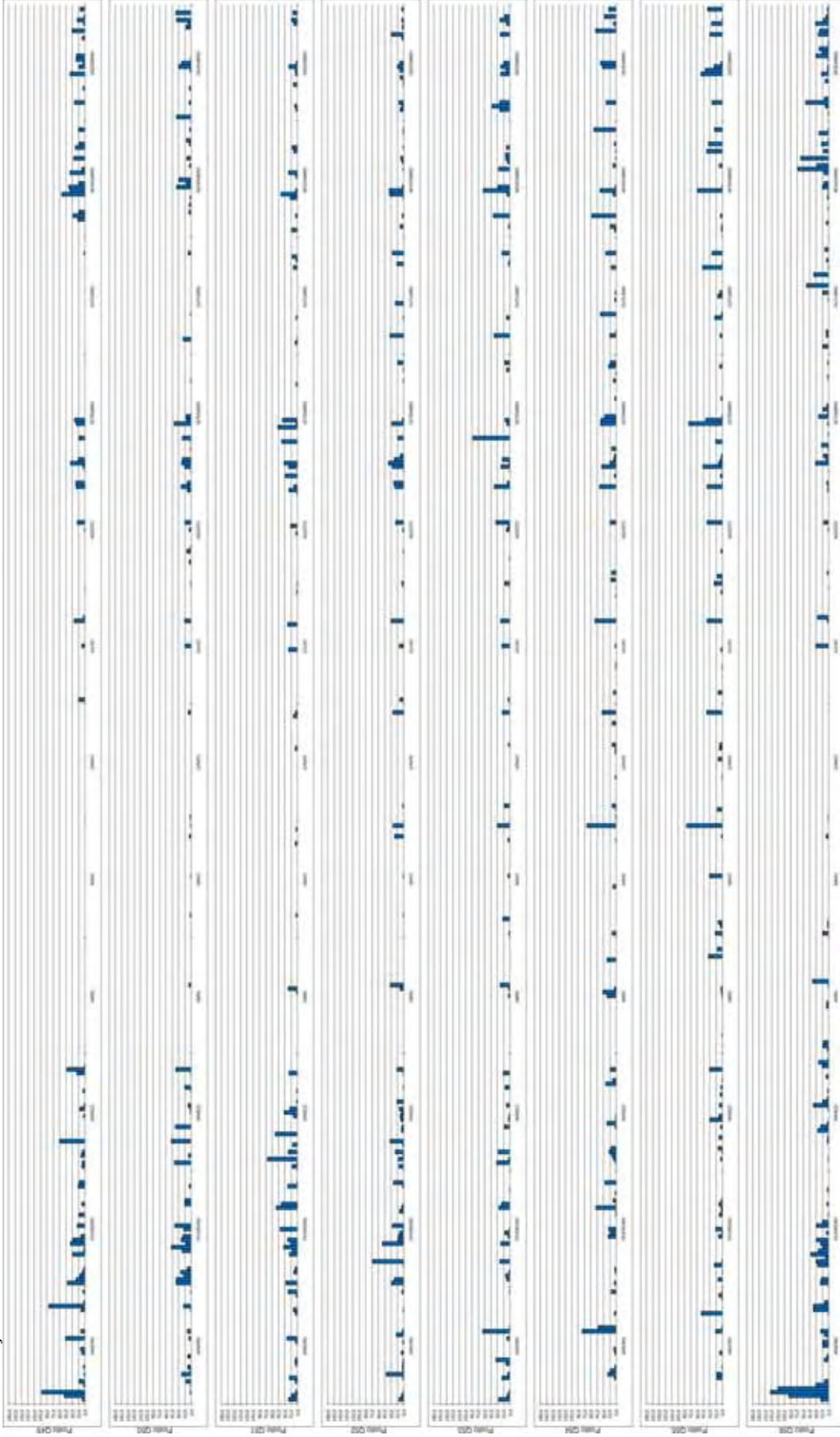
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

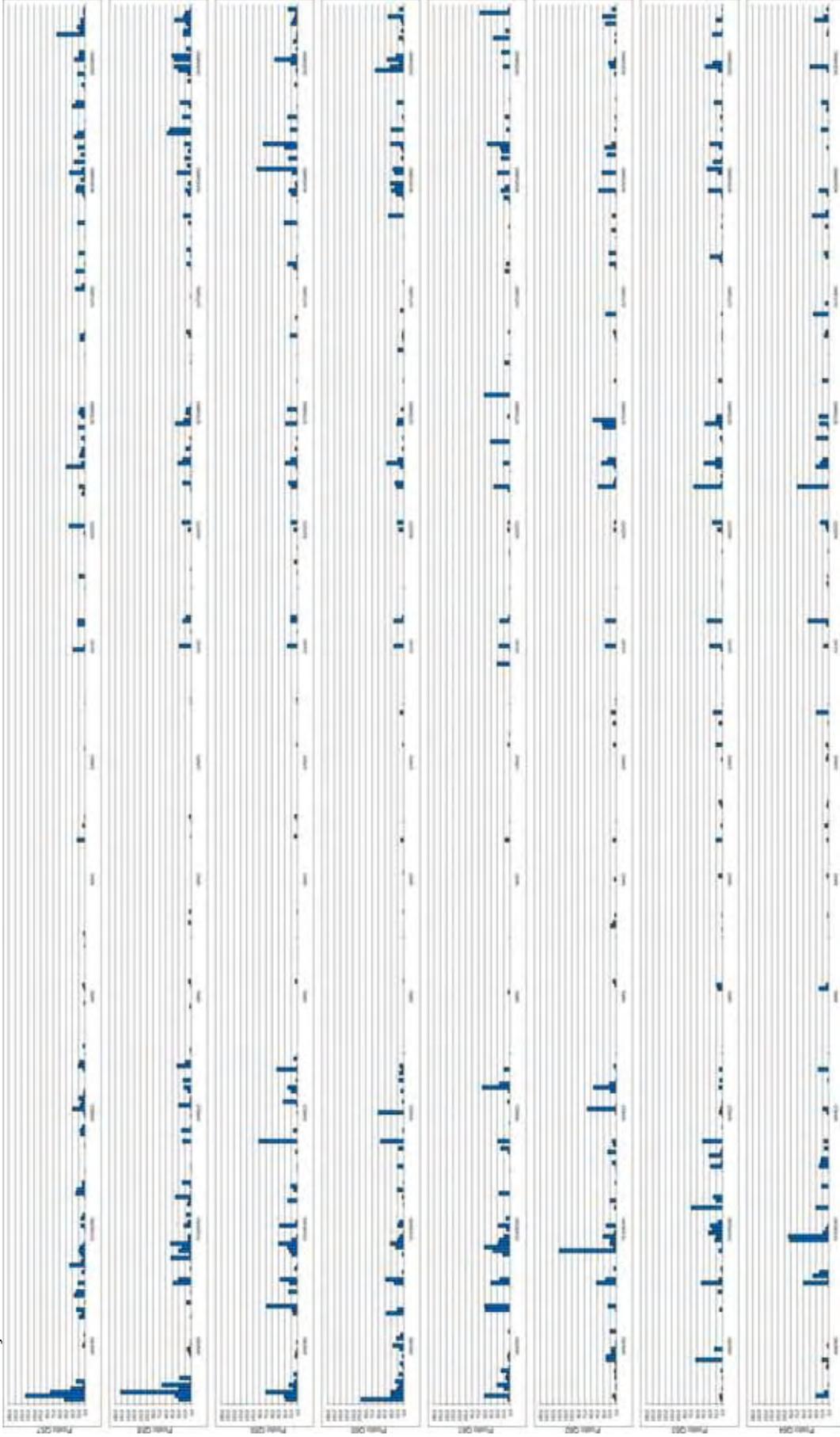
Continuação



Continua

**Figura 34** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

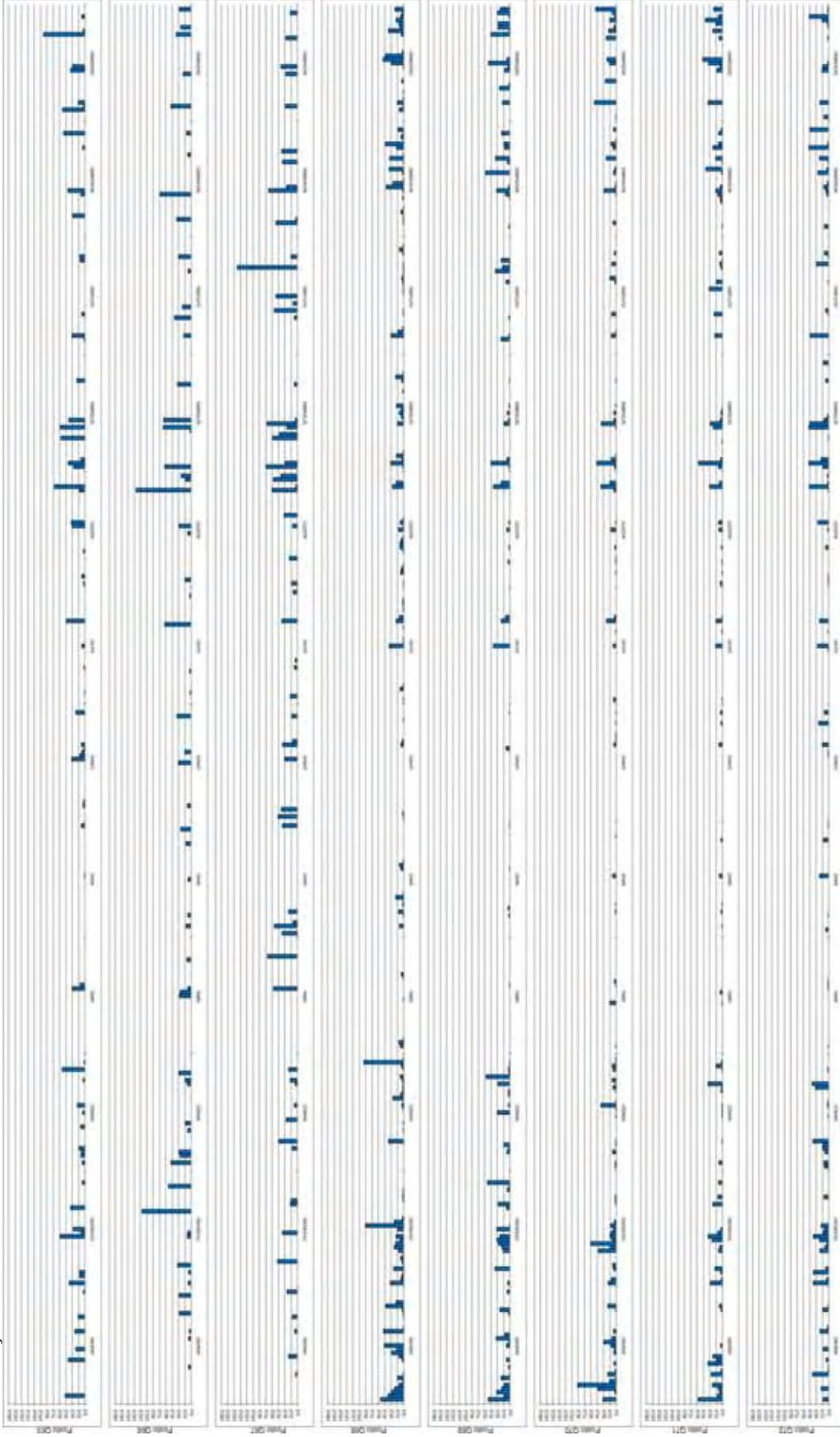
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

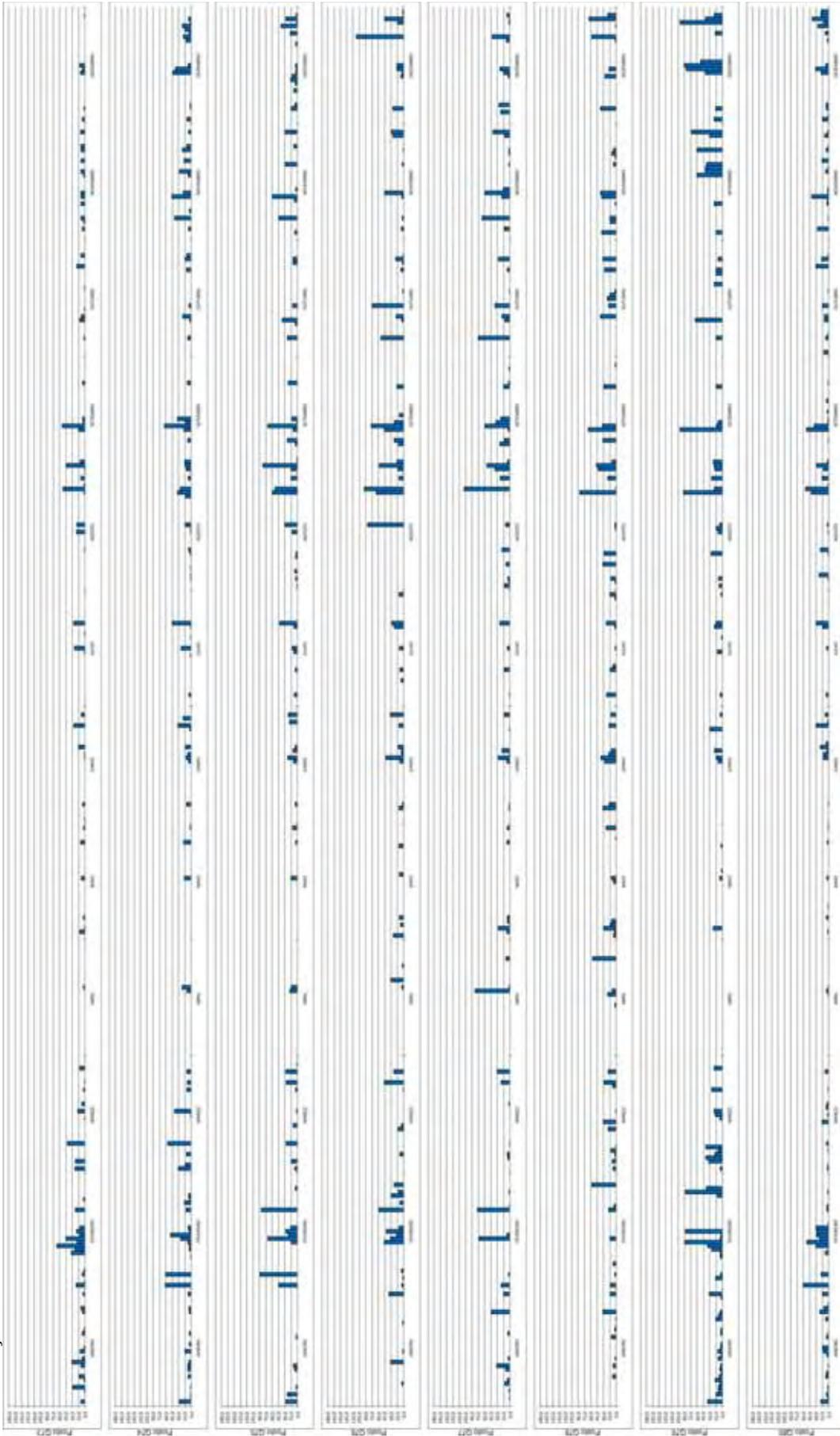
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

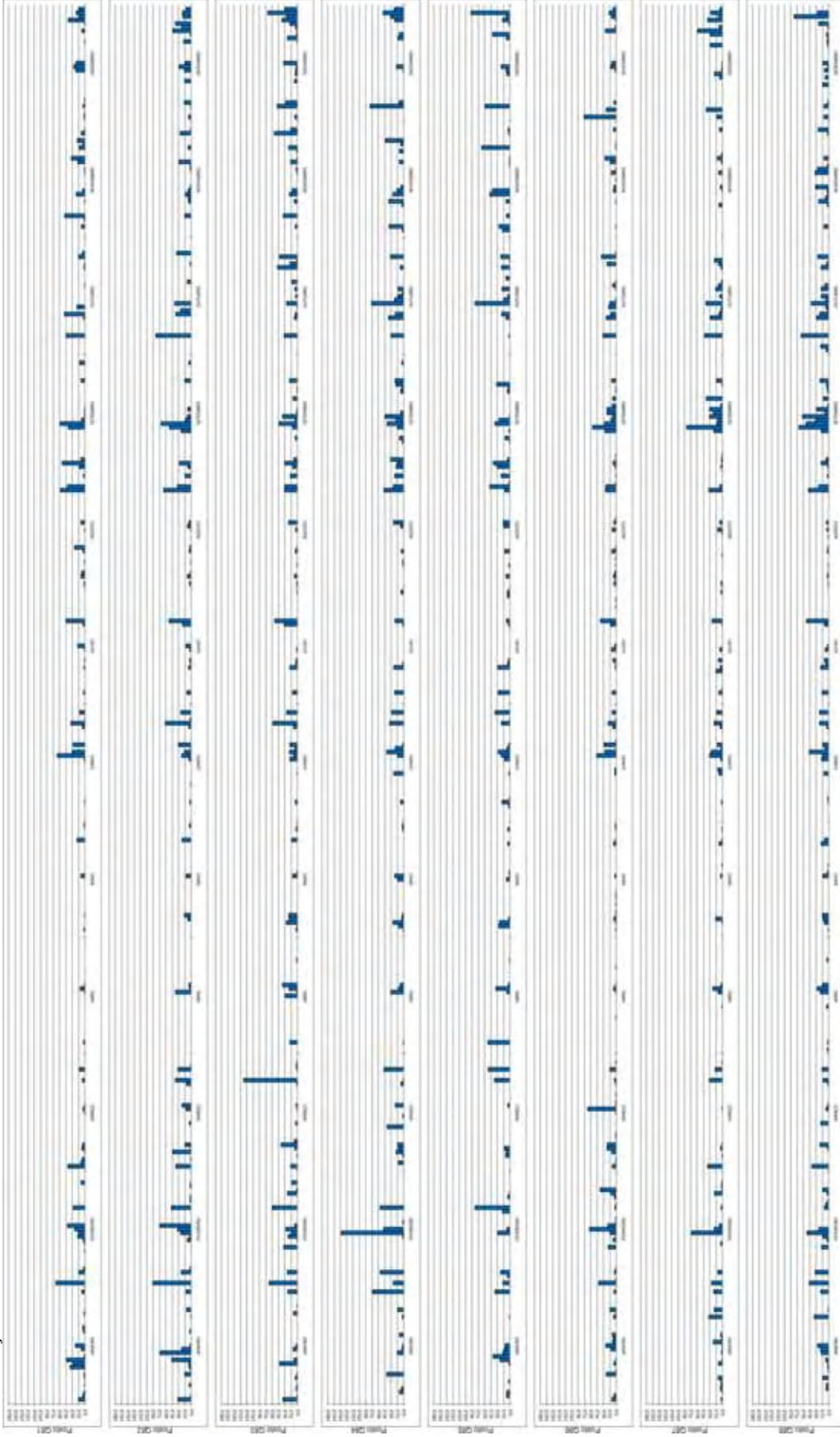
Continuação



Continua

Figura 34 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

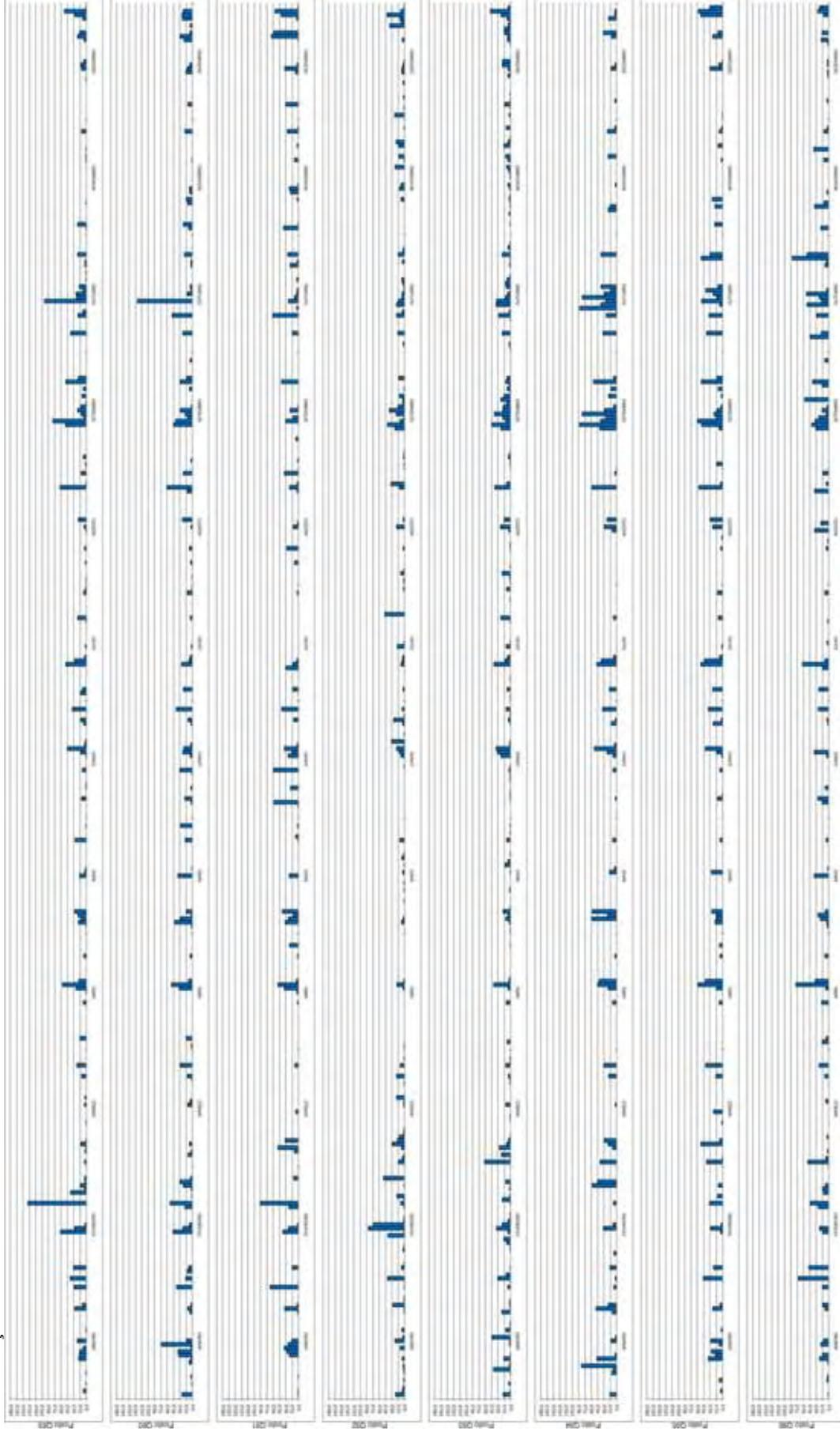
Continuação



Continua

**Figura 34** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

Continuação



Continua

**Figura 34** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão habitual de 2000 na bacia do Paraná.

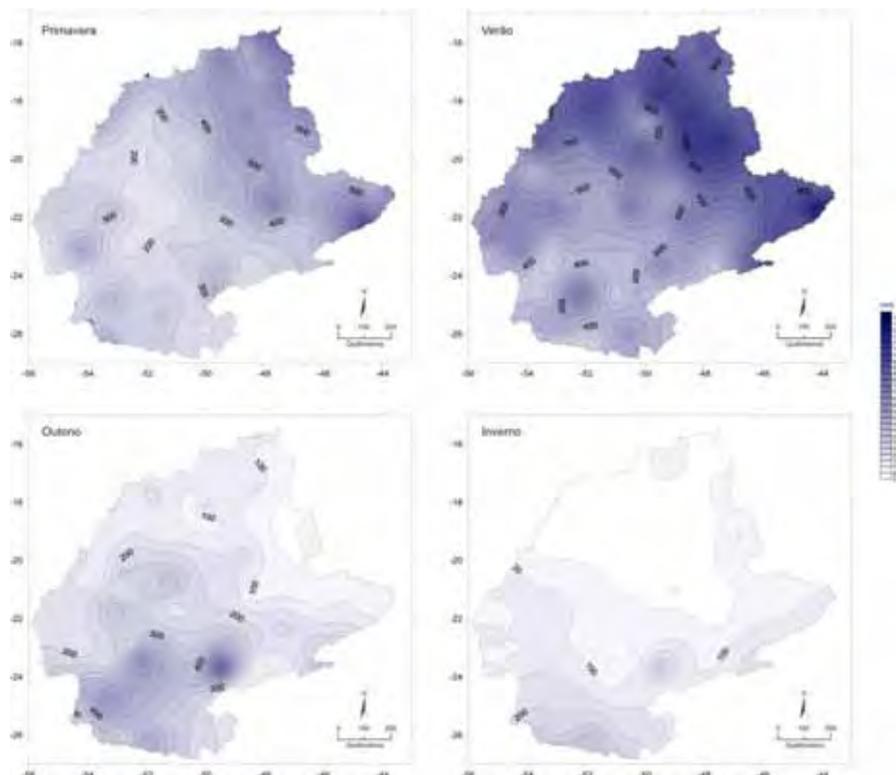
### 3.6 O ano-padrão seco de 1985

#### 3.6.1 Variações sazonais da pluviosidade

Durante o ano-padrão seco de 1985 a amplitude pluviométrica verificada entre as estações do ano foi de 1182,7 mm, aproximadamente 108,0 mm abaixo do valor encontrado para o ano-padrão chuvoso e 11,0 mm abaixo do ano-padrão habitual. O maior valor de chuva registrado equivale à amplitude citada, já que o menor valor corresponde à zero. O maior valor pluviométrico ocorreu durante o verão, na quadrícula 44, região leste da bacia e o menor valor foi observado durante o inverno, na quadrícula 24, região nordeste. Bem como nos outros dois anos-padrão, os maiores valores ocorreram, no verão, enquanto que os menores foram constatados durante o inverno.

As semelhanças no modo de distribuição das chuvas sazonais nestes três anos analisados, acima mencionadas, podem ser percebidas através da comparação da figura 35, com as de número 29 e 32, guardadas as devidas proporções no tocante ao volume precipitado em cada ano. A exceção fica por conta da estação mais seca, que no ano-padrão habitual de 2000 foi a de outono, enquanto que nos anos-padrão chuvoso e seco, 1983 e 1985, respectivamente, foi a de inverno. Durante a estação de inverno, como já era de se esperar, as chuvas concentraram-se na região sul da bacia, ultrapassando os 300 mm, enquanto que na região norte as mesmas não ultrapassaram os 50 mm. É necessário lembrar, contudo, que os maiores valores na região sul, durante esta estação do ano, foram mais baixos do que os mínimos registrados na mesma região durante o verão. Este fato mostra como a variabilidade pluviométrica dentro da área de estudo pode ser elevada, espacial e temporalmente, dentro de um mesmo ano ou de um ano para outro.

Outra característica observada anteriormente nos dois anos-padrão analisados, e que se repetiu em 1985, ano-padrão seco, diz respeito à menor incidência de chuvas na área central da bacia nas estações da primavera e verão. Ainda em comparação com os anos de 1983 (padrão chuvoso) e de 2000 (padrão habitual), o outono e inverno de 1985, ano-padrão seco, apresentaram chuvas mais volumosas no sul, reduzindo na direção norte. Tais características mostram que apesar de serem três anos distintos pluviometricamente, no nível sazonal as chuvas se mantêm com certa similaridade, ao menos espacialmente.

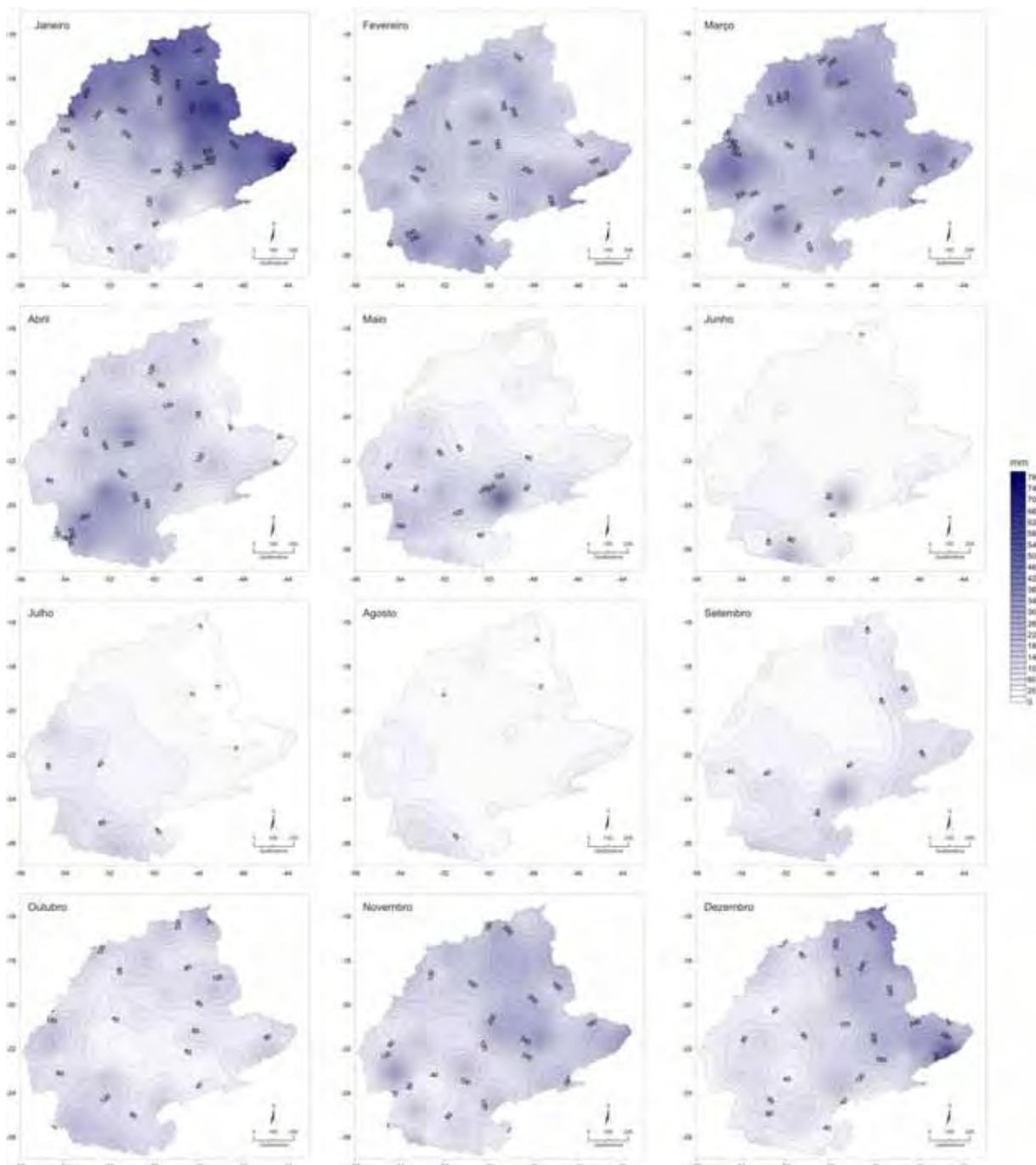


**Figura 35** – A sazonalidade das chuvas no ano-padrão seco de 1985.

### 3.6.2 Variações mensais da pluviosidade

A análise no nível mensal mostrou que durante o ano-padrão seco de 1985 os maiores valores de chuva ocorreram no mês de janeiro, na quadrícula 44, extremo leste da bacia, totalizando 772,0 mm. O menor valor pluviométrico (0,0 mm) foi registrado em vários meses, desde maio até setembro, e em várias quadrículas, a grande maioria na região norte da bacia. Entretanto, os dois meses com maiores freqüências de ausências de chuvas foram julho e agosto, com 21 e 20 quadrículas, respectivamente, e que, em ambos os meses, localizaram-se na região norte da bacia do Paraná.

As isoietas da figura 36 mostram que apesar do mês de julho possuir o maior número de quadrículas com ausências de chuvas, sugerindo ser esse mês o menos chuvoso do ano-padrão seco de 1985, quando analisado espacialmente, e comparado a agosto, ele, de fato não o é, pois no mês de julho, na região sul, as chuvas foram consideráveis, enquanto que no mês de agosto os volumes de chuvas não ultrapassaram 20 mm mensais na região norte, e 120 mm na região sul, demonstrando, portanto, valores baixos em praticamente toda a bacia.



**Figura 36** – Distribuição das chuvas mensais no ano-padrão seco de 1985.

O mês que apresentou, no ano de 1985, o maior volume de chuvas para toda a bacia foi o de janeiro, entretanto, as isietas mostram que os mesmos ocorreram com maior intensidade na região norte, ao passo que na região sul as chuvas foram escassas, não ultrapassando, em algumas áreas, os 20 mm mensais. Deste modo, pode-se afirmar que o mês com maiores valores acumulados, bem como de chuvas mais bem distribuídas por toda a

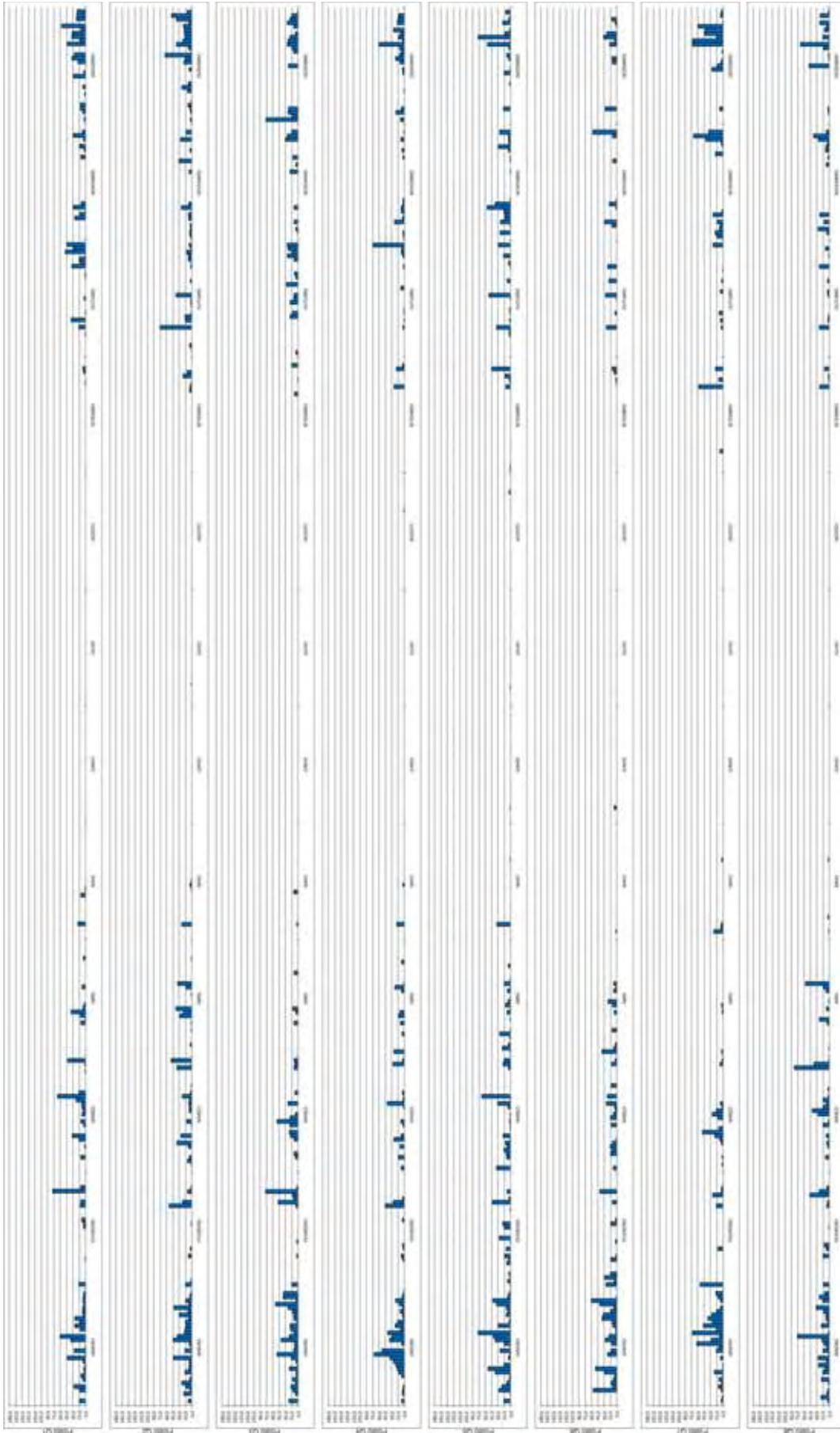
bacia foi o de março, ao contrário do ocorrido nos anos-padrão chuvoso e habitual, quando os meses de janeiro e fevereiro, respectivamente, representaram esse padrão mensal de distribuição pluvial.

### 3.6.3 Variações diárias da pluviosidade

A análise dos totais pluviométricos diários das 96 quadrículas da bacia no ano de 1985, que representa o padrão seco (Figura 37), permitiu perceber que houve ausência e/ou escassez de chuvas na parte central do ano, ou seja, nas estações do outono e inverno, o que é corriqueiro para boa parte da bacia em estudo. Entretanto, o que difere este ano-padrão seco dos demais é o fato de que as lacunas provocadas pelas ausências de chuvas se prolongaram por muito mais tempo, em algumas áreas da bacia, atingindo praticamente todos os dias durante cinco meses ou mais. Um exemplo disto ocorre na quadrícula 24, ao norte da área de estudo, onde, entre os meses de maio a setembro, houve apenas um dia de chuva. Se forem contabilizados os dias sem chuva do final do mês de abril e início de setembro, a situação se agrava ainda mais.

Outra questão importante, diz respeito ao fato de que da região norte até o centro da bacia, as maiores ocorrências de chuvas, bem como os maiores valores pluviométricos foram registrados durante o início do ano, principalmente no mês de janeiro, prolongando-se, com valores mais baixos, até o mês de março ou abril. Ocorrem ainda, nestas duas regiões, chuvas que se concentram no fim do ano, mais precisamente nos três últimos meses, porém, as mesmas vão reduzindo gradativamente em direção à região sul da bacia que, quase sempre bem regada durante todo ano, apresentou, durante o ano-padrão seco de 1985, valores bem abaixo dos esperados, principalmente nos meses de janeiro, novembro e dezembro.

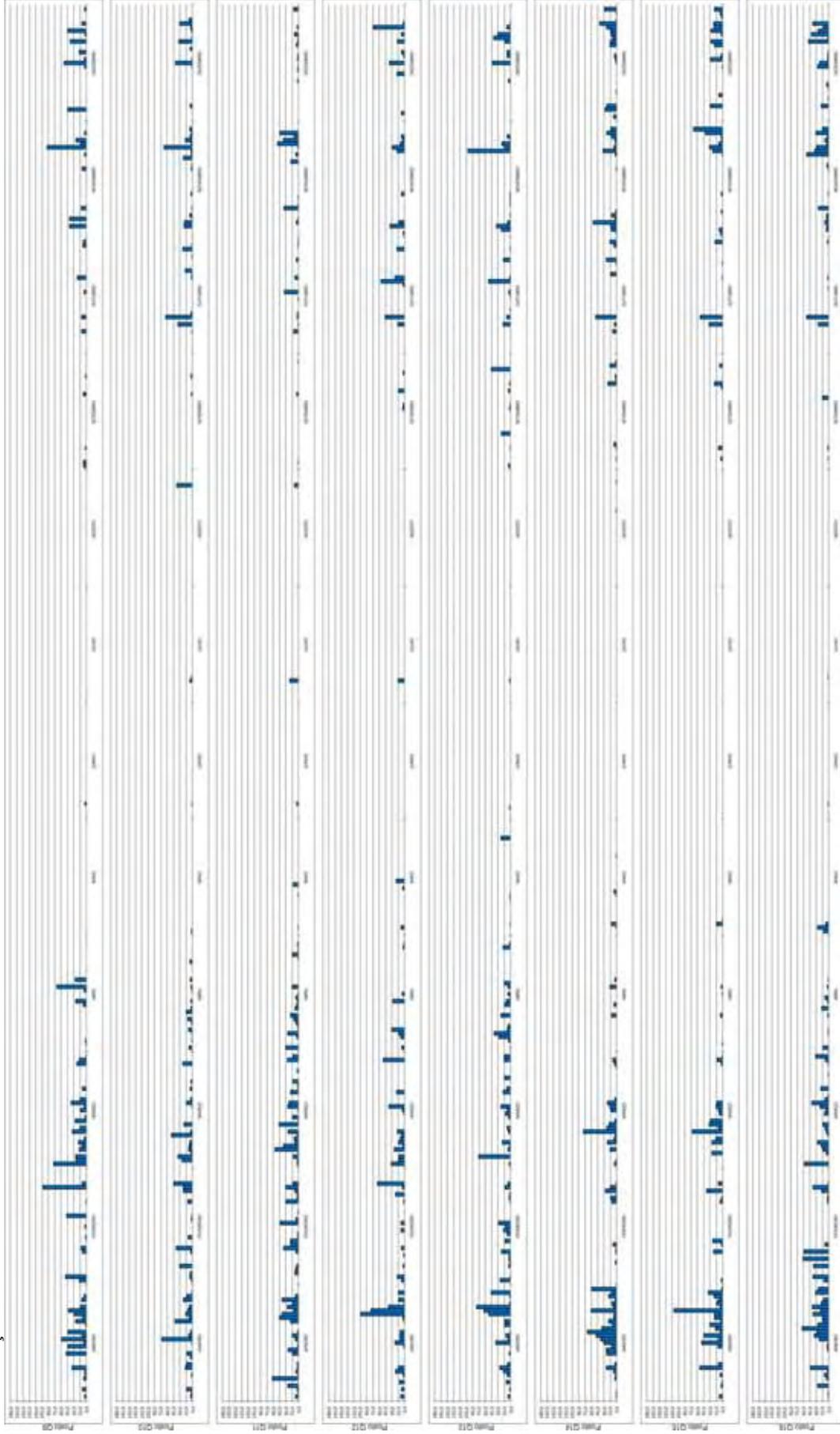
Todavia, mesmo com os baixos volumes registrados na parte sul da área de estudo, nota-se que ainda há uma tendência de melhor distribuição das chuvas ao longo do ano em toda essa área, mesmo quando os valores são menores do que os habitualmente esperados.



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

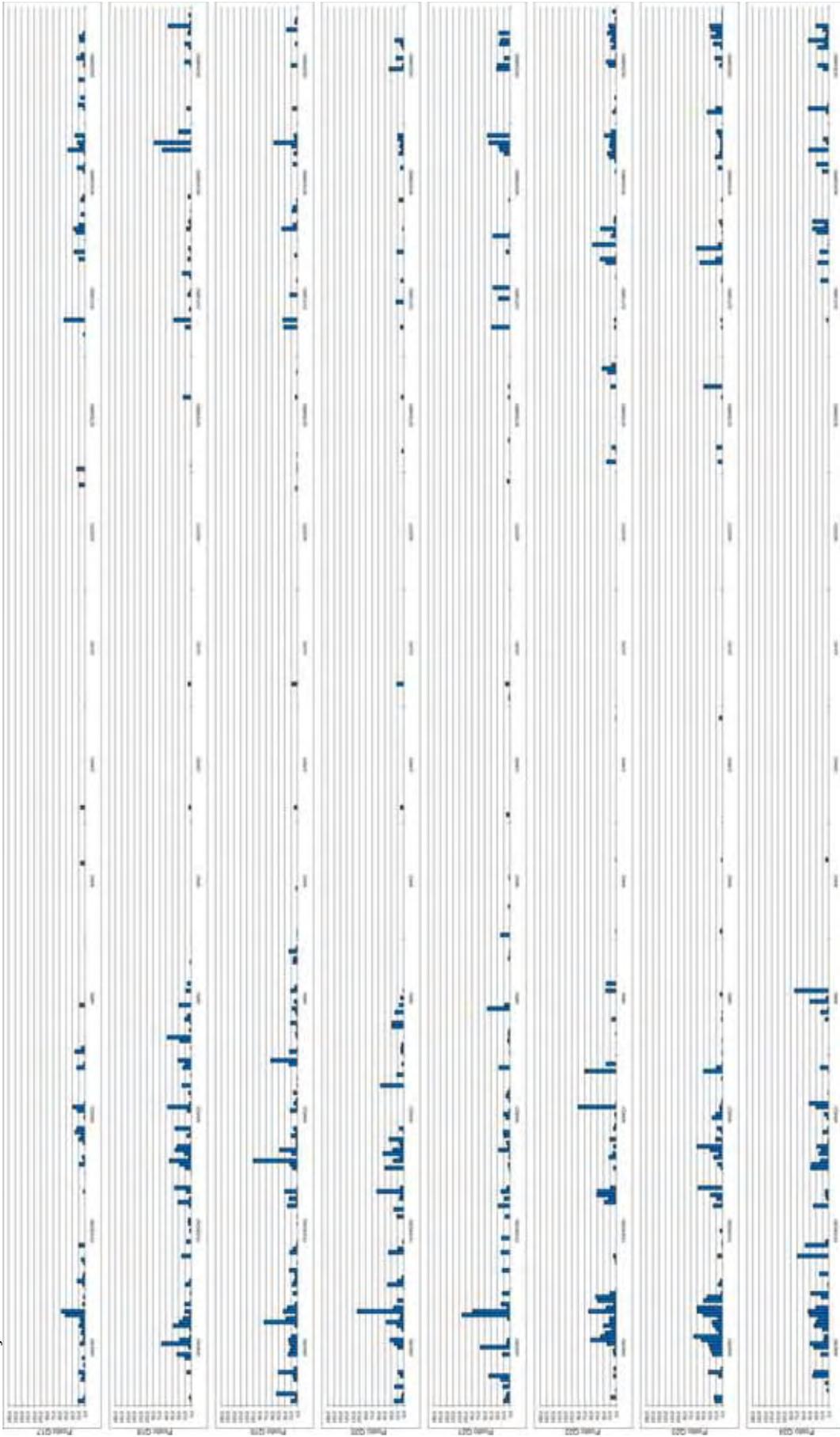
Continuação



Continua

**Figura 37** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

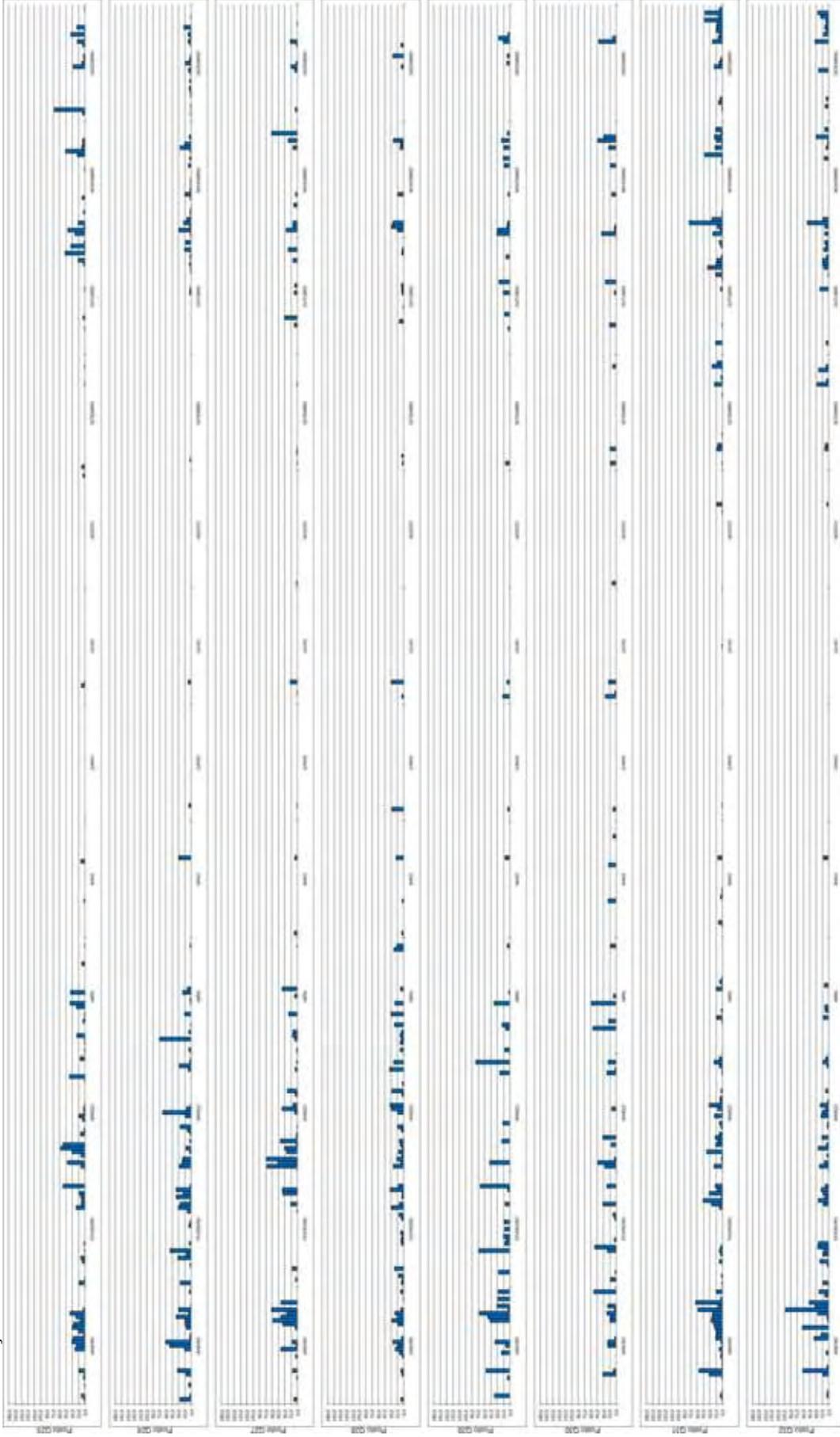
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

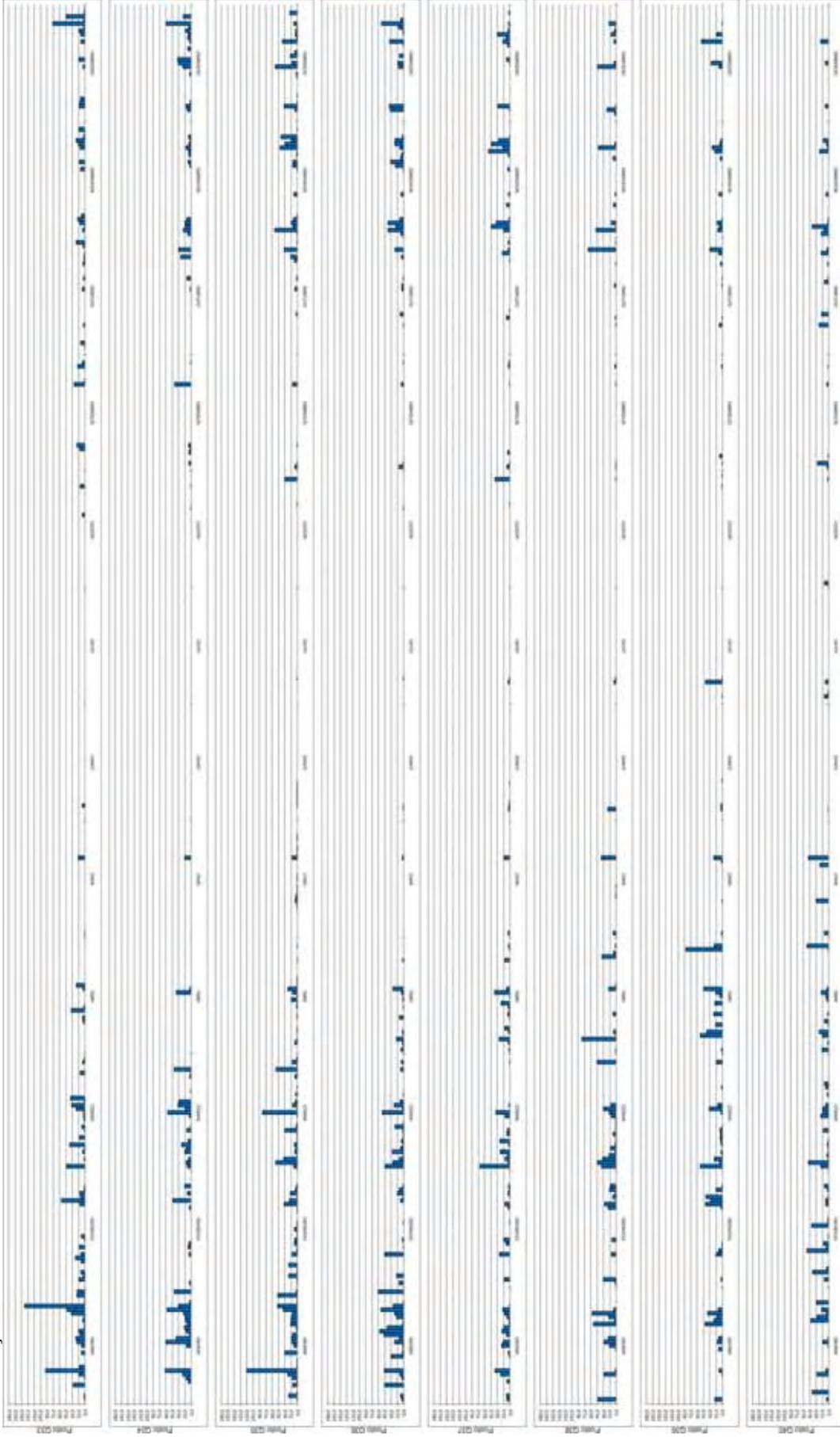
Continuação



Continua

**Figura 37** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

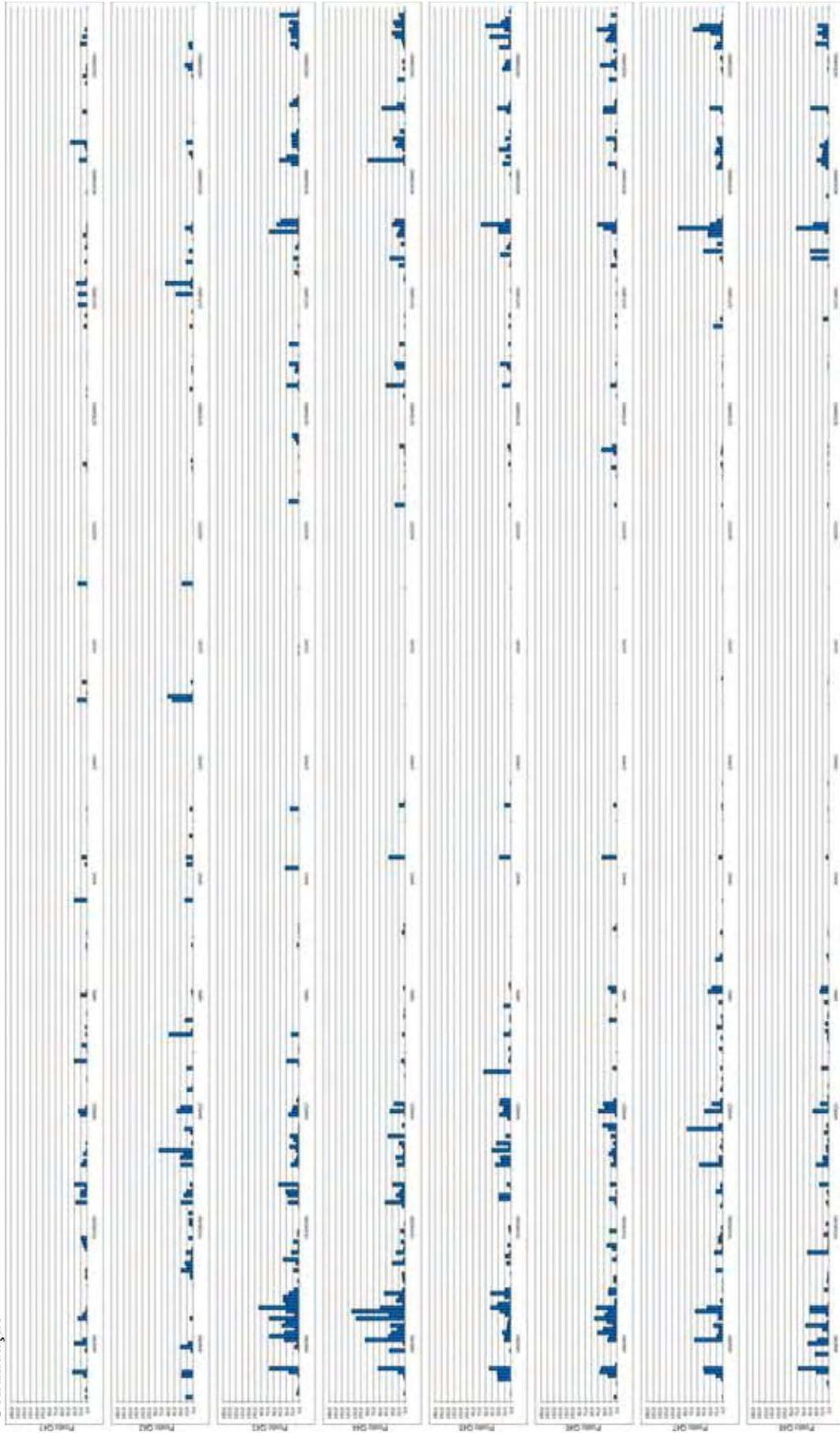
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

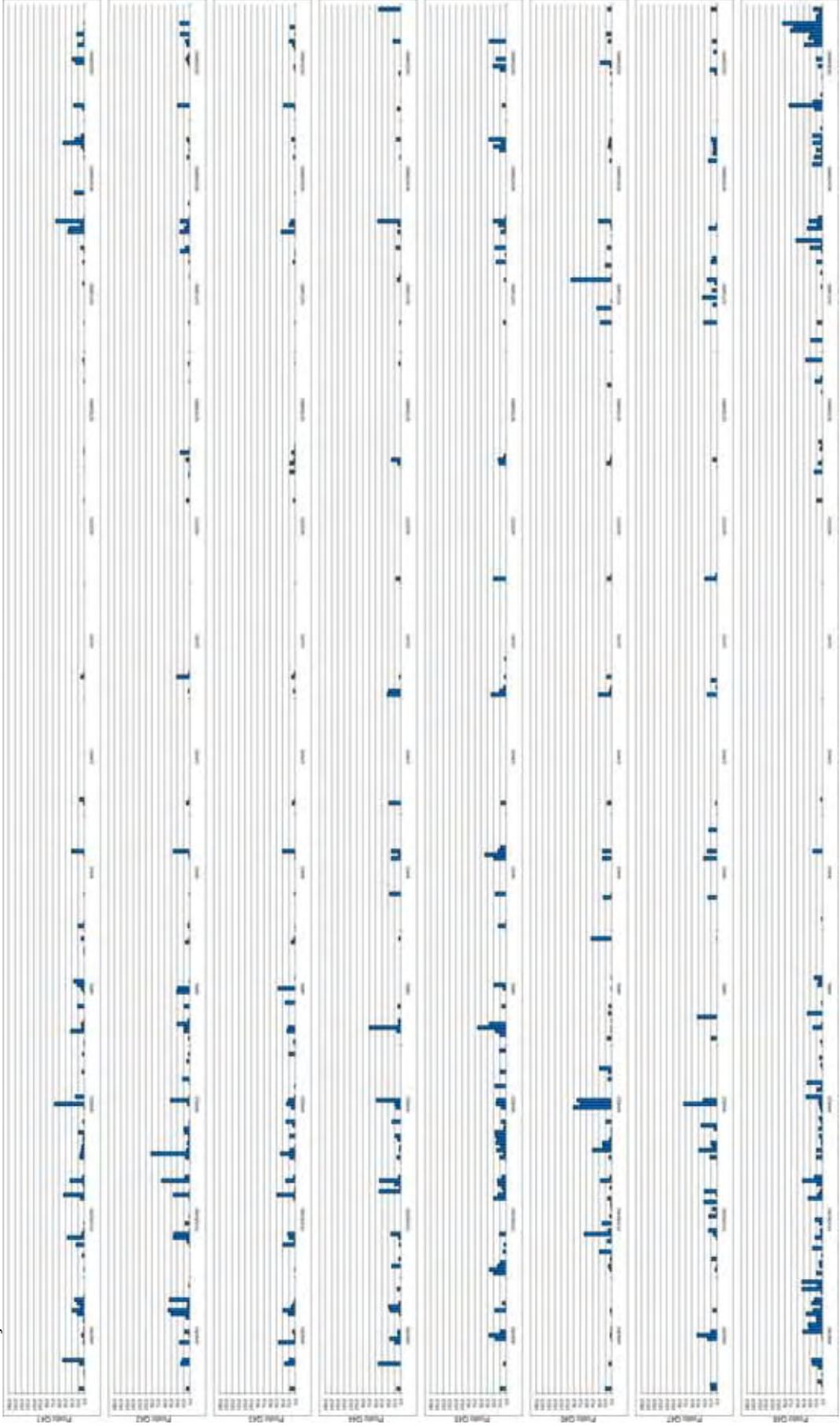
Continuação



Continua

**Figura 37** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

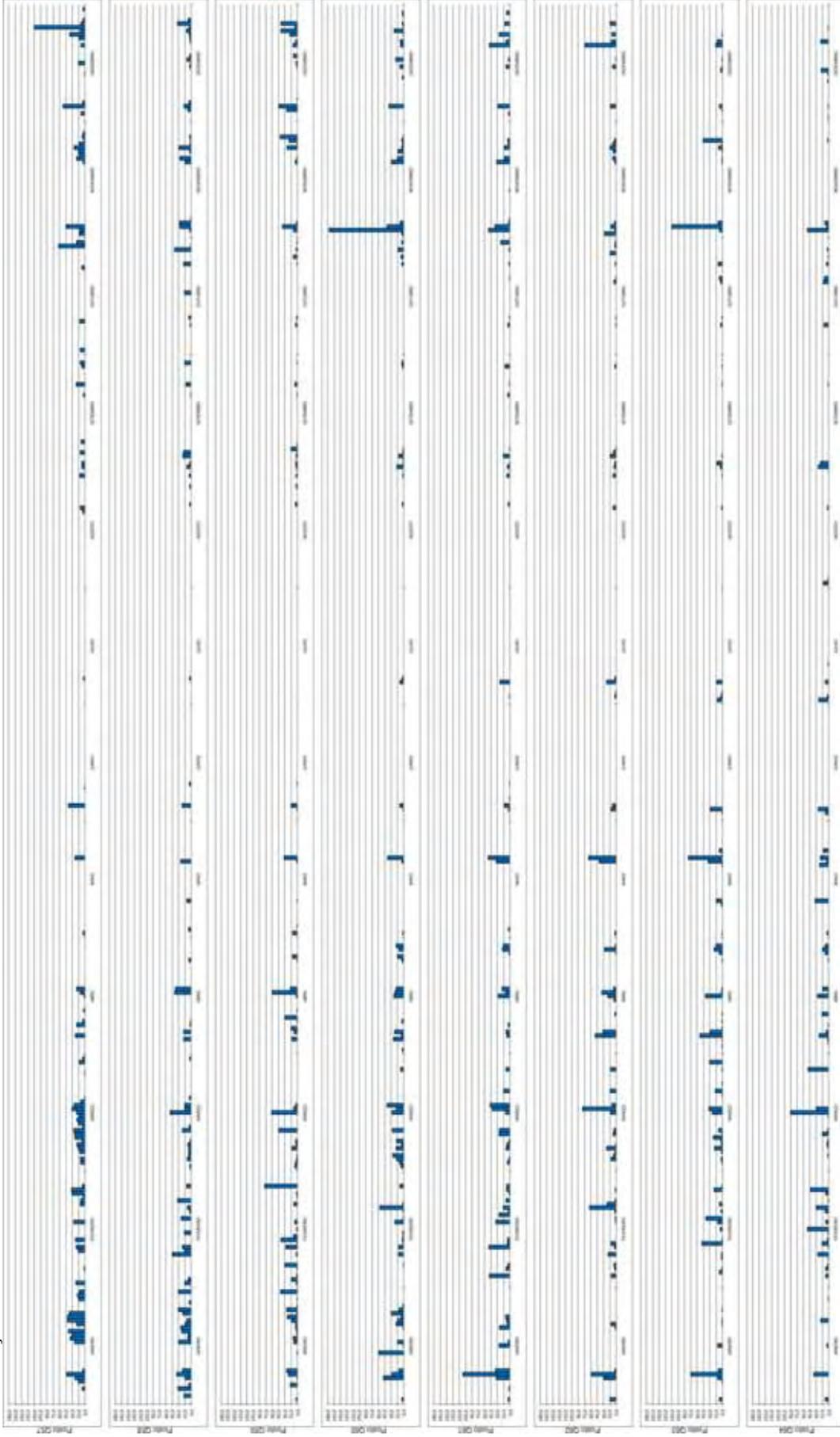
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

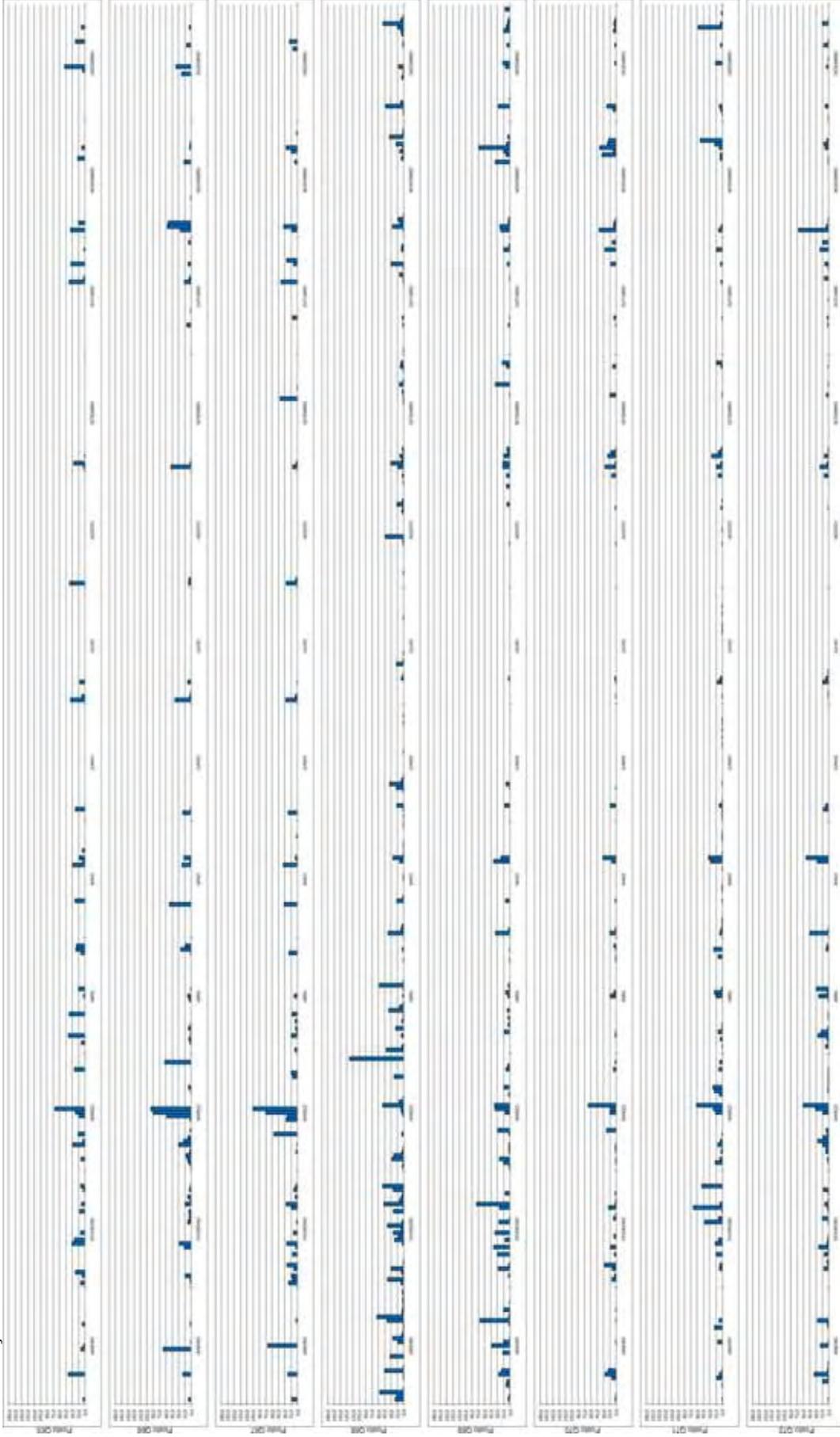
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

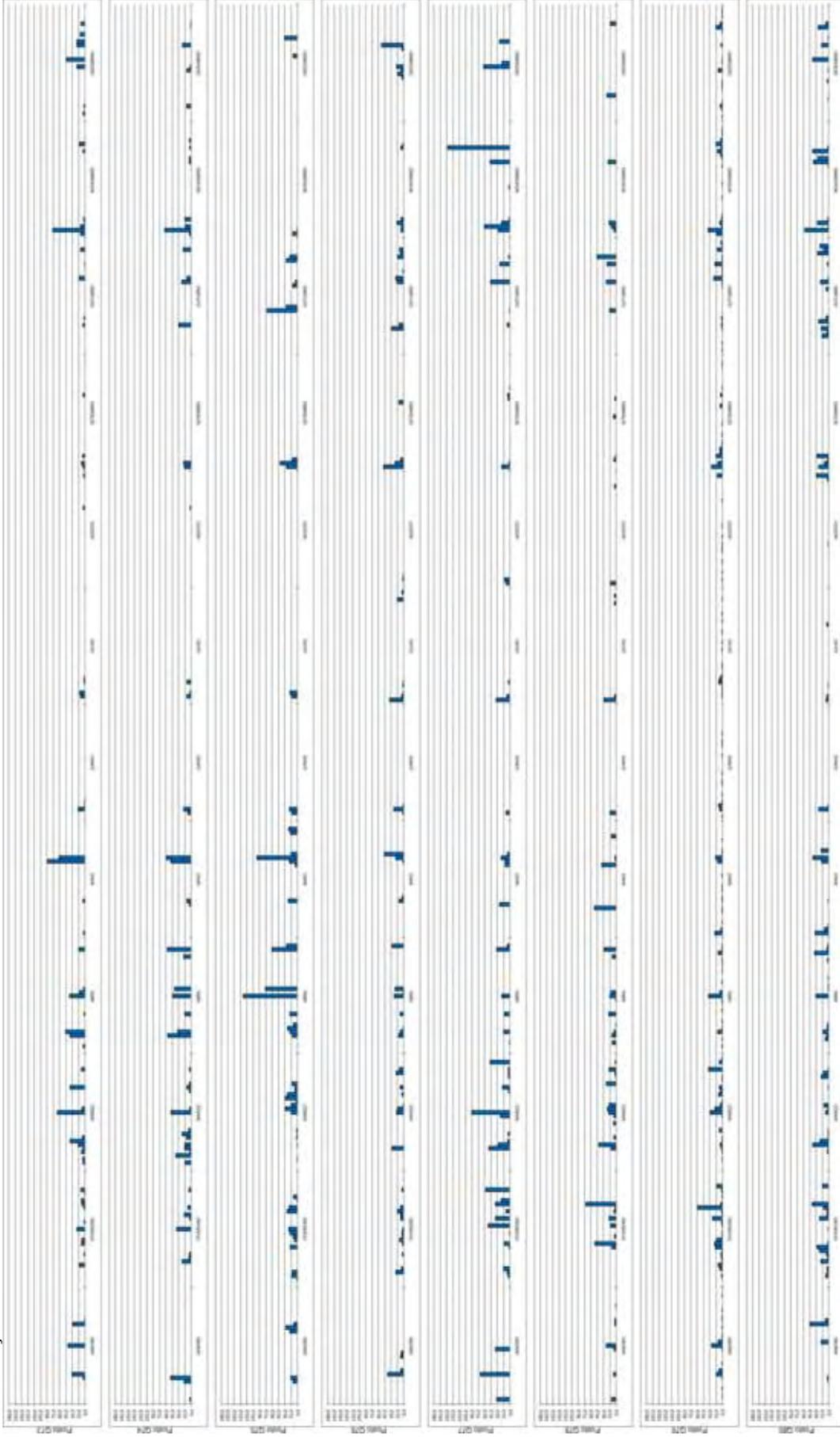
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

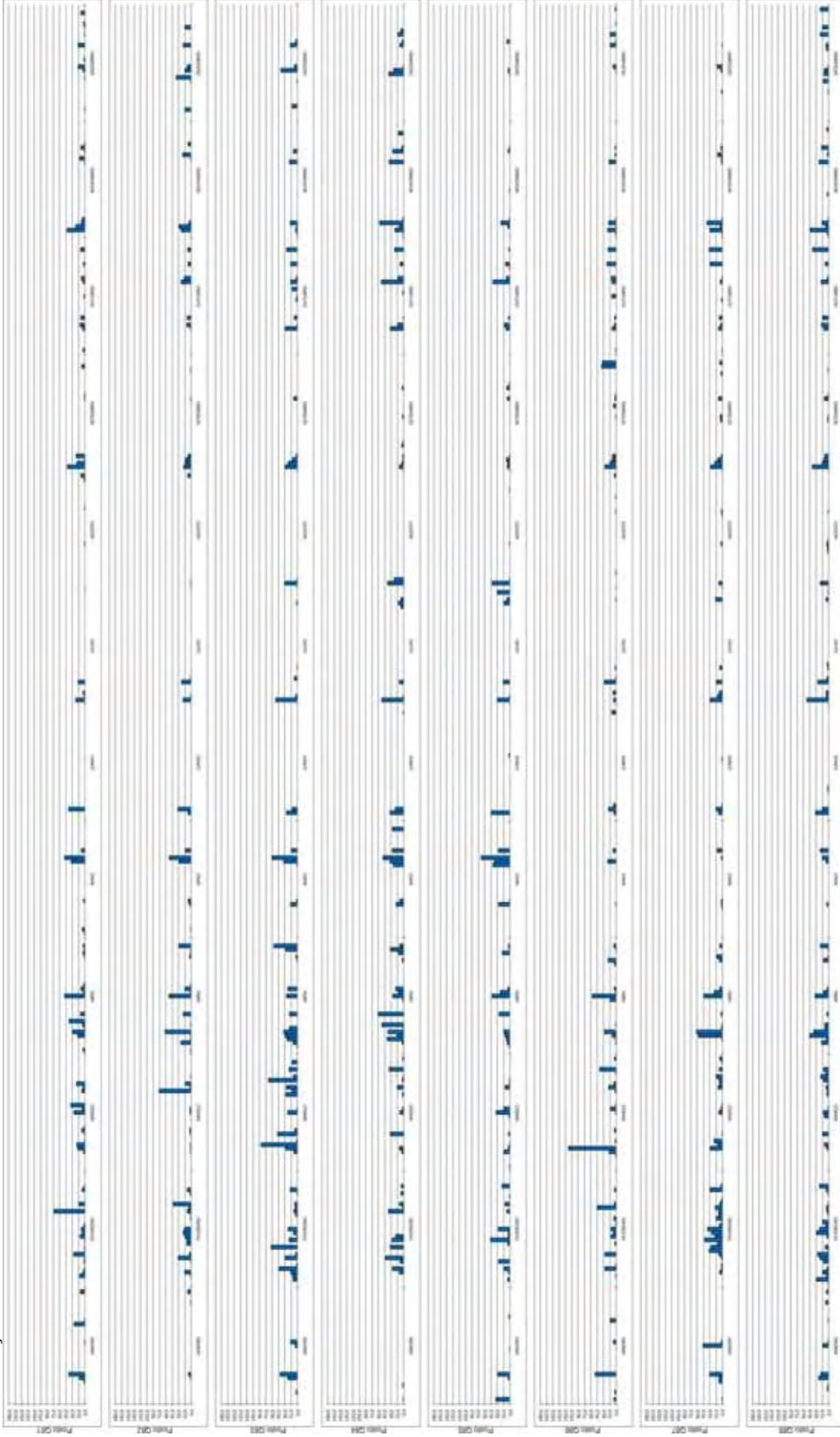
Continuação



Continua

**Figura 37** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

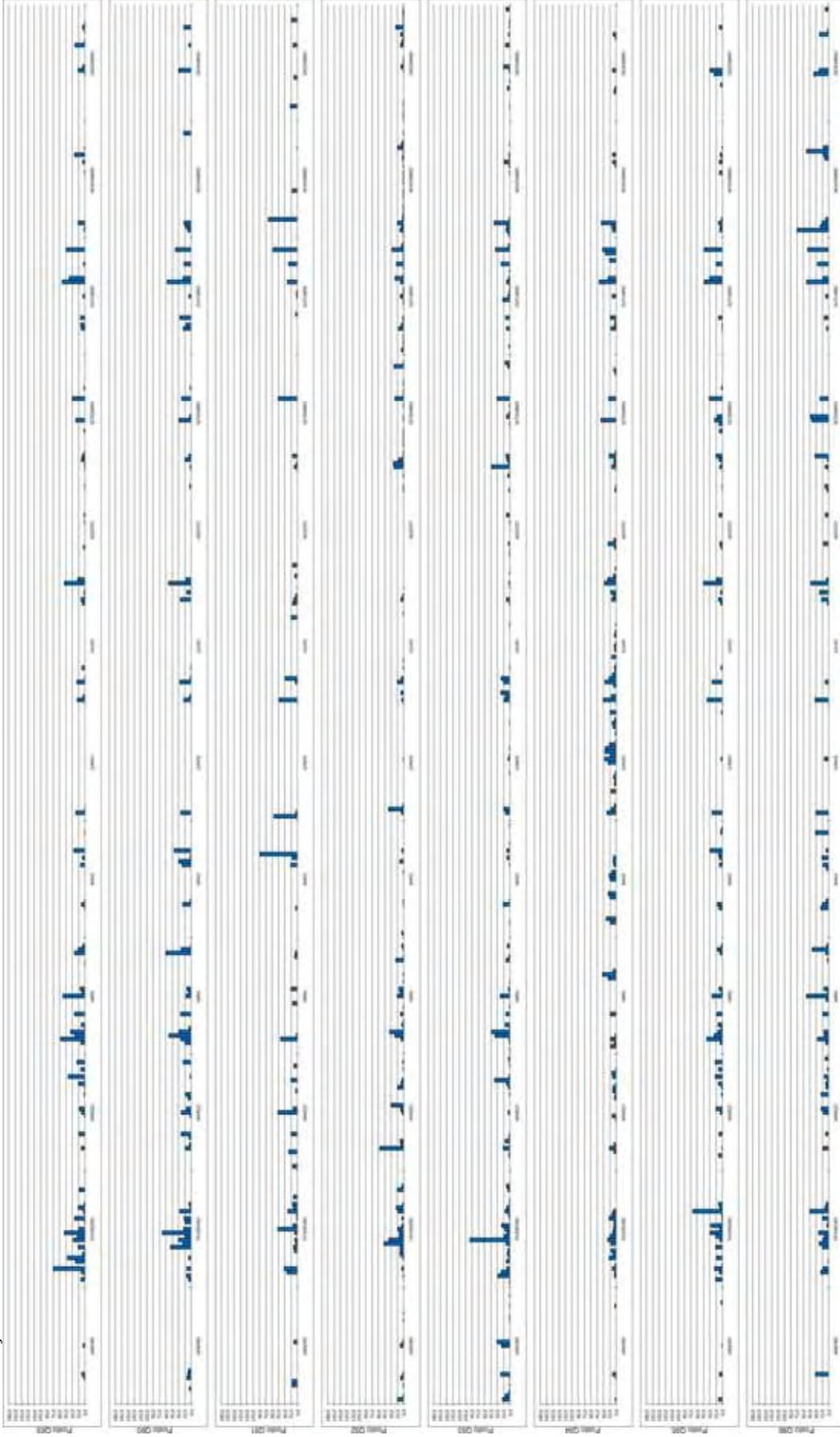
Continuação



Continua

Figura 37 – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

Continuação



Continua

**Figura 37** – Totais pluviométricos diários das 96 quadrículas no ano-padrão seco de 1985 na bacia do Paraná.

A grande concentração de chuvas e os elevados volumes na região norte e central da bacia, anteriormente mencionados, são explicados pelo fato de que nesta região, principalmente no início e final do ano, há grande atuação de massas de ar equatoriais e tropicais que provocam chuvas torrenciais, geralmente muito volumosas e concentradas em curtos intervalos de tempo. Dependendo da orografia de algumas áreas, estas massas de ar podem ficar parcialmente estacionadas, e assim, descarregar excessivos volumes de chuvas sobre as mesmas.

Neste sentido, os contrastantes volumes demonstrados no início e final do ano nas quadrículas 43, 44, 56 e 57, no extremo leste da bacia do Paraná, podem ter ocorrido por influência da massa tropical atlântica que, vinda do oceano Atlântico, encontra na Serra da Mantiqueira uma barreira natural e ali deságua praticamente toda a umidade que carrega.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idéia inicial desta pesquisa foi construída tendo em vista que algumas regiões brasileiras ainda não foram suficientemente estudadas do ponto de vista da Climatologia Geográfica e menos ainda do ponto de vista da análise rítmica, cujos estudos são bastante escassos. E mesmo sabendo-se que já existem alguns destes trabalhos voltados para a bacia do Paraná, considerada a de maior relevância nacional, tanto no contexto social quanto econômico, a abrangência geográfica de tais estudos nessa linha de pesquisa, em geral, tem caráter apenas pontual, o que já não foi o caso do trabalho aqui apresentado, pois o mesmo envolveu toda a bacia. Em síntese, esta pesquisa voltou-se para a compreensão da distribuição temporal e espacial das chuvas em caráter regional, e assim, apontou para futuros estudos nos quais se pretende usar a técnica de análise rítmica visando ao entendimento da dinâmica atmosférica e suas influências sobre a distribuição dos volumes pluviométricos ao longo da mencionada bacia.

Um dos maiores problemas encontrados nesta pesquisa diz respeito à obtenção dos dados utilizados, pois desde a etapa de aquisição dos mesmos o processo foi lento e difícil, tendo em vista as várias tentativas frustradas que foram feitas nalguns órgãos e instituições. Por fim a Agência Nacional de Águas - ANA disponibilizou um grande volume de dados pluviométricos, com os quais foi possível iniciar o tratamento e análise já relatados, embora os mesmos não possuíssem a qualidade necessária e desejada.

Mesmo assim, o tratamento a eles aplicado mostrou-se adequado e assegurou a máxima de fidelidade aos valores reais de chuvas da área de estudo, pois praticamente nenhum tratamento estatístico para preenchimento de falhas foi empregado, salvo em duas das 96 quadrículas de um grau de latitude por um grau de longitude, que juntas compuseram a área da bacia do Paraná. Após este procedimento foi gerado um extenso rol de postos pluviométricos com dados ininterruptos aos quais foram aplicadas inúmeras técnicas utilizadas pela Climatologia Tradicional, tais como a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Elas foram úteis no entendimento do comportamento cronológico e espacial das chuvas na bacia, em várias escalas temporais de análise, quais sejam: a anual, a sazonal, a mensal e a diária. Outras técnicas também foram testadas e serviram para a obtenção dos

anos-padrão, caso da aplicação do desvio quartílico e da fórmula de Sturges, que se mostraram eficientes na classificação, análise e seleção dos mesmos.

Uma vez verificadas as chuvas através das técnicas acima mencionadas, foram então construídas as cartas de isoietas, que mostraram a distribuição geográfica das chuvas naquelas escalas temporais há pouco mencionadas. Para a escala no nível anual foram ainda confeccionados os cartogramas representativos dos totais anuais de chuva em cada uma das 96 quadrículas da bacia, que muito auxiliaram na classificação, hierarquização, e seleção dos três anos-padrão mais representativos (seco, chuvoso e habitual), no período 1976-2005.

Embora essas técnicas tenham garantido uma boa análise e explicação do comportamento pluvial na bacia, alguns detalhes só vieram à tona quando foram construídos e analisados os histogramas das chuvas diárias, nas 96 quadrículas e em cada um dos três anos-padrão escolhidos.

Entretanto, há que se considerar que somente através da técnica da análise rítmica, que revela as variações diárias e horárias de vários elementos do clima, tais como a temperatura, a chuva, a pressão atmosférica, o vento, a umidade do ar, dentre outros, será possível associar a variabilidade pluviométrica encontrada à circulação atmosférica que atua sobre área de estudo. Esta técnica, que não foi utilizada nesta pesquisa, pois para se chegar aos resultados aqui apresentados foi gasto muito tempo na organização, tabulação e uniformização das séries temporais mais consistentes, será empregada numa próxima etapa de investigação, numa próxima tese de doutorado.

Porém, antecipando-a e ligando-a ao estudo ora em conclusão, foi efetuada uma rápida investigação das obras que, voltadas para a bacia do Paraná, já utilizaram o paradigma do ritmo, isto é, já empregaram a análise rítmica em Climatologia, naqueles três anos-padrão escolhidos, ou seja, em 1983 (padrão chuvoso), em 1985 (padrão seco) e em 2000 (padrão habitual). Para tanto, delas foram extraídas as principais informações sobre as áreas cobertas por esses estudos rítmicos e seus respectivos períodos de abrangência, dentro daqueles três mencionados anos-padrão. Tais informações encontram-se sintetizadas na figura 38, apresentada mais adiante, logo após as breves considerações que são feitas a seguir sobre cada uma das obras até agora levantadas.

Zavatini (1990), na obra “A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul” selecionou para análise os anos de 1983, 1984 e 1985,

respectivamente representativos do padrão chuvoso, habitual e seco. Portanto, dois deles, os anos de 1983 e de 1985, confirmam plenamente os resultados obtidos na presente investigação. Já o ano de 1984, apontado por Zavatini como de “padrão” habitual, revelou-se nesta pesquisa como o segundo ano mais seco de toda a série de trinta anos (1976-2005), logo abaixo do ano de 1985, o mais seco dentre todos. As áreas cobertas pela análise rítmica praticada por aquele autor são as das quadrículas onde se localizam as cidades de Campo Grande, Ponta-Porã, Três Lagoas e Paranaíba, todas do Estado de Mato Grosso do Sul; além de Guaíra (estado do Paraná) e de Presidente Prudente (estado de São Paulo). Embora já fora da área de abrangência desta pesquisa, mas na periferia dela, está a localidade de Coxim (MS), que também foi analisada do ponto de vista rítmico por Zavatini (1990). Portanto, com base nas informações extraídas dessa obra, pode-se afirmar que as regiões oeste e noroeste da bacia do Paraná já possuem estudos rítmicos para os anos de 1983 e de 1985.

Boin (2000), da mesma forma que Zavatini (1990), realizou pesquisa utilizando a técnica da análise rítmica para a região do oeste paulista, mais precisamente para a quadrícula onde está situada a cidade de Presidente Prudente, tendo constatado que, nessa região, os anos de 1983, 1984 e 1985 também foram, respectivamente, os que melhor representaram o padrão chuvoso, habitual e seco. Considerando-se que Presidente Prudente (SP) está praticamente no centro da área de estudo, é possível afirmar que a porção central da bacia do Paraná já foi estudada pela análise rítmica e que a mesma cobre dois dos “anos-padrão” aqui apontados como o mais chuvoso (1983) e o mais seco (1985) dentro do período 1976-2005.

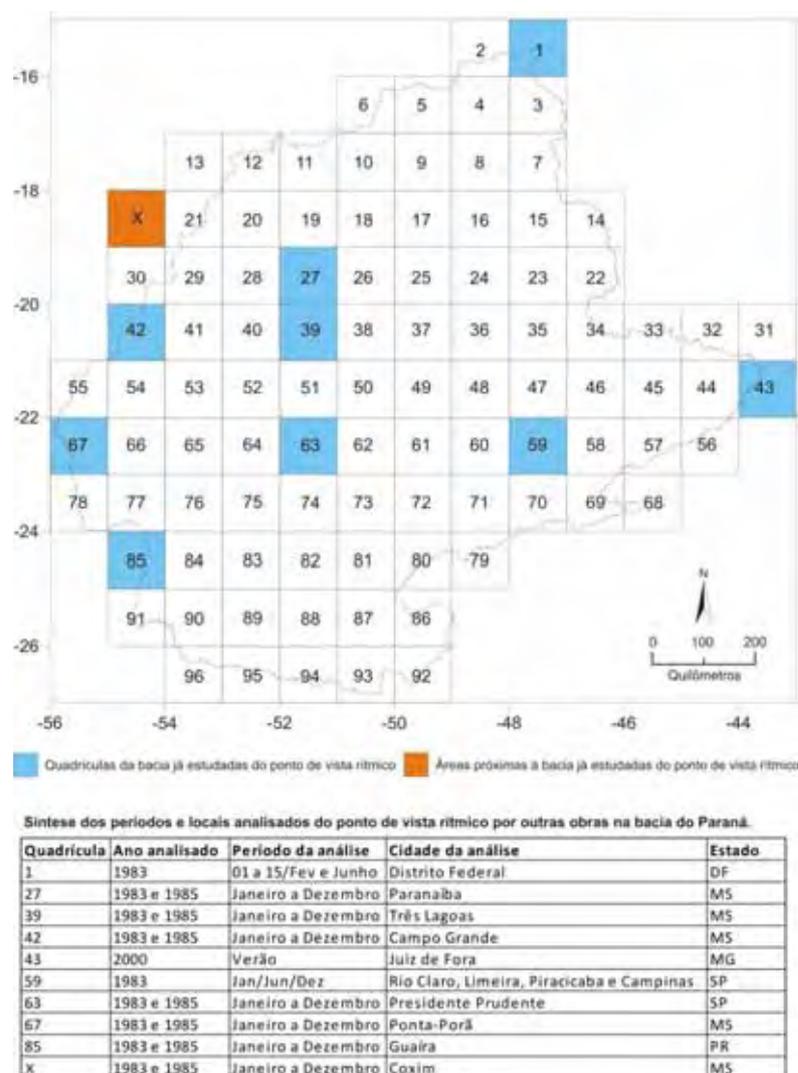
Barros (2003) aplicou a análise rítmica episódica para o Distrito Federal, situado no extremo norte da área de estudo, para, dentre outros períodos, os primeiros quinze dias do mês de fevereiro de 1983, e para todo o mês de junho desse mesmo ano. Assim, pode-se dizer que a porção setentrional da bacia do Paraná também já possui análises climatológicas do ponto de vista rítmico.

Menardi Júnior (2000) analisou do ponto de vista rítmico os meses de janeiro, junho e dezembro do ano de 1983, em várias localidades da bacia do rio Piracicaba (SP), quais sejam: Rio Claro, Limeira, Piracicaba e Campinas, o que permite afirmar que a porção leste da bacia do Paraná também já foi privilegiada pela análise rítmica em Climatologia.

Souza (2003) escolheu a cidade de Juiz de Fora (MG) para estudar, de forma episódica, dentre outros períodos, o verão do ano de 2000, aqui apontado como representativo

do padrão habitual. Essa pesquisa de Souza permite concluir que, do ponto de vista rítmico, o extremo leste da bacia do Paraná já foi merecedor de estudo climatológico, agora aplicado a ano tido como de padrão habitual.

As informações obtidas nas obras acima mencionadas estão sintetizadas no cartograma a seguir (Figura 38), ilustrando as quadrículas que, dentro da bacia do Paraná, já se beneficiaram com os estudos do ritmo atmosférico e pluvial, sobre elas realizados.



**Figura 38** – Quadrículas e períodos que, dentro da bacia do Paraná, já foram estudados pelo paradigma do ritmo climático.

Deste modo, na respectiva figura 38, as quadrículas na cor azul são as que se encontram dentro da bacia, enquanto que a na cor vermelha é aquela situada em área periférica, porém ainda próxima. Conectada a esse cartograma vai também apresentada uma

tabela que detalha as informações colhidas nas referidas obras, particularizando as áreas e os períodos cobertos pelo paradigma do ritmo climático, proposto por Monteiro (1971).

Em conclusão, as quadriculas de número 1, 27, 39, 42, 43, 59, 63, 67 e 85, nove do total de noventa e seis que compõem a área total da bacia do Paraná, já foram estudadas pelo paradigma do ritmo climático, em anos-padrão apontados pela presente pesquisa. Desta forma, tendo em vista a tese de doutorado futura, o que se pretende é reunir informações e análises que possam somar-se a estas por meio de um estudo mais aprofundado do ritmo climático na bacia do Paraná. Após esta análise, correlacionar os resultados encontrados à gênese dos fatos através da dinâmica atmosférica atuante na região e associar as suas variações às dos recursos hídricos a fim de se entender a influência provocada pelas chuvas na variação dos níveis de alguns reservatórios voltados para a produção de energia elétrica.

Cabe lembrar que não se pretende realizar um estudo voltado para o entendimento do ritmo climático na bacia de maneira específica, para cada uma das quadriculas que compõem a sua área, como fora apresentado na figura 38. As pesquisas apresentadas através das obras anteriormente mencionadas servem apenas de apoio ao entendimento do ritmo na bacia do Paraná e alguns dos resultados já alcançados poderão ser aproveitados e até mesmo complementados com os que futuramente serão encontrados.

## 5. REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Dados pluviométricos disponíveis em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>>. Acesso em: jun. – dez. 2007.

\_\_\_\_\_. **Agência Nacional de Águas**. Texto disponível em: <<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaL.asp>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Texto disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=110](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=110)>. Acesso em 10 abr. 2009.

BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia**. Universidade Estadual de Maringá – DGE. Ano 19(1):71-98, 2001.

BARROS, J. R. **A Chuva do Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 221 p.

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões do Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 264 p.

GERARDI, L. H. de O.; SILVA, B. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo, SP: Ed. DIFEL, 1981. 163 p.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Informação disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=prec>>. Acesso em 26 jul. 2009.

MENARDI JR., A. **Regime e Ritmo das Chuvas na Bacia do Rio Piracicaba: variações e impactos**. 2000. (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 291 p.

MENDONÇA, F. Apresentação. In: **Terra Livre**: publicação semestral da Associação dos Geógrafos Brasileiros - AGB (orgs.). Ano 19, v.1, n.20, p.7-8. São Paulo: Editora Provo, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. O Clima da Região Sul. **Geografia Regional do Brasil – Região Sul**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 117-169, 1963a.

\_\_\_\_\_. Análise Rítmica em Climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia** 1, USP/IG, São Paulo, 1971.

\_\_\_\_\_, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. USP/Igeog., São Paulo, 1973.

\_\_\_\_\_, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo**. Rio Claro: UNESP, Ageteo, 2000a. 1 CD-ROM.

PÉDELABORDE, P. “**Introduction a l’étude scientifique du climat**”. Paris, Société d’Édition d’Enseignement Supérieur, 1991, p. 3-31.

SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Tome: I- Les fondements biologiques. Essai d’une écologie de l’homme. Livre I- Le climat et l’home. Chp ler Le Climat. Paris, Librairie Armand Colin, 1951. p.13 – 43.

SOUZA, L. B. **Chuvas e Escorregamentos na Região Noroeste da Área de Juiz de Fora – MG: uma abordagem genética em Climatologia**. 2003. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 141 p.

SANT’ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**. Universidade Estadual de Maringá – DGE. Ano 16, n.1, p. 119-130, 1998.

ZAVATINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do Clima no Brasil**. Campinas, São Paulo: Editora Alínea, 2004. 400p.