

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA MARQUES PINHEIRO

**VARIABILIDADE TEMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE NA BACIA
DO ALTO IGUAÇU**



CURITIBA

2016

GABRIELA MARQUES PINHEIRO

**VARIABILIDADE TEMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE NA BACIA
DO ALTO IGUAÇU**

Tese de Doutorado apresentada como requisito final para conclusão do Curso de Pós-graduação em Geografia, do Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

**Orientadores:
Prof. Dr. Hugo Romero Aravena
Prof. Dr. Francisco Mendonça**

CURITIBA

2016

Pinheiro, Gabriela Marques
Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do Alto
Iguaçu / Gabriela Marques Pinheiro. – Curitiba, 2016.
274 f. : il.: tabs., grafs.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Orientador: Hugo Romero Aravena

Coorientador: Francisco Mendonça

Bibliografia: p.240-250

1. Variações climáticas. 2. Mudanças climáticas. 3. Bacias
hidrográficas. I. Aravena, Hugo Romero. II. Mendonça, Francisco.
III. Título.

CDD 551.6



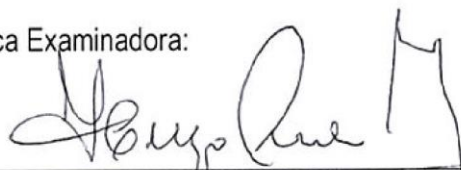
PARECER


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Tese de Doutorado, apresentada pelo (a) candidato (a) **GABRIELA MARQUES PINHEIRO** intitulada “**VARIABILIDADE TÊMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE NA BACIA DO ALTO IGUAÇÚ**”, para obtenção do grau de Doutora em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**, Linha de Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido o (a) candidato (a), são de parecer pela APROVADO da Tese.

Curitiba, 26 de fevereiro de 2016.

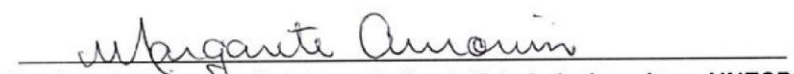
Nome e Assinatura da Banca Examinadora:



Prof. Dr. Hugo Romero – orientador


Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça – co-orientador/UFPR


Profª. Drª. Erika Collishon – UFPEL


Profª. Drª. Maria Elisa Zanella – UFC


Profª. Drª. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim – UNESP


Prof. Dr. Javier Martin Vide – UAB - Barcelona

Aos meus pais, Anete Pinheiro e Emerson Pinheiro, pelo amor incondicional. Ao meu
companheiro, Diego de Araújo, pelo carinho e afeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à vida, por me presentear com momentos e oportunidades incríveis, os quais me fazem grata por todas as experiências vivenciadas!

Aos meus pais, Emerson Pinheiro e Anete Marques, que sempre estiveram ao meu lado, com carinho, afeto, paciência e todo o amor. As palavras não definem o sentimento que tenho por vocês, obrigada! Aos meus irmãos, Matheus e Luiza, pela parceria ao longo dos anos.

Ao meu companheiro de vida, Diego de Araújo, por estar ao meu lado nos momentos de alegria, reflexões, indecisões e mudanças. Você tornou o caminho mais tranquilo e leve, confortando-me nos momentos difíceis e celebrando os momentos de alegria. Obrigada por trilhar esta longa jornada ao meu lado, sem você o caminho seria mais difícil!

Ao meu orientador Hugo Romero e ao meu coorientador, Francisco Mendonça, o qual me motivou e inspirou ao longo desta jornada, obrigada Chico! Aos companheiros do LaboClima/UFPR, os quais sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me e colaborando com a pesquisa ao longo destes anos, tornando esta pesquisa fruto de um trabalho colaborativo. Em especial aos amigos Wilson Flavio Feltrin, Francisco Castelhana, José Aquino, Tereza Hoffmann, Gabriela Goudart, Thiago Fogaça, Wiviany Araújo e Julyana Baroni.

Ao Laboratório de Climatologia da Universidade de Barcelona, em especial ao Professor Javier Martin-Vide, o qual despertou-me o interesse pela matemática e estatística, obrigada pela orientação e carinho ao me recepcionar. Aos companheiros Maria José Cordobilla, Shifa Mathbout, Oliver Meseguer, Almicar Velez e Aziz Benhamrouche. Em especial aos companheiros Nivaldo Teixeira e Jonas Nery, que além de companheiros, tornaram-se amigos para a vida.

RESUMO

As mudanças climáticas globais, suas causas e consequências têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial. De acordo com o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN-1), do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, a projeção para mudanças da precipitação para a ampla região Sul da América do Sul prevê, até 2040, aumento de 5% a 10%. Conforme este mesmo documento, a região será afetada por cenários de climas extremos, como o aumento na frequência de extremos de chuva, de El Niño mais frequentes, persistentes e intensos, ocasionando mais e maiores inundações e alagamentos. Neste contexto, esta tese tem por objetivo principal compreender a variabilidade pluviométrica (1980 a 2010), assim como analisar tendências futuras para eventos pluviais extremos na Bacia do Alto Rio Iguaçu, onde se localiza parte do aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR. Dessa forma, primeiramente, os dados meteorológicos diários foram homogeneizados com o emprego do software R; em seguida, foram utilizadas técnicas estatísticas para cálculo da variabilidade e tendências pluviométricas. Os resultados demonstraram segundo a análise das classes de frequência e intensidade, nota-se a existência de uma variabilidade espaço-temporal, visto que a porção leste apresenta maior frequência, porém com menor intensidade, enquanto a porção oeste apresenta-se com menor frequência, porém com maior intensidade. Em relação à concentração da precipitação, observou-se que ela destaca-se durante os meses de outono e inverno, momentos nos quais as chuvas apresentaram-se menos intensas, porém mais frequentes. Em relação à duração média das sequências chuvosas, as maiores médias estão localizadas ao leste da Bacia e as sequências chuvosas com maior duração ocorrem durante os meses de verão, mais precisamente durante a década de 1980. Com relação ao tempo de retorno, os resultados evidenciam que a Bacia do Alto Iguaçu possui valores distintos quanto aos valores máximos anuais. A análise da frequência dos eventos extremos (percentil 95% e 99%) mostra que existe variabilidade espacial e sazonal, uma vez que o verão apresenta-se como maior número de eventos, seguido pela primavera, outono e inverno. A primavera destaca-se apresentando sete estações com tendências positivas, seguida pelo verão e outono; o inverno apresenta cinco estações com tendências negativas para a frequência de eventos extremos, percentil 99%. Analisando a correlação linear entre as Anomalias Positivas para o ENOS 3.4 e o Índice de Precipitação Padronizado Positivo (+IPP), constata-se que esta variável apresenta a melhor correlação para o período de análise em comparação com a correlação linear negativa entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP-) e as Anomalias Negativas. O resultado da correlação linear positiva entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP +) e as Anomalias Positivas da Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul (TAS) apresenta-se significativo em comparação ao resultado da correlação linear negativa. Dessa forma, os dados corroboram para o melhor entendimento da gênese das chuvas para a Bacia do Alto Iguaçu, bem como para os estudos sobre os impactos regionais e locais das mudanças climáticas e a influência das teleconexões na variabilidade climática, além do entendimento do clima como produto natural e social.

Palavras Chaves – Pluviosidade, Variabilidade, Tendências, Eventos Extremos, Bacia do Alto Iguaçu.

ABSTRACT

Today's Global climate changes, its causes and consequences have gained increasing importance on the world scenario. According to the First National Assessment Report (RAN-1), of the Brazilian Panel on Climate Change, the projection for precipitation changes to the large southern region of South America predicts, by 2040, an increase of 5% to 10%. According to this same document, the region will be affected by extreme weather scenarios such as the increased frequency of extreme rainfalls and El Niño events, which will be more persistent and intense, leading to more floods and greater inundations. In this context this thesis is primarily aimed at understanding the Pluviometric variability (1980-2010), as well as analyzing future trends for extreme rainfall events in the upper part of Iguacu River Basin, where is located part of the urban conglomerate of metropolitan area of Curitiba /PR. Thus, initially, the daily meteorological data was homogenized with the use of the R software. The results showed the frequency and intensity classes, it can be noticed the existence of a spatio-temporal variation, whereas the eastern portion has a higher frequency of rain events, but with lower intensity, while the western portion presents less frequency, but with greater intensity. Regarding the concentration of rainfall, it was observed that it stands out during the months in the autumn and winter season, the period in which the rains had become less intense but more frequent. Regarding the average duration of the rainy sequences, the highest average is located east of the river basin and the rainy sequences with longer duration occur during the summer months, particularly during the 1980s. Concerning the recurrence interval, results show that the upper part of the Iguacu River basin has distinct figures about the maximum annual values, and that the estimates provide safer figures in relation to the probable amount of maximum daily rainfall. The analysis of the frequency of extreme events (percentile 95% and 99%) shows that there is spatial and temporal variability, since summer season presents itself with a larger number of events, followed by spring, fall and winter. Spring stands out presenting seven seasons with positive trends, followed by summer and autumn; winter presents five seasons with negative trends in the frequency of extreme events, 99% percentile. Analyzing linear correlation between positive anomalies for ENSO 3.4 and Positive Standardized Precipitation Index (SPI +), it appears that this variable presents the best correlation for the period under review, compared to the negative linear correlation between Standardized precipitation Index (SPI -) and negative anomalies. The result of the positive linear correlation between Standardized Precipitation Index (SPI +) and positive anomalies of the Sea Surface Temperature / South Atlantic (SST) presents itself significant when compared to the result of negative linear correlation. Thus the data support to a better understanding of the rainfall genesis in the Upper part of the Iguacu River Basin, as well as for studies on regional and local impacts of climate change and the influence of teleconnections in the climate variability and understanding of the climate as a natural and social product.

Keywords - Rain, Pluviosity, Variability, Trends, Extreme Events, Upper part of Iguacu River Basin.

RESUMEN

En el marco del cambio climático global, sus causas y consecuencias, han adquirido cada vez más importancia en el escenario mundial. De acuerdo con el Primer Informe de Evaluación Nacional (RAN-1) del Painel Brasileño de Cambio Climático en la proyección para cambios en la precipitación para la amplia región del Sur de América, se prevé, hasta el 2040 un incremento de la misma del 5 % al 10 %. De acuerdo con este mismo documento, la región estará afectada por escenarios de climas extremos, como por ejemplo, el aumento de casos de lluvias extremas, de episodios del Niño más frecuentes, persistentes e intensos, ocasionando más y mayores inundaciones y desbordamientos de los ríos. En este contexto, esta tesis tiene por objetivo principal comprender la variabilidad pluviométrica (1980 a 2010), así como analizar las tendencias futuras para eventos pluviales extremos en la Cuenca del Alto Río Iguazú, donde se localiza parte del aglomerado Urbano de la Región Metropolitana de Curitiba/PR. Por este motivo, en primer lugar, los datos meteorológicos diarios fueron homogeneizados utilizando el software R, a continuación se utilizaron técnicas estadísticas para el cálculo de la variabilidad pluviométrica y las tendencias. Los resultados demostraron las clases de frecuencia e intensidad, se refleja la existencia de una variabilidad espacio-temporal, en la zona este que presenta una mayor frecuencia de eventos de pluviosidad, pero con menor intensidad, mientras en la zona oeste, se presenta con menor frecuencia, pero con una mayor intensidad. En relación a la concentración de las precipitaciones, se observa que destacan durante los meses de otoño e invierno, momento en los cuales las lluvias se presentan menos intensas, pero más frecuentes. En relación a la duración media de las secuencias lluviosas, las mayores medias están localizadas al este de la cuenca y las secuencias lluviosas con mayor duración ocurren durante los meses de verano, destacando durante la década de 1980. Con relación al periodo de retorno, los resultados evidencian que la Cuenca del Alto Iguazú posee valores distintos cuanto a los valores máximos anuales. El análisis de la frecuencia de los eventos extremos (percentil 95 % y 99 %) muestra que existe variabilidad espacial y temporal, una vez el verano se presenta con mayor número de eventos, seguido por la primavera, otoño e invierno. La primavera destaca presentando siete estaciones con tendencias positivas, seguida por el verano y el otoño; el invierno presenta cinco temporadas con tendencias negativas para la frecuencia de eventos extremos, percentil 99 %. Analizando la correlación lineal entre las anomalías positivas para el ENSO 3.4 y el Índice de Precipitación Estandarizado positivo (IPP+), se constata que esta variable presenta la mejor correlación para el período de análisis, en comparación con la correlación lineal negativa entre el Índice Precipitación Estandarizado (IPP-) y las anomalías negativas. El resultado de la correlación lineal positiva entre el Índice de Precipitación Estandarizada (IPP+) y las anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar / Atlántico Sur (TAS) se presenta significativo en comparación al resultado de la correlación lineal negativa. En conclusión, los datos corroboran una mejor comprensión de la génesis de las lluvias para la Cuenca del Alto Iguazú, así como para los estudios sobre los impactos regionales y locales del cambio climático y la influencia de las teleconexiones de la variabilidad climática, además del entendimiento del clima como un producto natural y social.

Palabras clave - Pluviosidad, Variabilidad, Tendencias, Eventos Extremos, Cuenca del Alto Iguazú.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia do Alto Iguaçu.	25
Figura 2 - Perspectiva Sistêmica da Climatologia	31
Figura 3 Fluxograma dos encaminhamentos metodológicos	34
Figura 4 - Localização das Estações Meteorológicas Utilizadas	37
Figura 5 - Exemplo Percentil 95%	45
Figura 6 - Curva de Lorenz - Estação de Curitiba/Curitiba (1980-2010).	54
Figura 7 - Modelo de análise cluster ou conglomerados.	56
Figura 8 - Níveis de Significância	59
Figura 9 - Configuração espacial das anomalias de TSM no Pacífico Tropical - Região de manifestação do El Niño e da La Niña, respectivamente à esquerda e à direita.	61
Figura 10- Distribuição espacial dos primeiros modos de variabilidade da precipitação do outono e do inverno. Valores em tons de vermelho (azul) indicam correlação significativa com nível de confiabilidade acima de 95%.	62
Figura 11 - Distribuição espacial dos primeiros modos de variabilidade da precipitação do primavera e verão. Valores em tons de vermelho (azul) indicam correlação significativa com nível de confiabilidade acima de 95%.	63
Figura 12 - Isolinhas do coeficiente de correlação entre a precipitação e TSM no Atlântico. Áreas com valores significativos ao nível de 95% estão sombreadas.....	65
Figura 13 - Fases da ODP-PDO.....	66
Figura 14 - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta).....	67
Figura 15 - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta).....	68
Figura 16 - Situação dos sistemas atmosféricos na América do Sul.....	71
Figura 17 - Dinâmica da atuação do El Niño	73
Figura 18 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de agosto, outubro e dezembro.	80
Figura 19 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em agosto, setembro e outubro.....	81
Figura 20 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em dezembro, janeiro e fevereiro.	81
Figura 21 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.	82
Figura 22 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em março, abril e maio.	83
Figura 23 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de março, abril e maio.	84
Figura 24 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial da chuva média anual (1980-2010).....	87
Figura 25 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva na primavera (1980-2010).....	88
Figura 26 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no outono (1980-2010).....	88
Figura 27 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no inverno (1980-2010).....	89

Figura 28 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no verão (1980-2010).....	90
Figura 29 – Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para o Total Sazonal Primavera.	93
Figura 30 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010)	101
Figura 31 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Ligeira	103
Figura 32 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Moderada.....	106
Figura 33 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Intensa	108
Figura 34 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Muito Intensa	111
Figura 35 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Extrema	113
Figura 36 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010)	115
Figura 37 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Ligeira	117
Figura 38 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Moderada.....	120
Figura 39- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Intensa	123
Figura 40 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Muito Intensa	126
Figura 41 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Extrema	129
Figura 42 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação (1980 a 2010).....	131
Figura 43 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para a primavera (1980 a 2010).....	132
Figura 44 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o verão (1980 a 2010).....	134
Figura 45 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o outono (1980 a 2010).....	135
Figura 46 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o inverno (1980 a 2010).....	137
Figura 47 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Duração Média das Sequências Chuvosas (1980 a 2010).....	138
Figura 48 - - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Duração máxima das sequências chuvosas (1980 a 2010).....	140
Figura 49 Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 4 dias de duração (1980 a 2010).....	142
Figura 50 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 7 dias de duração (1980 a 2010).....	143
Figura 51 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 10 dias de duração (1980 a 2010).....	145
Figura 52 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Precipitações máximas esperadas para o período de 05, 10, 50, 100, 200 e 500 anos.....	149
Figura 53 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Média Percentil 95% (1980-2010).....	151

Figura 54– Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a média percentil 95%	154
Figura 55 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Média Percentil 99% (1980-2010)	158
Figura 56- Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a média percentil 95%	159
Figura 57- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Total Percentil 95% (1980-2010)	161
Figura 58 – Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, percentil 95%	163
Figura 59 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Total Percentil 99% (1980-2010)	166
Figura 60 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Primavera (1980-2010)	170
Figura 61 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Primavera Percentil 95%	173
Figura 62 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Primavera (1980-2010)	177
Figura 63 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Primavera Percentil 99%	180
Figura 64- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Verão (1980-2010)	184
Figura 65 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Verão Percentil 95%	186
Figura 66 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Verão (1980-2010)	189
Figura 67 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Outono (1980-2010)	193
Figura 68 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Outono (1980-2010)	197
Figura 69 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Inverno (1980-2010)	200
Figura 70- - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Inverno (1980-2010)	205
Figura 71 - P-Valor da correlação entre IPP + e ENOS 3.4 +	212
Figura 72 - P-Valor da correlação entre IPP - e ENOS 3.4	215
Figura 73 - P-Valor da correlação entre IPP + e iTAS +	218
Figura 74 - P-Valor da correlação entre IPP - e iTAS -	221

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações Meteorológicas Seleccionadas.....	38
Tabela 2 - Índices climáticos dependentes da precipitação pluvial diária, com suas definições e unidades, onde RR é o valor da precipitação diária	40
Tabela 3 - Nível de Significância, símbolos e significância, teste de Mann Kendall..	47
Tabela 4 - Probabilidade de ocorrência por ano e porcentagem de ocorrência em qualquer ano.	48
Tabela 5 - Distribuição de frequências em 1 mm de classes. Frequências acumuladas X versus porcentagens correspondentes da precipitação total Y - estação Curitiba/Curitiba (1980-2010).....	52
Tabela 6 - Níveis de Significância p-valor Escala de Fischer	59
Tabela 7 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Anual (mm)	91
Tabela 8 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Primavera (mm)	92
Tabela 9 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Verão (mm)	95
Tabela 10 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Outono (mm).....	96
Tabela 11 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Inverno (mm).....	97
Tabela 12 - Número de dias, data e total precipitado, para a sequência máxima de chuva no período de 1980 a 2010.	139
Tabela 13 - Estações pluviométricas e precipitações máximas de 24 horas esperadas para diferentes períodos de retorno para os municípios compreendidos na Bacia do Alto Iguaçu	148
Tabela 14 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para médias de precipitação anual segundo o Percentil 95%	152
Tabela 15 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para Precipitação Total Anual	155
Tabela 16- Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para médias de precipitação anual segundo o Percentil 99%	158
Tabela 17- Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década	162
Tabela 18- Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%.....	163
Tabela 19- Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 99% por década	167
Tabela 20 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%.....	168
Tabela 21 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década	171
Tabela 22 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%/Primavera	172
Tabela 23 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses de primavera.....	176
Tabela 24 - Número de dias com precipitação igual ou superior ao percentil 99% por década/primavera.....	178
Tabela 25 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%/Primavera	179
Tabela 26 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década/verão.....	185

Tabela 27 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%Verão	186
Tabela 28 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do verão.....	188
Tabela 29 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 99% por década/verão.....	190
Tabela 30 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Verão	191
Tabela 31 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década/outono.....	193
Tabela 32 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Outono.....	194
Tabela 33 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do outono.....	196
Tabela 34 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Outono.....	198
Tabela 35 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Outono.....	199
Tabela 36 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Inverno.....	202
Tabela 37 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Inverno.....	203
Tabela 38 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do inverno.....	204
Tabela 39 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Inverno.....	206
Tabela 40 - Resultados Tendências Inverno segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%.	207
Tabela 41- Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP+ e ENOS +	210
Tabela 42 - Exemplo de Correlação Final entre ENOS + e IPP +	211
Tabela 43 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia ENOS 3.4	213
Tabela 44 - Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP- e ENOS +	213
Tabela 45 - Exemplo de Correlação Final entre ENOS - e IPP -	214
Tabela 46 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia ENOS 3.4	215
Tabela 47- Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP+ e iTAS+	217
Tabela 48- Exemplo de Correlação Final entre iTAS + e IPP +	217
Tabela 49 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia iTAS.....	219
Tabela 50 - Exemplo Cálculo de Defasagem para iTAS - e IPP-	220
Tabela 51 - Exemplo de Correlação Final entre iTAS - e IPP -	220
Tabela 52 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP - e Anomalia iTAS -	222

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Palmeira-Colônia: Tendência pluvial total anual (1980-2010)	92
Gráfico 2 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial total sazonal primavera (1980-2010)	94
Gráfico 3 - Mandirituba: Tendência pluvial total sazonal primavera (1980-2010).....	94
Gráfico 4 - SJP/Fazendinha: Tendência pluvial total sazonal primavera (1980-2010)	94
Gráfico 5 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial total sazonal primavera (1980-2010)	94
Gráfico 6 - Mandirituba: Tendência pluvial total sazonal verão (1980-2010).....	96
Gráfico 7- Campina Grande do Sul: Tendência pluvial total sazonal outono (1980-2010)	97
Gráfico 8- Almirante Tamandaré: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	155
Gráfico 9 - Campina Grande do Sul: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	156
Gráfico 10 - Campo Largo/ Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	156
Gráfico 11 - Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	156
Gráfico 12 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	156
Gráfico 13 - São Jose dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010).....	157
Gráfico 14 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)	157
Gráfico 15 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 99% (1980-2010)	160
Gráfico 16 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 99% (1980-2010)	160
Gráfico 17- Campo Largo/Itaqui Mandirituba: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010).....	164
Gráfico 18 – São José dos Pinhais/Fazendinha Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)	164
Gráfico 19 – Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010).....	165
Gráfico 20 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)	165
Gráfico 21 - Mandirituba: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010).....	165
Gráfico 22 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial total anual percentil 99% (1980-2010)	169
Gráfico 23 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010).....	173
Gráfico 24 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)	173
Gráfico 25- % Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010).....	174
Gráfico 26- São Jose dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010).....	174
Gráfico 27 - % Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010).....	174

Gráfico 28 - Lapa: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010) .	174
Gráfico 29 - Araucária: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)	175
Gráfico 30 - Araucária: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	180
Gráfico 31 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	181
Gráfico 32 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	181
Gráfico 33 - Palmeira/Mandacaia: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	181
Gráfico 34 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	181
Gráfico 35 - São José dos Pinhais/Guaricana: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	182
Gráfico 36 - São José dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)	182
Gráfico 37- Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)	187
Gráfico 38 - Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)	187
Gráfico 39 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)	187
Gráfico 40 - Contenda: Tendência pluvial anual percentil 99% verão (1980-2010).	191
Gráfico 41 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 99% verão (1980-2010)	192
Gráfico 42 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 95% outono (1980-2010)	195
Gráfico 43 - Curitiba/Prado Velho: Tendência pluvial anual percentil 99% outono (1980-2010)	199
Gráfico 44 - São José dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 99% outono (1980-2010)	199
Gráfico 45 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 95% inverno (1980-2010)	203
Gráfico 46 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)	208
Gráfico 47 - Colombo: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)	208
Gráfico 48 - Contenda: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)	208
Gráfico 49 - Piraquara: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)	208
Gráfico 50 - Porto Amazonas: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)	209
Gráfico 52 - Correlação ENOS 3.4 + e IPP +	212
Gráfico 53- Correlação ENOS 3.4 - e IPP -	214
Gráfico 54 - Evolução da Anomalia para iTAS (Índice de temperatura do Atlântico Sul)	216
Gráfico 55 - Correlação iTAS + e IPP +	218
Gráfico 56- Correlação iTAS - e IPP -	221

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ANA** – Agência Nacional de Águas
- CCM** – Complexo Convectivo de Mesoescala
- COPEL** – Companhia Paranaense de Energia Elétrica
- D** – Dissipação de Frente ou Frontólise
- ODP** – Oscilação Decadal do Pacífico
- EN** – El Niño
- ENOS** – El Niño Oscilação Sul
- ETCCDMI** – Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices
- Fpa** – Frente Polar Atlântica
- FF** – Frente Fria
- GOES** – Geostationary Satellites
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPCC** – International Panel on Climate Change
- IT** – Instabilidade tropical
- LN** – La Niña
- MK** – Teste de Mann-Kendall
- ODP** – Oscilação Decadal do Pacífico
- RAN-1** – Relatório de Avaliação Nacional/Bases Científicas
- REP FPA** – Repercussão da Frente Polar Atlântica
- RMC** – Região Metropolitana de Curitiba
- OMM** – Organização Mundial de Meteorologia
- SPT** – Sistema Polar Tropicalizado
- STa** – Sistema Tropical Atlântico
- STaC** – Sistema Tropical Atlântico Continentalizado
- STc** – Sistema Tropical Continental
- SPa** – Sistema Polar Atlântico
- TAS** – Temperatura Superficial do Atlântico
- TGS** – Teoria Geral do Sistema
- TSM** – Temperatura Superficial do Mar
- ZCAS** – Zona de Convergência de Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.2 HIPÓTESE	27
1.3 OBJETIVO GERAL	28
1.3.1 Objetivos Específicos	28
2 METODO	29
2.1 DA GEOGRAFIA DO CLIMA A ESCALA DE ANÁLISE	29
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
2.2.1 Coleta e Homogeneização dos Dados Pluviométricos	35
2.2.2 O Kriging ou Krigagem – Surfer	38
2.2.3 Métodos Estatísticos Aplicados	39
2.2.4 Teste de tendência - Mann Kendall	45
2.2.5 Período de Retorno	47
2.2.6 Índice de Concentração (CI)	50
2.2.7 Cálculo do Índice de Precipitação Padronizada (IPP)	56
3 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SEUS COMPONENTES	60
3.1 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E TELECONEXÕES	60
3.2 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL	69
3.3 EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO	76
4 OS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS E SUA REPERCURSSÃO ESPACIAL	86
4.1 A TIPOLOGIA PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO IGUAÇU	86
4.1.1. Média Climatológica	86
4.1.2 Tendência para o Total Anual	90
4.1.3 Tendência para o Total Sazonal	92
4.2 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA	98
4.2.3 Frequência Categoria Moderada	104
4.2.4 Frequência Categoria Intensa	107
4.2.5 Frequência Categoria Muito Intensa	109
4.2.6 Frequência Categoria Extrema	112
4.3 INTENSIDADE	114
4.3.2 Intensidade Categoria Ligeira	116
4.3.3 Intensidade Categoria Moderada	118
4.3.4 Intensidade Categoria Intensa	121
4.3.5 Intensidade Categoria Muito Intensa	124
4.3.6 intensidade Categoria Extrema	127

4.4	CONCENTRAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO (CI).....	130
4.4.1	Índice de Concentração da Precipitação (CI).....	131
4.4.1	Índice de Concentração da Precipitação (CI)/Primavera.....	132
4.4.2	Índice de Concentração da Precipitação (CI)/verão.....	133
4.4.3	Índice de Concentração da Precipitação (CI)/outono.....	134
4.4.4	Índice de Concentração da Precipitação (CI)/inverno.....	135
4.5	PERSISTÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA.....	137
4.5.1	Duração Média das Sequências Chuvosas.....	138
4.5.2	Duração Máxima Das Sequências Chuvosas.....	139
4.5.3	Distribuição E Duração Das Sequências Chuvosas.....	141
4.6	TEMPO DE RETORNO.....	145
5.0	ANÁLISE DA FREQUÊNCIA E TENDÊNCIA PARA PERCENTIL 95% E 99%.....	151
5.1	ANÁLISE DAS MÉDIAS - PERCENTIL 95%.....	151
5.2	ANÁLISE DAS MÉDIAS - PERCENTIL 99%.....	157
5.3	FREQUÊNCIA TOTAL.....	160
5.3.1	Percentil 95%.....	160
5.3.2	Percentil 99%.....	166
5.4	ANÁLISE SAZONAL DA FREQUÊNCIA E TENDÊNCIA PARA EVENTOS IGUAIS/ACIMA DO PERCENTIL 95% E PERCENTIL 99%.....	169
5.4.1	Primavera Percentil 95%.....	169
5.4.2	Primavera percentil 99%.....	176
5.4.3	Verão percentil 95%.....	182
5.4.4	Verão percentil 99%.....	188
5.4.4	Outono percentil 95%.....	192
5.4.5	Outono percentil 99%.....	196
5.4.6	Inverno percentil 95%.....	200
5.4.7	Inverno percentil 99%.....	204
6.0	CORRELAÇÃO ENTRE IPP, EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS)	209
6.1	CORRELAÇÃO ENTRE ENOS 3.4 POSITIVO E IPP POSITIVO.....	209
6.2	CORRELAÇÃO ENTRE ENOS 3.4 NEGATIVO E IPP NEGATIVO.....	213
6.3	CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS) POSITIVO E IPP POSITIVO.....	216
6.4	CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS) NEGATIVO E IPP NEGATIVO.....	219
7.0	CONCLUSÕES FINAIS	223
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	235

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	240
9.0 LISTA DE APÊNDICE.....	251

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento detalhado do clima e dos eventos climáticos extremos vem despertando interesse na sociedade atual, seja por este possuir caráter altamente dinâmico e apresentar rompimento na variabilidade natural ou apenas por estabelecer previsão de futuras mudanças do sistema climático. O estudo e o conhecimento atual do clima e sua variabilidade é um passo prévio e fundamental para a compreensão das mudanças climáticas por ação direta ou indireta do homem. Dificilmente pode-se falar sobre mudanças climáticas sem o conhecimento do clima atual.

Para o entendimento do clima atual, muitas variáveis são consideradas, como os subsistemas atmosféricos, hidrosféricos, litosféricos e biosféricos, os quais interagem de forma não linear com diferentes escalas de tempo, que vão desde dias (tempo atmosférico) até milhões de anos (processos geológicos), assim como diferentes escalas espaciais que vão desde metros (micrometeorologia) até a escala planetária (HERREZUELO, 2003). Dentro destas possibilidades de variáveis e escalas que permitem descrever o clima, o estudo da precipitação em escala diária torna-se o objeto central, dada a importância que este tem no Brasil e que apresenta grande variabilidade nas precipitações somando-se aos desequilíbrios hídricos.

Desde uma visão particular, nota-se que a precipitação no Brasil é muito irregular, devido a sua extensão territorial e às inúmeras massas de ar que atuam em todo o território, além de apresentar inúmeros fatores que contribuem para esta instabilidade, como a diversidade orográfica com importantes cadeias de montanhas, vales e rios, tornando, assim, os fenômenos locais únicos, os quais adquirem uma importância extraordinária. Estas condicionantes fazem com que as precipitações, sobre a escala diária, apresentem uma variabilidade tanto espacial quanto temporal, dificultando, assim, o seu entendimento.

Esta variabilidade da precipitação também se traduz em uma variabilidade hidrológica, ao passo que a irregularidade do regime hídrico no espaço e no tempo torna-se um dos tópicos mais discutidos, o qual se traduz na falta ou excesso de água ao longo dos anos.

Entender a variabilidade climática e sua produção no espaço geográfico é fundamental para a implementação de ações que visam mitigar problemas que afetam diretamente ou indiretamente o cotidiano das pessoas e as atividades econômicas,

como a agricultura, comércio, indústrias, produção de energia, abastecimento doméstico, turismo e meio ambiente. Dessa forma, o desenvolvimento de políticas adequadas relacionadas aos recursos hídricos é de vital interesse para a planificação e gestão do território, visto que muitas cidades sofrem com as flutuações hídricas (inundações e secas). Sendo assim, os estudos climáticos, os quais buscam compreender a estrutura da precipitação, auxiliam no controle dos recursos hídricos e na previsão de possíveis eventos extremos.

As investigações científicas de caráter climatológico buscam entender e ultrapassar a quantificação da variabilidade dos elementos climáticos os quais, pautados na matemática-estatística, leva a considerar que estes, além de serem, produtos da intensidade, velocidade e frequência, são resultados da produção desigual do espaço geográfico em níveis de vulnerabilidade ao ritmo climático. Recentemente, estudos de Trenberth (2003) relacionam as mudanças climáticas às mudanças no clima local, relacionados à intensidade, frequência duração e quantidade de precipitação.

As mudanças climáticas globais, suas causas e consequências, têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial, seja por sua visibilidade política, econômica, ambiental ou até mesmo pela criação de um cenário de preocupações, inquietações e alarmismo, de dimensão planetária, em face das possíveis repercussões deste processo em futuro próximo.

Mudanças climáticas podem ser resultantes naturais do sistema climático e sua variabilidade ou ser consequência de forte participação antropogênica; estas últimas são as mais importantes no processo, segundo o IPCC (*International Panel on Climate Change*). As causas de origem antropogênica estão associadas à influência das atividades humanas sobre o meio ambiente. Das mudanças produzidas ou provocadas pelo homem, tem merecido destaque a elevação da temperatura média no planeta e as mudanças nos padrões pluviométricos em vastas regiões do globo.

De acordo com RAN-1 (Relatório de Avaliação Nacional/Bases Científicas), do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014), a projeção para mudanças da temperatura e precipitação para a ampla região Sul da América do Sul prevê, até 2040, aumento relativamente baixo de temperatura entre 0,5^o e 1^oC com um aumento de 5% a 10% na chuva. Em meados do século (2041-2070), mantêm-se as tendências de aumento gradual de 1,5^o a 2^oC na temperatura e aumento de 15% a 20% nas chuvas,

sendo que essas tendências acentuam-se ainda mais no final do século (2071-2100), com padrões de clima entre 2,5° e 3°C mais quente e entre 25% a 30% mais chuvoso.

Segundo as hipóteses vinculadas pelo IPCC, a Região Sul do Brasil será afetada futuramente com a ocorrência de cenários de climas mais extremos, com ênfase para o aumento da frequência de eventos extremos ocasionando maior ocorrência de inundações e alagamentos. Além do volume pluviométrico, a vulnerabilidade dos municípios da região contribui para a gravidade do evento.

Os fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS), a Temperatura Superficial do Mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) afetam a variabilidade global e da América do Sul. O ENOS é o principal modulador da variabilidade interanual e modifica os padrões de transporte de umidade do ar, causando variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Já a ODP tem sido considerada como um importante modo de variabilidade de baixa frequência em escalas decadal e multidecadal.

Tais fenômenos agem em temporalidades e espacialidades diferentes, formam parte das componentes explicativas das questões centrais nas ciências atmosféricas no que tange a variabilidade e as mudanças climáticas globais e possuem papel importante na gênese de eventos extremos. Dessa forma, a variabilidade climática pode ser compreendida como variações do estado médio do clima em todas as escalas temporais e espaciais de fenômenos meteorológicos determinados. A variabilidade se deve a processos internos naturais dentro do sistema climático e variações das forçastes externas antropogênicas.

Sendo assim, a variabilidade climática exerce uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos, como secas e chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde e sobre o meio ambiente em escala local ou regional. As respostas dos ciclos energéticos e hidrológicos sobre a superfície têm um papel crítico na determinação dos impactos da variabilidade e mudanças climáticas sobre o espaço. Variabilidades climáticas podem, inicialmente, modificar os recursos hídricos locais e o albedo da superfície, de forma que o processo pode provocar pequenas ou até grandes modificações na temperatura, precipitação e evaporação, entre outros parâmetros (SILVA *et al.*, 2009).

Portanto, observações cuidadosas sobre os registros climáticos em longo prazo são importantes para a sociedade moderna, na medida em que fornece uma base

para o conhecimento de tendências climáticas e as suas causas potenciais, uma vez que os impactos das oscilações climáticas estão associados aos eventos extremos de precipitação.

É de grande importância ressaltar que anos chuvosos e anos secos, no caso de uma série pluviométrica anual, intercalam-se de modo quase sempre aleatório, formando parte do comportamento normal do clima. Assim, a aparição de um ano extremo, muito chuvoso ou muito seco, não há de sugerir uma alteração significativa do comportamento pluviométrico. Todos eles, anos normais, chuvosos, secos e extremos, formam parte de uma mesma realidade climática, altamente variável em qualquer escala temporal.

Dentro deste contexto, a pluviosidade é uma das mais importantes variáveis meteorológicas para os estudos climáticos. Essa importância deve-se a sua função dentro da dinâmica climática e de sua variação no espaço e no tempo. Além disso, ela constitui uma das variáveis climáticas que mais influencia no cotidiano das pessoas e na qualidade do meio ambiente. Os volumes de precipitação pluvial, a distribuição temporal e a intensidade das chuvas afetam a sociedade, a economia e a dinâmica natural do planeta.

No Brasil, devido à grande extensão territorial, encontramos diferentes dinâmicas pluviométricas, influenciadas pelas características físicas do território, pela dinâmica atmosférica atuante e pela variação latitudinal. Diferentes regimes de precipitação são observados no Brasil, sendo que a sua distribuição espacial e temporal (diária, mensal e anual) deriva efeitos diretos e indiretos no espaço. Assim, nesta pesquisa, a área de estudo limitou-se ao estado do Paraná, mais precisamente à Bacia do Alto Iguaçu, região metropolitana de Curitiba, Figura 1.

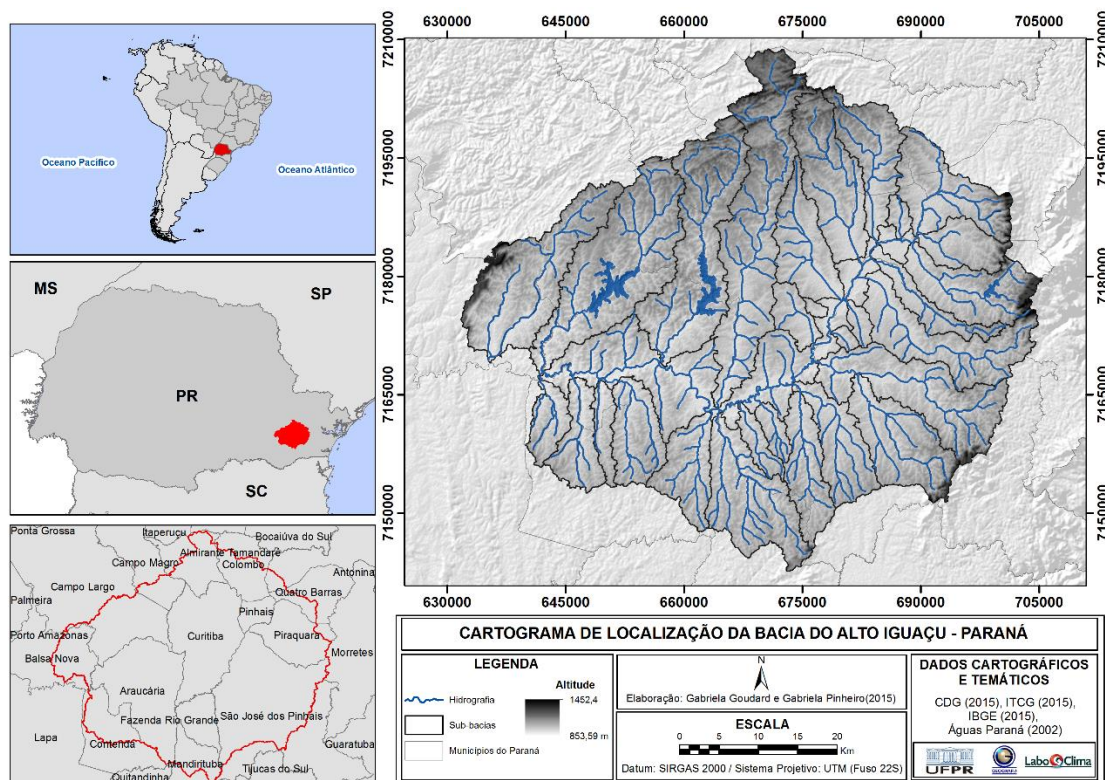


Figura 1 - Localização da Bacia do Alto Iguaçu.

A área a ser estudada possui, segundo o IBGE (2010), um total de 2.777.317 habitantes, ocupando uma área total de 3977,7 Km², com uma densidade média de 983,75 hab./Km² e a altitude varia de 850m a 1450m. A região encontra-se inserida no contexto global, o qual constitui parte do cenário das mudanças climáticas globais e participa, portanto, do jogo de causas e consequências do processo. A interação entre a dimensão regional e a dimensão global do fenômeno constitui o centro da análise no que concerne a variabilidade pluviométrica. Dessa forma, o foco principal de análise remete ao estudo da variabilidade pluviométrica e sua repercussão espaço-temporal, associando abordagens qualitativa (dinâmica) e quantitativa (estatística).

A Bacia do Alto Iguaçu foi definida como área de estudo, pois experimentou intenso processo de crescimento da população nas últimas décadas, apresentando tendência de crescimento da população e continuidade na taxa deste crescimento, sendo que a perspectiva é de 2,1% a.a., entre os anos de 2010 e 2020. As estimativas são de 1,39 milhões de pessoas até 2020 no núcleo central e de 3,5 e 4,2 milhões de habitantes na RMC. Os vetores de expansão urbana em percentual e seus respectivos municípios são de 18,63% em Colombo; 2,14% em Rio Branco do Sul; 4,09% em Campina Grande do Sul; 1,75% em Quatro Barras; 8% em Pinhais; 5,76% em

Piraquara; 19,99% em São José dos Pinhais; 10,04% em Fazenda Rio Grande; 9,58% em Araucária; 6,12% em Campo Largo; e 2,69% em Campo Magro. Todos estes municípios estão inseridos nas sub-bacias do Alto Iguaçu.

Toda esta dinâmica populacional depara-se com importantes restrições físicas, bióticas e legais, representadas tanto pela alta rugosidade do relevo (porção centro-norte da área), quanto pelas extensas áreas planas nas quais o espraiamento das águas decorre em históricos problemas de inundações urbanas. Portanto, as áreas projetadas para absorver estes acréscimos deverão ser objeto de intervenção orientada, tendo em vista a formação de riscos e vulnerabilidades socioambientais em face das mudanças climáticas globais.

Dentre as restrições à expansão urbana, as inundações compõem o mais importante fenômeno na área em estudo, como apontado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), Paraná (2007), a partir do diagnóstico dos recursos hídricos em 65 sub-bacias para o plano de desenvolvimento do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. Dessa forma, este estudo concluiu que 2,41 milhões de pessoas, ou seja, 91% da população da RMC, residem nas sub-bacias do Alto Iguaçu (PARANÁ, 2007, p. 72).

Diante de toda essa problemática, torna-se possível verificar que as sub-bacias do Alto Rio Iguaçu, na qual está inserida parte importante da RMC, estão suscetíveis a inúmeros riscos e sua população, em especial a de baixa renda, está vulnerável a problemas socioambientais de diversas naturezas. Considerando-se que, segundo os cenários traçados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), os eventos climáticos tendem a se modificar e se intensificar cada vez mais, pode conjecturar que a problemática da relação entre a urbanização, eventos climático extremos e as inundações na área tendem a se agravar; portanto, os riscos e as vulnerabilidades socioambientais da população tendem a se intensificar.

Para tanto, os estudos no sentido de compreender a variabilidade pluviométrica espaço-temporal, assim como análise de tendências futuras para eventos extremos de precipitação ligados à dinâmica pluviométrica e as possíveis mudanças nos regimes de chuva no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR, desempenham papel importante como ferramenta de auxílio no manejo dos riscos e vulnerabilidades perante os eventos de inundação, assim como no enfrentamento/mitigação e adaptação em áreas de assentamentos humanos, sendo

relevantes em face das mudanças climáticas em curso. Considerando-se estas problemáticas, questiona-se:

- Como se estabelece a distribuição espaço-temporal da pluviosidade na região?
- A Bacia do Alto Iguaçu apresenta características homogêneas em relação à distribuição anual e sazonal das chuvas?
- As tendências pluviométricas globais são perceptíveis na escala regional?
- Quais as relação de influência temporal e espacial dos fenômenos El Niño e a Temperatura do Mar/Atlântico Sul na variabilidade pluviométrica?

1.2 HIPÓTESE

Segundo o Relatório de Avaliação Nacional/Bases Científicas (RAN-1), do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014), a projeção para mudanças da precipitação para a ampla região Sul da América do Sul prevê tendência de aumento de precipitação até 2040, de 5% a 10%. Já as projeções regionais, do RAN-2, mostram grau mais elevado de incerteza quando objetivam prever mudanças no regime de chuvas. Para o inverno – meses de junho, julho e agosto – de 2020, o índice pluviométrico diverge entre -5% e 3%. Similarmente, no verão – meses de dezembro, janeiro e fevereiro – de 2020, sua variação vai de -3% a 5%, no mesmo período. As projeções de extremos, segundo o IPCC AR4 (MEEHL *et al.*, 2007; TEBALDI *et al.*, 2006), sugerem, para boa parte do Brasil, aumento na frequência de extremos de chuva, no Sul e Sudeste do Brasil, assim como eventos de El Niño mais frequente, persistente e intenso.

Dessa forma, a tese parte da hipótese que a Bacia do Alto Iguaçu, onde se localiza o Aglomerado Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba, apresenta conformidade com as informações expostas, evidenciando tendência positiva – presente e futura – de aumento na frequência e na intensidade dos eventos extremos, além de apresentar características específicas de distribuição espaço-temporal da pluviosidade, em virtude dos fatores estáticos e dinâmicos. Acredita-se que estes eventos estão associados a anomalias de ENOS (El Niño Oscilação Sul) e TAS/Atlântico Sul, os quais influenciam na variabilidade pluviométrica.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da tese é compreender a variabilidade pluviométrica, assim como analisar tendências futuras para eventos extremos no aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR, em especial as áreas localizadas na Bacia do Alto Rio Iguaçu.

1.3.1 Objetivos Específicos

- 1** Mapear e analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade na Bacia do Alto Rio Iguaçu, nas escalas anual, sazonal e diária;
- 2** Identificar e analisar tendências das condições pluviométricas extremas no último século;
- 3** Estabelecer correlação entre os dados diários e possíveis teleconexões entre ENOS 3.4 e TSM no Atlântico.
- 4** Contribuir para a compreensão da gênese pluvial da área de estudo.

2 METODO

2.1 DA GEOGRAFIA DO CLIMA A ESCALA DE ANÁLISE

A Meteorologia e a Climatologia permaneceram por um longo período da história do homem como parte de um só ramo do conhecimento no estudo da atmosfera terrestre (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Os estudos referentes a estas duas ciências, assim como as diferenciações e delimitações encontradas durante a fase positivista, as distanciam do mesmo objeto básico de estudo, a atmosfera.

Em aplicação, a Climatologia e a Meteorologia apresentam muitas interfaces e pontos de encontro, como a transferência rica de ideias, conceitos, métodos e enfoques. Separar estas duas disciplinas supõe parcelar o conhecimento, sendo que ambas as ciências se integram e necessitam de uma relação mútua. A Meteorologia estabelece a escala temporal de estudo e a Climatologia apresenta o componente espacial. Dessa forma, ambas as ciências permitiram e permitirão o avanço da ciência nos últimos tempos.

Para compreender a significação climática em sua escala temporal, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece, de forma geral, 30 anos como longitude recomendável de registros meteorológicos, validando, assim, os demais índices estatísticos. Dessa forma, J. O. Ayode, na década de 1980, define o conceito de clima como “a síntese do tempo num determinado lugar durante um período de 30 a 35 anos.”

Ainda, segundo as primeiras definições clássicas, estas revelam preocupação com o entendimento e características do clima em termos do comportamento médio dos elementos atmosféricos. Segundo J. Hann (1908), o clima pode ser definido como “o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto qualquer da superfície terrestre”. Já W. Köppen (1948), o elucida como “estado médio e processo ordinário do tempo de um lugar determinado”. Através destas concepções, foram elaborados diversos métodos estáticos de análise vinculados à classificação climática quantitativa, como as categorizações através do uso das médias diárias, mensais e anuais. O uso destas técnicas ofuscam o caráter dinâmico da atmosfera, mascarando o caráter diário dos dados.

Nota-se que a discussão permeia e evolui por algumas décadas. Maximilien Sorre (1936) define como “série de estados da atmosfera sobre um lugar e sua sucessão no ritmo habitual”. Este autor elucida um novo paradigma, considerando as propriedades formadoras dos tipos de tempo, as quais interagem com as características específicas dos lugares, desta forma, contemplando situações atmosféricas habituais e excepcionais. Sorre buscou salientar o caráter dinâmico das propriedades meteorológicas, introduzindo as noções de variação e ritmo na sucessão dos tipos de tempo, inovando o conceito de clima pelo fato de considerar que os estados da atmosfera se desenvolvem em uma sequência rítmica, sugerindo, assim, um método dinâmico/genético.

Em uma releitura deste conceito sorreano do clima, Martín-Vide (2002) admite que atualmente os estudos climáticos possuem a capacidade de predição, pois existe elevado número de estudos climatológicos que incluem a modelização do clima, permitindo inferir consequências sobre o clima futuro e algumas de suas variabilidades.

Nota-se que independente da década, a compreensão da variabilidade climática como uma das características essenciais do comportamento do sistema climático impulsionou os estudos de climatologia ao longo dos anos. Como subsídio teórico, Monteiro utilizou a Teoria Geral de Sistemas para defender uma nova base teórica para estudos de clima urbano no Brasil, intitulado “Teoria e Clima Urbano”. O método sistêmico, por meio dos elementos que compõem a paisagem geográfica, resulta em uma unidade dinâmica, a qual possui inter-relações entre elementos físico, biológico e antrópico.

Esta teoria (*General System Theory*) foi pensada por meio da necessidade de entender a dinâmica que envolve os fluxos de matéria e energia da natureza, bem como sua conservação e dissipação, não respondida pelo viés cartesiano-newtoniano. Sob a perspectiva TGS, um conjunto sistêmico se organiza com base nas inter-relações entre as unidades, onde o todo é mais complexo que a soma das partes. Portanto, os sistemas possuem atributos, elementos ou unidades, entradas e saídas de matéria e energia, fluxo e informação. Assim, ao conhecer e compreender as leis que fundamentam o sistema, conhece-se seu comportamento, tanto das suas subunidades, quanto do seu todo.

A esse respeito, destaca-se que a TGS forneceu auxílio na formação de concepções mais completas e complexas de sistema. Esses sistemas possuem caráter energético-substancial de componentes inter-relacionados em ligações múltiplas (diretas e inversas), em unidades formadas por objetos, onde são destacadas três formas de mudança – a dinâmica da “operação, evolução e transformação”. Cabe também citar que os sistemas só fazem sentido a partir de três conceitos, que são o todo, as partes e a inter-relação, onde há a necessidade de formar o sistema ambiental de maneira integrada. Entretanto, as partes devem ser entendidas em sua estrutura e funcionamento (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

Dentro desta perspectiva da climatologia, Monteiro (1976) sugeriu uma hierarquização dos subsistemas climáticos em que estes se encontram integrados através da troca dos fluxos de energia e de matérias neles contidas. Para o autor, o sistema climático possui uma estrutura global, na qual estes estão organizados horizontalmente (estrutura) e verticalmente (função). Esta estrutura recorre à ideia de uma árvore com suas ramificações (Figura 2) e esta representação foi dada por expressar dinamicidade e por revelar as relações entre partes e, sobretudo, por admitir implicitamente a noção de crescimento e evolução do sistema. Dentro desta estrutura estão contidos os subsistemas zonal (diversificação do todo), regional (organização espacial das unidades climáticas) e local (especialização do todo).

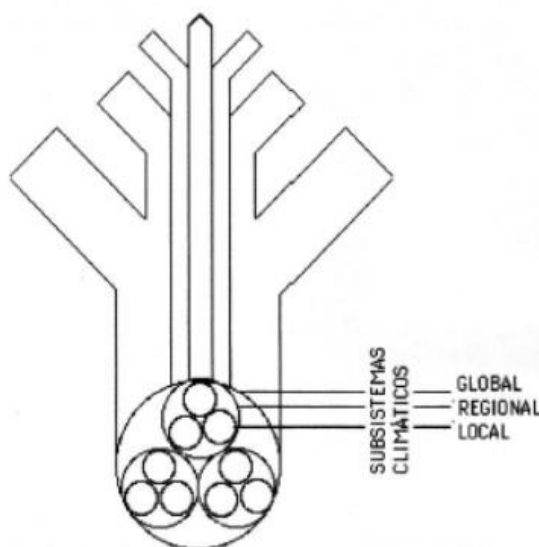


Figura 2 - Perspectiva Sistêmica da Climatologia
Fonte – Koestler, 1971

Segundo Monteiro (2003), a TGS não exige nenhum rigor de ordem de grandeza para que se construa um sistema, sua montagem deve ser feita, primordialmente, em função dos objetivos. Assim, o estudo da variabilidade das chuvas na Bacia do Alto Iguaçu, no contexto admitido, requer para seu entendimento, identificar os atributos e os controles climáticos compreendidos pela escala regional da dimensão do espaço. Na análise do tempo, admite-se a escala contemporânea de análise do clima, na qual são estabelecidas as análises dos tipos de tempo, variabilidade climática de curta duração, tendências climáticas e o estabelecimento de médias (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Assim, a variabilidade é entendida, neste contexto, como fenômeno temporalmente híbrido, ou seja, como um tipo de variação climática ligada ao tempo histórico recente ou contemporâneo, inerente ao sistema climático, que indica flutuações de grande escala na atmosfera e é representada com bastante clareza a partir das escalas (inter)sazonais e (inter)anuais. Além disso, cabe considerar que existe uma significativa dificuldade de separação ou encontro do limiar entre o processo natural e influências antropogênicas e vice-versa.

Resumidamente, a variabilidade é o conjunto das (des)continuidades, (as)ritmias, variações entre máximas e mínimas que podem ocorrer de forma sequencial ou não, e/ou com ausência e presença de padrão específico. A variabilidade é calculada e representada a partir de um valor fixo (média), considerado habitual (normal) e, por isso, necessita de análises estatísticas.

A metodologia norteadora da presente proposta é o método hipotético-dedutivo, aquele que orienta a prática da pesquisa a partir de conhecimentos e constatações mais gerais para verificá-los, de forma amíuade, na perspectiva do detalhe. Assim, e confiante nas assertivas gerais do IPCC (2007) com relação à intensificação do aquecimento climático global e suas repercussões regionais e locais, a pesquisa parte de um cenário planetário de mudanças climáticas globais para examinar as repercussões regionais e locais das mesmas. Neste contexto, tomando em especial os municípios localizados na região metropolitana de Curitiba (RMC), esta pesquisa auxiliará nas situações de adaptações e mitigações ao problema global, principalmente os problemas ligados às chuvas extremas ocasionadoras de inundações urbanas.

A tese foi elaborada em conformidade à perspectiva da Teoria de Sistemas. Nesta pesquisa, utilizou-se a estrutura apresentada pela Figura 3 como escala do trabalho, apoiando-se na ideia de hierarquização do clima e que estes se encontram articulados e interligados.

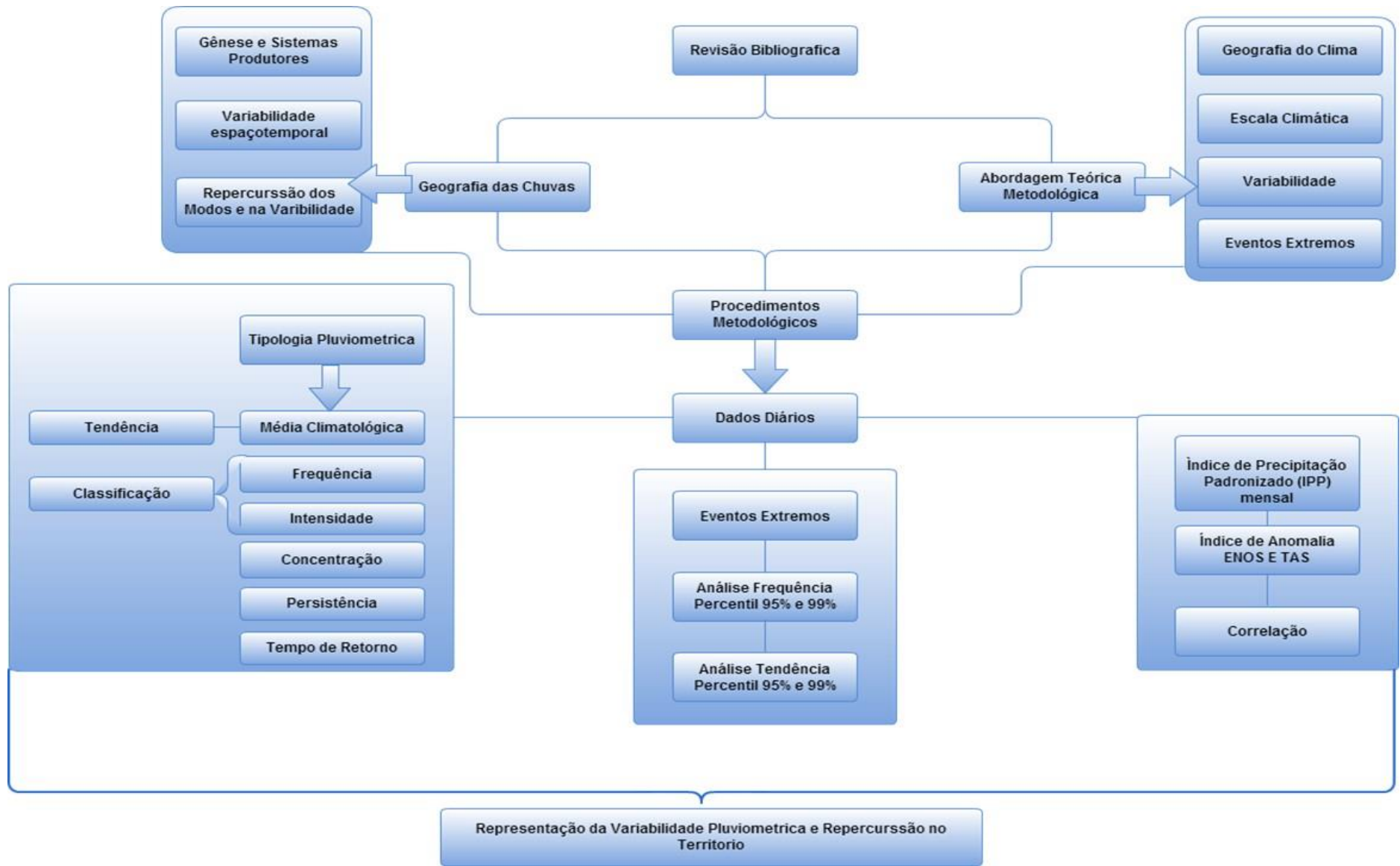


Figura 3 Fluxograma dos encaminhamentos metodológicos

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1 Coleta e Homogeneização dos Dados Pluviométricos

Segundo Martín-Vide (2003), em Climatologia os dados diários são fundamentais para a qualidade da investigação, uma vez que fornecem referências que admitem conhecer a estrutura temporal dos fenômenos. Ademais, a estrutura diária contribui para o desenvolvimento do conhecimento de possíveis variações e tendências por força das variabilidades. Desta forma, para se calcular todas as variáveis, foram utilizados dados diários. Esses dados foram coletados no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA), na página da HIDROWEB e as estações utilizadas pertencem à ANA e à COPEL (Companhia de Águas do Paraná).

A maioria destes postos pluviométricos correspondem a um simples pluviômetro analógico, o qual requer atenção diária, ou seja, constante manutenção. Por isso, em alguns casos específicos podem incidir problemas de inconsistências, que causam falhas ou ruídos nas séries de registros históricos, os quais são repassados à ANA, a Instituição Pública responsável por gerenciar o banco de dados utilizado neste trabalho.

Outros fatores podem contribuir para a disseminação de erros ou falhas nos registros, como as alterações de instrumentos, troca do método de observação, mudança de localização do equipamento (urbanização e/ou uso do solo); inclusive, as condições climáticas locais podem afetar ou induzir a erros de apontamento, para mais ou para menos e até mesmo motivar a omissão de registros.

Em Climatologia, uma série temporal é considerada homogênea se as variações existentes na mesma são originadas simplesmente pelo tempo e pelo clima, ou seja, não são afetadas por fatores não climáticos que fazem com que os dados não representem fielmente o comportamento do clima (COSTA e SOARES, 2009). A análise de dados históricos das variáveis meteorológicas é o principal fundamento de um estudo climatológico. Este estudo visa entender o comportamento do clima, detectando possíveis variações, mudanças ou tendências, de forma a caracterizar fatores climáticos de um local ao longo do tempo.

Para tanto, existem diversos testes estatísticos que podem ser empregados na análise do comportamento de séries temporais. Alguns destes testes analisam as homogeneidades destas séries, considerando o período em que ocorrem,

subsequentemente, detectando possíveis quebras. Este tipo de análise tem por objetivo detectar se a não homogeneidade da série está relacionada a fatores climáticos ou não climáticos.

Existem dois grupos distintos de testes que podem ser utilizados para realizar essa análise. Estes grupos são referidos como testes absolutos e relativos (COSTA e SOARES, 2009). No primeiro grupo, o teste é aplicado separadamente para cada série de uma estação. No segundo, o teste utiliza as séries de estações vizinhas que, presumidamente, são homogêneas. Além de detectar “quebras” na estrutura das séries, os grupos de testes indicam as datas onde estas ocorreram.

Dessa forma, a literatura atual sugere que os dados sejam submetidos a um processo rigoroso de controle de qualidade, que normalmente corresponde a um teste de consistência e homogeneização, com a finalidade de corrigir os registros ou saltos indesejados nas séries.

Segundo Guijarro (2004) o uso dos computadores se caracterizou como grande avanço nos últimos anos, pois aponta expressivo suporte em matéria de processamento de grandes volumes de dados em curto espaço de tempo, o que claramente está condicionado à escala longitudinal das séries empregadas. O objetivo deste processo é restaurar e completar as séries por meio de estimativas de registros de dados ausentes, os quais atualmente são possíveis e com maior grau de confiança ao valer-se de métodos e técnicas estatísticas específicas. Para este trabalho específico, as estações que não apresentaram longitude temporal delimitada ou falhas no teste “*Climatol*” foram suprimidas.

Nesta importante etapa de preparação da tese foi utilizado o algoritmo R, um sistema de computação que oferece ampla variedade de provas estatísticas e inúmeros recursos para representações gráficas dos resultados.

O programa R se originou a partir da linguagem S criado nos anos 80 (século XX). É um *software* de domínio público, que se sobressai na execução de análise estatística usada na Climatologia Analítica. Para Nery e Meseguer-Ruiz (2014), o R é uma ferramenta útil e preparada para o exame e tratamento de dados, principalmente climatológicos, por apresentar uma série de exames estatísticos de grande utilidade, tais como: testes paramétricos e não paramétricos, as modelizações lineares e não lineares, as análises de séries temporais, simulações e estatísticas espaciais ou simplesmente estatísticas descritivas.

Conforme explica Strangeways (2007, *apud* NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014), para esta etapa da pesquisa é apropriado o uso da ferramenta R (*Climatol*), pois permite o preenchimento dos apontamentos ausentes conservando a coerência das série pluviométrica.

Neste caso, a área de estudo foi subdividida em seis grupos de três estações ou mais, onde ao menos uma estação possuía sua série completa para que o processo de homogeneização fosse aplicado corretamente. Foram estabelecidos dois critérios simples para a formação dos conjuntos: a) proximidade entre as estações e b) similaridades de altitudes em relação ao nível do mar. Critérios igualmente empregados por Nery e Meseguer-Ruiz (2014) para completar as lacunas e correções de *outliers* em séries que compõem o trabalho que publicaram sobre a análise comparativa da variabilidade da temperatura do oceano *versus* a precipitação no nordeste brasileiro. Nos casos de não haver possibilidades de comparações, a estação problema era descartada para garantir a qualidade da base de dados. No final do procedimento, estiveram aptos 18 postos pluviométricos (Figura 4) e Tabela 1, (em cinza) dentre os 30 existentes na área, os quais possuíam dados históricos originais à escala diária, correspondente ao período comum entre eles de 31 anos lineares (1980-2010).

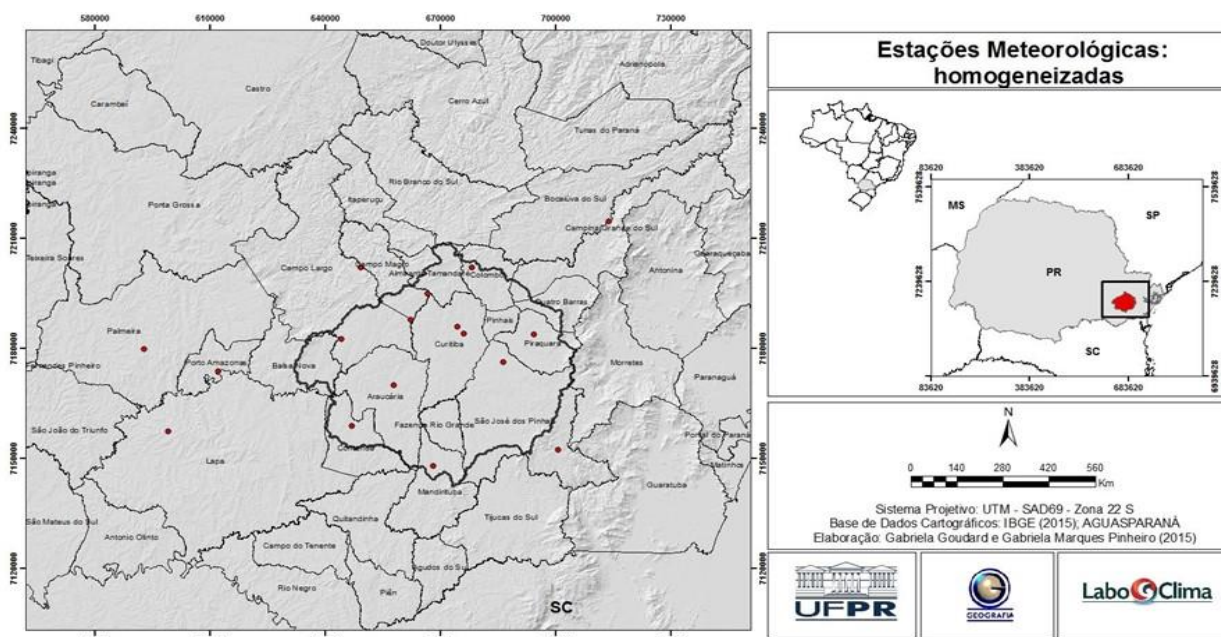


Figura 4 - Localização das Estações Meteorológicas Utilizadas

Tabela 1 - Estações Meteorológicas Seleccionadas

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	CÓDIGO	RESPONSÁVEL	OPERADORA	ALTITUDE
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário	2549077	ANA	Aguas Paraná	940
Araucária	Campina das Pedras	2549082	ANA	Aguas Paraná	862
Campina Grande do Sul	Praia Grande	2548001	ANA	Aguas Paraná	750
Campina Grande do Sul	Posto Fiscal - Km 309	2548036	Aguas Paraná	Aguas Paraná	702
Campina Grande do Sul	UHE - Capivari Cachoeira Jusante	2548040	COPEL	COPEL	670
Campo Largo	Itaqui	2549019	Aguas Paraná	Aguas Paraná	956
Campo Largo	Bateias	2549045	Aguas Paraná	Aguas Paraná	890
Campo Largo	Três Córregos	2549047	Aguas Paraná	Aguas Paraná	800
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	2549048	Aguas Paraná	Aguas Paraná	800
Campo Largo	Colônia Don Pedro	2549080	ANA	Aguas Paraná	895
Colombo	Colombo - SE	2549090	Aguas Paraná	Aguas Paraná	977
Contenda	Contenda	2549040	Aguas Paraná	Aguas Paraná	900
Curitiba	Prado Velho	2549075	ANA	Aguas Paraná	884
Curitiba	Curitiba	2549006	ANA	Aguas Paraná	924
Mandirituba	Mandirituba	2549062	Aguas Paraná	Aguas Paraná	920
Piraquara	Mananciais da Serra	2548041	Aguas Paraná	Aguas Paraná	1048
Piraquara	Piraquara	2549004	ANA	Aguas Paraná	810
Quatro Barras	Quatro Barras	2549042	Aguas Paraná	Aguas Paraná	936
São José dos Pinhais	Ilha do Rio Claro	2548052	Aguas Paraná	Aguas Paraná	232
São José dos Pinhais	Fazendinha	2549017	ANA	Aguas Paraná	910
São José dos Pinhais	UHE CHAMINÉ	2548013	COPEL	COPEL	800
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	2549007	COPEL	COPEL	750
Porto Amazonas	Porto Amazonas	2549001	COPEL	Aguas Paraná	793
Palmeira	Colônia Witmarsum	2549065	Aguas Paraná	Aguas Paraná	950
Palmeira	Vieiras	2550041	Aguas Paraná	Aguas Paraná	892
Palmeira	Mandacaia	2550042	Aguas Paraná	Aguas Paraná	950
Lapa	Pedra Alta	2549059	Aguas Paraná	Aguas Paraná	903
Lapa	Pedra Lisa	2550028	Aguas Paraná	Aguas Paraná	929
Guaratuba	Pedra Branca	2548020	Aguas Paraná	Aguas Paraná	150

2.2.2 O Kriging ou Krigagem – Surfer

O *Surfer* é um programa de mapeamento baseado em *grid*, que interpola dados espaçados irregularmente (XYZ) em uma grade regularmente espaçada. Este algoritmo possui um amplo conjunto de métodos *gridding*. Logo, esta variedade de métodos possibilita diferentes interpretações para os dados a serem processados, permitindo a escolha do método mais adequado de acordo com as necessidades de análise. Assim, diferentes tipos de mapas, como os de contorno, base, pós-mapa, pós-

classificado, imagem, relevo protegido, vetor de grade, superfície 3D, mapas e *wireframe* 3D, entre outros, podem ser criados, modificados e exibidos.

Para este trabalho, o mais utilizado foi o Mapa Base ou *Base Map*, para se exibir os limites da área estudada. Os mapas apresentados principalmente no Capítulo 4, que trata das discussões e resultados alcançados, derivaram da aplicação do método *kriging*, que disponibiliza ao menos uma dúzia de modelos estatísticos. A interpolação realizada nesse estudo climático utilizou, basicamente, três tipos: linear, gaussiano e exponencial, conforme as fórmulas expostas abaixo, para as interpolações usando o *Surfer* versão 10. Entretanto, o modelo que melhor respondeu aos anseios foi o linear, que se ampara no método de regressão geoestatística amplamente usado para cálculo de variáveis climatológicas por proporcionar melhores resultados nas distribuições espaciais das isolinhas. Tal procedimento metodológico foi criado a partir da dissertação de mestrado do sul africano Daniel G. Krige, posteriormente aperfeiçoado por Georges Matheron. As equações exibem as fórmulas dos modelos mais utilizados:

$$\text{Modelo linear} \rightarrow v = c_0 + ch$$

$$\text{Modelo gaussiano} \rightarrow v = \begin{cases} c_0 + c \left(1 - e^{-\frac{h^2}{a^2}} \right), & seh < a \\ c_0 + c, & seh > a \end{cases}$$

$$\text{Modelo exponencial} \rightarrow v = c_0 + c \left(1 - e^{-\frac{h}{b}} \right)$$

2.2.3 Métodos Estatísticos Aplicados

As mudanças climáticas locais são medidas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas, a exemplo da temperatura do ar e da precipitação pluvial. De acordo com as tendências destas variáveis para um determinado local é observado se ocorreram mudanças no clima. Entretanto, para melhor definir esta questão, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou um grupo de trabalho que elaborou índices de detecção de mudanças climáticas. Ao todo, foram definidos 27 (vinte e sete) índices, sendo que alguns destes são aplicados para latitudes médias, outros para os trópicos e parte deles são válidos para qualquer local. Destes índices, 11 são decorrentes da precipitação e 16 da temperatura do ar (IPCC,

2002). A Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices - ETCCDMI) foi estabelecida em conjunto com o CCI/CLIVAR, conselho que monitora índices climáticos.

Na Tabela 2 estão apresentados os índices climáticos derivados da precipitação pluvial diária recomendados pelo ETCCDMI. Neste estudo, foram privilegiados os índices pluviométricos, dos quais foram contemplados a precipitação total anual nos dias úmidos, (PRCPTOT), índice simples de intensidade diária (SDII), dias consecutivos úmidos (DCU), número de dias com precipitação acima de mm definido pelo usuário (Rnn), dias muito úmidos (R95p) e dias extremamente úmidos (R99p). Cabe ressaltar que estes índices foram escolhidos e adaptados como parâmetro de análise para compreender a variabilidade pluviométrica e não somente as mudanças climáticas, e que estes não foram desenvolvidos no plataforma R ClimDex (Zhang e Yang, 2004), e sim com outras plataformas e ferramentas.

Tabela 2 - Índices climáticos dependentes da precipitação pluvial diária, com suas definições e unidades, onde RR é o valor da precipitação diária

ID	Nome do Indicador	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos (RR \geq 1mm)	mm
SDII	Índice simples de intensidade diária	Precipitação total anual dividida pelo número de dias úmidos	mm/dia
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com RR com RR<1mm	dias
DCU	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias consecutivos com RR \geq 1mm	dias
Rx1day	Quantidade máxima de precipitação em um dia	Máximo anual de precipitação em 1 dia	mm
Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em cinco dias	Máximo anual de precipitação em 5 dias consecutivos	mm
R10	Precipitação de um dia superior a 10mm	Número de dias no ano com precipitação \geq 10mm	dias
R20	Precipitação de um dia superior a 20mm	Número de dias no ano com precipitação \geq 20mm	dias
Rnn	Número de dias com precipitação acima de nmm, definido pelo usuário	Número de dias em 1 ano em que a precipitação foi \geq nmm, definido pelo usuário	dias

R95p	Dias muito úmidos	Precipitação anual total em que RR>95 percentil	mm
R99p	Dias extremamente úmidos	Precipitação anual total em que RR>99 percentil	mm

2.2.3.1 Precipitação total anual nos dias úmidos

Foram utilizados diversos parâmetros estatísticos na análise dos dados pluviométricos para as séries pluviométricas. A análise da precipitação total anual para os dias úmidos foi utilizada com o objetivo de definir a variabilidade temporal do total anual de chuva, assim como para analisar possíveis tendências.

Primeiramente foi utilizado o parâmetros estatísticos da média para o cálculo das normais climatológicas. Esse parâmetro foi utilizado para o Total Anual, assim como para os Totais Sazonais na análise dos dados pluviométricos para as séries pluviométricas. A representação matemática da estatística é:

$$\text{Média: } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Sendo \bar{x} o valor médio da variável precipitação, podendo tratar-se de uma média mensal ou anual, por exemplo; $\sum x_i$ é o somatório de todos os dados, sejam mensais ou anuais, e n a quantidade de dados envolvidos no cálculo da média.

2.2.3.2 Número de dias com precipitação /Frequência

Foram realizados cálculos de frequência para cada estação durante os 31 anos de análise. Segundo Herrezuelo (2003), os índices relacionados com a frequência da precipitação denotam o número de eventos chuvoso em um certo intervalo de tempo, tomando como índices de frequência o número de dias de chuva e a duração de períodos secos. Para calcular esta variável, foram consideradas precipitações diárias e a quantidade de chuva coletada em 24 horas superiores a 0,01 mm.

A análise da frequência não se pauta apenas em estabelecer o número de dias com precipitações, sendo necessário, também, discriminar os distintos tipos de

precipitação que variam de acordo com o regime pluviométrico do recorte espacial de estudo. Desta forma, foram calculadas as frequências total e sazonal, assim como foram elaboradas categorias distintas de tipos de precipitação para obter o máximo de informação referentes a sua variabilidade.

Desta forma, foi utilizado e adaptado o método de Herrezuelo (2003), similar ao de Haylock e Nicholls (2000), que pauta-se no cálculo de umbral móvel para classificar o tipo de precipitação ocorrente. O umbral móvel foi escolhido, pois trabalha com as características reais de localização e entorno específico de cada estação meteorológica.

Sendo assim, foram estabelecidos 5 categorias de análise da precipitação, seguindo os padrões sugeridos pela OMM, que conceitua evento chuvoso desde que haja registros superior a 0,1 mm.

Desta forma, foram analisados os dados diários de cada uma das estações meteorológicas, assim como os cálculos do percentil 95% para cada uma delas, utilizados como umbral móvel. Deste modo, foram tomadas as seguintes categorias:

Chuva Ligeira – Se considera o número de registros contidos entre o intervalo de $0,1 \text{ mm} < \text{quantidade de chuva/evento} \leq 2,5 \text{ mm}$.

Chuva Moderada – Todos os registros compreendidos entre o intervalo $2,5 \text{ mm} < \text{quantidade de chuva /evento} \leq 7,5 \text{ mm}$,

Chuva Intensa – Nesta categoria estão inclusos os eventos chuvosos cujo o registro são superiores a 7,5 mm
< quantidade de chuva /evento $\leq 15,0 \text{ mm}$.

Chuva Muito Intensa – Registros que cumpram a condição de serem superiores a $15 \text{ mm} < \text{quantidade de chuva /evento} \leq \text{umbral de cada estação}$.

Chuva Extrema – pode-se considerar dados superiores ao umbral estabelecido a partir do cálculo dos valores de 95% percentil.

2.2.3.3 Índice simples de intensidade diária

O conhecimento da intensidade da precipitação pode ser compreendido através da análise das quantidades máximas de chuva em um dia. Este tipo de estudo considera as variações da frequência e da intensidade dos eventos de precipitação intensa, os quais causam um grande impacto na sociedade e no meio ambiente. Este tipo de estudo apresenta informação quanto à análise dos eventos extremos, assim

como mediante ao estudo de períodos de retorno, oferecendo possibilidades de compreensão dos efeitos a períodos mais longos que o observado.

Deste modo, o cálculo da intensidade da precipitação foi cometido pelo coeficiente da quantidade de chuva acumulada em todo o período de estudo e o número de dias chuvosos para este período, para cada uma das estações. Esta variável foi calculada considerando todo o período de análise e em escala sazonal. Igualmente às categorias aplicadas à análise da frequência, foram aplicadas as mesmas categorias de tipos de precipitação para obter o máximo de informação referentes a sua intensidade.

$$IP = \frac{PMA}{NDC}$$

Sendo *IP* a intensidade pluviométrica; *PMA* a precipitação pluvial média anual e *NDC* o número de dias de chuva (frequência).

2.2.3.4 Dias consecutivos úmidos/ Persistência

O estudo de séries climáticas ou de dados climáticos sequenciais pode revelar comportamentos repetidos, sequenciais constituídos por dias consecutivos com um mesmo caráter, chuvoso, ensolarado, dentre outras. A análise estatística de tal fenômeno, que obriga o emprego de probabilidades condicionadas, é de grande interesse para a própria previsão meteorológica. Se um determinado estado meteorológico aparece em sequências de vários dias seguidos, a ocorrência do mesmo eleva significativamente a probabilidade de voltar a ocorrer na jornada seguinte.

Segundo os casos estudados por Martín-Vide (2003), a dependência entre sucessivos dias de chuva são evidentes, isto quer dizer que existe maior possibilidade de chover um dia tendo chovido no dia anterior do que em relação a um dia anterior seco. Esta inércia, ou característica, e a própria década variável climatológica e recebe o nome de persistência (Martín-Vide, 1987; 2003). A variável temperatura, por apresentar uma característica de caráter contínua, é mais persistente que a precipitação. Desta forma, um estado meteorológico (chuvoso, seco e normal) pode

ser avaliado mediante uso de coeficientes de persistência e deriva-se da inércia dos tipos de circulação atmosférica e os tipos de situações sinóticas (Martín-Vide, 1987)

Desta forma foram contabilizados o número de sequências chuvosas registradas na área de estudo e sua duração. Define-se sequência ou racha uma sucessão contínua de um estado previamente determinado, como neste caso, precipitação diária acima de 0,1 mm. Considerou-se sequência de chuva a sucessão de dias de precipitação antecedida por um dia seco e finalizada por um dia seco.

Posteriormente, foram contabilizadas todas as sequências chuvosas e calculada a duração média, em dias. Ademais, representou-se a sequência chuvosa máxima registrada em cada uma das estações meteorológicas.

O objetivo dos cálculos de persistência foi constituir o tratamento empírico de sequências chuvosas e contabilizar os diferentes tipos de sequências máximas para cada uma das estações utilizadas. Ademais, especializou-se a distribuição das sequências constituídas por dias de precipitação, segundo sua duração e número de dias de precipitação. Este enfoque supõe um avanço no conhecimento da estrutura temporal da precipitação diária. Neste caso, não se consideram as quantidades de precipitação diária, mas sim ocorrência ou não do fenômeno na sucessão de dias.

2.2.3.5 Dias Muito Úmidos e Dias Extremamente Úmidos (R95p e R99p)

Diferentes autores definiram eventos extremos de chuva seguindo metodologias diferenciadas e usando valores similares ou acima de um percentil (95%). Seguindo os parâmetros estabelecido pelo ETCCDMI, no que se refere aos eventos extremos, foi utilizado os percentis 95% e 99%, os quais representam, respectivamente, 5% e 1% das precipitações mais significativas em toda a série de dados estudada.

Os percentis podem ser entendidos como medidas que dividem a amostra ordenada (por ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada uma com uma percentagem de dados aproximadamente igual. Já Marcondes (1979, p. 149), esclarece que “os percentis são, pois, pontos de uma distribuição de frequência que determinam uma dada porcentagem de indivíduos que se localizam abaixo ou acima deles”. É de aceitação universal numerar os percentis de acordo com a porcentagem

de indivíduos existentes abaixo dos mesmos e não acima; assim, o valor que divide uma população em 90% abaixo e 10% acima é o percentil 90.

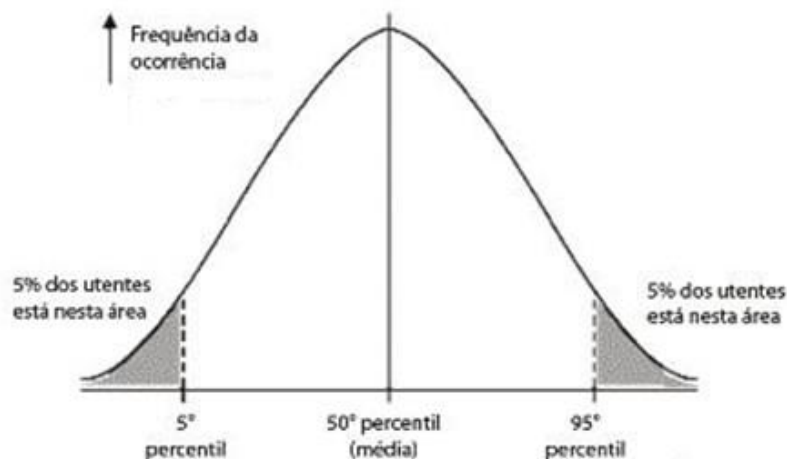


Figura 5 - Exemplo Percentil 95%

2.2.4 Teste de tendência - Mann Kendall

Segundo Yevjevich (1972) tendência pode ser definida como uma série temporal, como uma mudança sistemática e contínua, em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas.

Já segundo Goossens Berger (1986), flutuação climática é qualquer forma de mudança sistemática regular ou irregular, exceto a tendência e mudança abrupta. Oscilação climática é a flutuação na qual a variável tende a mover-se gradualmente e de forma suave entre sucessivos máximos e mínimos. A tendência climática é uma mudança climática caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro. A mudança climática abrupta é uma mudança abrupta e permanente durante o período de registro de um valor médio para outro.

Sendo assim, o modelo do *Excel "Makesens"* (SALMI *et al.* 2002) foi pensando para atender à execução do teste de *Mann-Kendall* (MANN, 1945; KENDALL, 1975). A planilha *Makesens* foi desenvolvida para detectar e estimar tendência em série histórica suficientemente longa de valores anuais de concentrações atmosféricas e precipitações. Por meio desta, se executam dois tipos de análises estatísticas. Primeiro, é verificada a existência de tendência monotônica, que pode ser crescente

ou decrescente, através do teste não paramétrico de Mann-Kendall. Em seguida, é examinada a inclinação da tendência linear, que é estimada através do método não paramétrico “Sen”, conforme explica Gilbert (1987).

Em uma série de variável climática, como a precipitação pluvial, pode ocorrer variações significativas ou não. O procedimento estatístico que analisa a existência de alterações é denominado de análise de regressão, onde são exibidas as representações dos valores com irregularidades do padrão, referentes ao período analisado. Clark & Hosking (1986) explicam que é pouco provável que as séries climáticas possuam tendências lineares. Por isso, se usa o método não paramétrico. Para Benhamrouche (2014), os modelos paramétricos têm limitações, pois admitem homogeneidade na variação ao longo das séries de chuvas que não correspondem à realidade da variável. Com a finalidade de não ser descartada nenhuma série histórica, o referido autor recorda que estas necessitam apresentar longitude temporal suficientemente longa.

O teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) foi usado para alcançar os resultados coerentes quando aplicado na região da Bacia do Alto Iguaçu. Os cálculos são efetuados através da planilha *Makesens* versão 1.0 desenvolvida por Tino Salmi do Instituto Meteorológico da Finlândia (SALMI *et al.*, 2002), por meio da ferramenta *Microsoft Excel 2010* e a macro do *Microsoft Visual Basic*. É avaliada a convergência linear crescente ou decrescente, ou seja, verifica-se a inclinação da reta e o grau de significância juntamente com a estimação “Sen” (SEN, 1968) da pendente para completar o teste de Mann-Kendall.

Para tanto, os valores anuais encontrados foram postos cronologicamente para o período de 31 anos (1980 a 2010), constituídos a partir de séries históricas diárias da precipitação de 18 postos pluviométricos por apresentarem boa consistência. Estes métodos de estudos estão recomendados pela OMM, sobretudo quando a variável climática analisada é a chuva. A planilha *Makesens* apresentada quatro folhas de trabalho: *About*, *Annual Data*, *Trend Statistics* e *Figure*.

A primeira folha, “*About*”, corresponde às informações resumidas sobre o uso da planilha. Na segunda, “*Annual Data*”, estão os dados anuais, ou seja, onde deverão ser inseridos os valores a serem calculados.

A terceira planilha é a “*Trend Statistics*” ou Tendência Estatística, onde são apresentados, de forma automática, os resultados estatísticos com base nos dados inseridos anteriormente. A existência ou não de tendência, será baseado nos níveis

de significância expostos na Tabela 3, os quais apareceram como resultado na planilha. É importante a valorização dos graus de significância estatística dos resultados, já que quanto mais alto é o grau de significância, mais fiel ou confiável eles podem ser; no mesmo sentido é a tendência.

Tabela 3 - Nível de Significância, símbolos e significância, teste de Mann Kendall

Níveis de Significância	Símbolos	Significância
Excelente	***	99,9 %
Muito Boa	**	99%
Boa	*	95%
Aceitável	+	90%
Duvidosa	Em branco	Menor que 90%

Finalmente, a quarta e última planilha, “*Figure*”, onde são mostrados os dados originais de forma resumida, além da figura com o gráfico modelo, onde será visualizada cada uma das estações relacionadas de forma individual.

2.2.5 Período de Retorno

O cálculo do período de retorno contribui para descrever a intensidade da chuva, dando uma aproximação da frequência dos eventos que podem ser relacionados com a precipitação extrema. De acordo com Chow (1993), a magnitude de um fenômeno pluviométrico extremo está relacionada de forma inversa com sua frequência de ocorrência; por exemplo, as precipitações intensas ocorrem com uma frequência menor que as moderadas. Além disso, Garcia (2003) enfatiza que o cálculo de período de retorno pode ser considerado um indicador de riscos de precipitação extrema de um lugar determinado.

Sendo assim, primeiramente foram calculados os índices de intensidade da precipitação e, posteriormente, foram realizados os cálculos de período de retorno. Os índices relacionados com a intensidade da precipitação determinaram a quantidade de água registrada em cada evento chuvoso e servem como complemento do estudo de frequência.

Posteriormente, foram calculados o período de retorno. O período de retorno (T) pode ser compreendido como a probabilidade de ocorrência de uma porcentagem de um evento em qualquer ano, como demonstra a Tabela 4.

Tabela 4 - Probabilidade de ocorrência por ano e porcentagem de ocorrência em qualquer ano.

T Anos	Probabilidade de ocorrência em qualquer ano	Porcentagem de ocorrência em qualquer ano (%)
1	1 em 1	100,0
5	1 em 5	20,0
10	1 em 10	10,0
50	1 em 50	2,0
100	1 em 100	1,0
200	1 em 200	0,5
500	1 em 500	0,2

Utilizou-se neste estudo, os termos período de retorno e intervalo de recorrência médio ambos para referir-se à recorrência da chuva. Segundo a NOAA, a expressão “intervalo de recorrência média” é utilizada para descrever a frequência de ocorrência da precipitação máxima, enquanto o termo período de retorno (T) é utilizado para descrever, em anos, a recorrência que um evento tarda para ser igualado ou superado. Desta forma, não se pode afirmar que a magnitude de um evento de chuva T só poderá ocorrer a cada T anos, ciclicamente. A probabilidade de tal magnitude, em qualquer período, segue sendo T-1, independente da ocorrência do evento no próximo ano ou em qualquer outro ano.

Sendo assim, com o intuito de se calcular o período de retorno, foram utilizadas simultaneamente a precipitação máxima em 24h para cada ano de cada mês, em particular. Esta escolha assegurou o êxito dos ajustes a uma distribuição de probabilidade dos valores máximos as series resultantes (BEGUEIRA E LORENTE, 1999).

Para se calcular o período de retorno, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$T(x) = \frac{1}{(1 - F(x))}$$

- T (x): Tempo de recorrência de uma precipitação de x milímetros, em anos.
- F (x): Probabilidade de ocorrência anual de um eventos inferior a x milímetros de precipitação

A teoria de valores extremos, em especial a distribuição de valores extremos do tipo I, também conhecida como distribuição de Gumbel, distribuição tipo I de Fisher-Tippet ou dupla exponencial, desenvolvida por Gumbel (1958), foi utilizada com o intuito de obter as quantidades máximas esperadas de precipitação em um dia em relação aos distintos períodos de retorno ou intervalo de recorrência em anos. Este cálculo tem apresentado grande importância em vários campos da pesquisa e tem sido aplicada com frequência na análise estatística de variáveis ligadas a fenômenos meteorológicos.

Vários autores determinaram que a distribuição de Gumbel é uma função bi-paramétrica, cuja dedução é fundamentalmente apoiada nas observações dos valores máximos de precipitação que se ordenam de acordo com a distribuição exponencial (GARRIDO, 1992, KULATHINAL E GASBARRA, 2002).

Desta forma, a distribuição de Gumbel é a distribuição de probabilidade mais utilizada para o ajuste das precipitações máximas diárias de cada ano, tanto em trabalhos, como em aplicações de engenharia, estudos hidrológicos, geográficos e de ordenamento do território. Sendo assim, as características da distribuição dos máximos de Gumbel são as seguintes (GUMBEL, 1958):

A função de densidade de probabilidade (probabilidade simples) é:

$$F(x) = \alpha e^{-[\alpha(x-u) + e^{-\alpha(x-u)}]}$$

Sendo α e u paramétricos com $\alpha > 0$ a função de repartição (probabilidade acumulada):

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}, \text{ com } -\infty \leq x \leq \infty$$

- A mediana da população é constante de Euler: $u = \mu - \frac{\lambda}{\alpha}$
- O desvio típico: $\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6} \cdot \sigma}$, com $\pi = 3.141$

- A moda máxima de $F(x)$ se dá com $x = u$
- Os quartis são dados por: $x = \frac{-\ln(-\ln F(x))}{\alpha} + u$

Onde $F(x)$ é a probabilidade acumulada até o quartil que se busca. O valor da mediana será $M = \alpha + u, y$, portanto, maior que a moda.

- Tendo um viés positivo (coeficiente de Yule = 0.118)
- Ligeiramente leptocúrtica (coeficiente de curtosis percentílico = 0.255)

Por conseguinte, uma vez encontradas as quantidades máximas de precipitação diárias de cada ano, ou seja, o valor máximo anual da série de precipitação máxima em 24h no conjunto da área de estudo, se há calculado em cada uma das séries de precipitação a mediana e a desvio típico, assim como os valores paramétricos de α e u . Finalmente, se há calculado, mediante a expressão dos quatis, os valores máximos de precipitação diária esperada para os períodos de retorno de 5, 10, 50, 100, 200 e 500 anos. Cabe salientar que os valores correspondentes a T superiores à dimensão da amostra são somente indicadores e, portanto, não se podem constatar com valores reais. Para elaboração dos cálculos do Período de Retorno foi utilizado o software *EasyFit*.

2.2.6 Índice de Concentração (CI)

O método de *Concentration Index* (CI, sigla em inglês), ou Índice de Concentração, foi idealizado e aperfeiçoado por Martín-Vide (2004). O autor explica que em Climatologia, os dados diários são fundamentais para a qualidade das investigações, uma vez que fornecem referências que admitem conhecer a estrutura temporal fina dos fenômenos, possibilitando a compreensão do comportamento e a concentração da precipitação diária, auxiliando na planificação do território e na gestão e conservação dos recursos naturais.

De acordo com o IPCC (2007), os padrões da precipitação diária estão cada vez mais influenciados pelas situações de mudanças climáticas, conseqüentemente as situações de vulnerabilidade estão associadas à intensidade e frequência dos eventos climáticos extremos.

A distribuição da frequência das quantidades diárias de precipitação está, em geral, ajustadas mediante a distribuição exponencial negativa (BROOKS E CARRUTHERS, 1953). Desta forma, existem mais dias de precipitação com pequenas quantidades do que com quantidades altas. Estas escassas quantidades de precipitação diária podem ter um considerável peso na porcentagem total de chuva de um determinado lugar e também contribuem de forma direta na capacidade hídrica anual do mesmo (MARTÍN-VIDE, 2004). Desta forma, ao determinar as classes de precipitação, de acordo com a frequência de cada uma das estações meteorológica, supõe-se uma primeira aproximação da estrutura temporal da precipitação.

De acordo com Martín-Vide (2004), o cálculo do índice de concentração tem por objetivo quantificar as características das estruturas das quantidades acumuladas de precipitação através do número de dias acumulados de chuva. Este índice pode ser considerado como indicador confiável da intensidade e erosividade da precipitação. Estudos similares de Martín-Vide (2003),: Sánchez-Lorenzo y Martín-Vide (2006) e Benhamrouche e Martín-Vide (2011, 2012) para a Espanha peninsular; Sarricolea *et al.* (2013) para Chile central; Wang *et al.* (2013) para a China central, igualmente concluíram que as regiões onde os valores do CI resultaram superiores a 0,60 foram classificados como zonas de maior concentração da precipitação diária e que as chuvas ocorreram com mais agressividade. Desta forma, os resultados podem ser analisados de acordo com a Tabela 5, abaixo.

Tabela 5 - Distribuição de frequências em 1 mm de classes. Frequências acumuladas X versus porcentagens correspondentes da precipitação total Y - estação Curitiba/Curitiba (1980-2010).

CLASSE	MARCA	n_i	$\sum n_i$	P_i	$\sum P_i$	$\sum n_i (\%) = X$	$\sum P_i (\%) = Y$
0,1-0,9	0,5	1.720	1.720	860,0	860,0	33,8	1,9
1,0-1,9	1,5	490	2.210	735,0	1.595,0	43,5	3,5
2,0-2,9	2,5	362	2.572	905,0	2.500,0	50,6	5,5
3,0-3,9	3,5	231	2.803	808,5	3.308,5	55,1	7,3
4,0-4,9	4,5	197	3.000	886,5	4.195,0	59,0	9,2
5,0-5,9	5,5	160	3.160	880,0	5.075,0	62,1	11,1
6,0-6,9	6,5	140	3.300	910,0	5.985,0	64,9	13,1
7,0-7,9	7,5	129	3.429	967,5	6.952,5	67,4	15,3
8,0-8,9	8,5	111	3.540	943,5	7.896,0	69,6	17,3
9,0-9,9	9,5	117	3.657	1.111,5	9.007,5	71,9	19,8
10,0-10,9	10,5	99	3.756	1.039,5	10.047,0	73,8	22,1
11,0-11,9	11,5	77	3.833	885,5	10.932,5	75,4	24,0
12,0-12,9	12,5	65	3.898	812,5	11.745,0	76,6	25,8
13,0-13,9	13,5	82	3.980	1.107,0	12.852,0	78,3	28,2
14,0-14,9	14,5	84	4.064	1.218,0	14.070,0	79,9	30,9
15,0-15,9	15,5	62	4.126	961,0	15.031,0	81,1	33,0
16,0-16,9	16,5	73	4.199	1.204,5	16.235,5	82,6	35,7
17,0-17,9	17,5	53	4.252	927,5	17.163,0	83,6	37,7
18,0-18,9	18,5	56	4.308	1.036,0	18.199,0	84,7	40,0
19,0-19,9	19,5	45	4.353	877,5	19.076,5	85,6	41,9
20,0-20,9	20,5	44	4.397	902,0	19.978,5	86,5	43,9
21,0-21,9	21,5	49	4.446	1.053,5	21.032,0	87,4	46,2
22,0-22,9	22,5	36	4.482	810,0	21.842,0	88,1	48,0
23,0-23,9	23,5	26	4.508	611,0	22.453,0	88,6	49,3
24,0-24,9	24,5	30	4.538	735,0	23.188,0	89,2	50,9
25,0-25,9	25,5	23	4.561	586,5	23.774,5	89,7	52,2
26,0-26,9	26,5	37	4.598	980,5	24.755,0	90,4	54,4
27,0-27,9	27,5	37	4.635	1.017,5	25.772,5	91,1	56,6
28,0-28,9	28,5	26	4.661	741,0	26.513,5	91,6	58,2
29,0-29,9	29,5	25	4.686	737,5	27.251,0	92,1	59,8
30,0-30,9	30,5	23	4.709	701,5	27.952,5	92,6	61,4
31,0-31,9	31,5	25	4.734	787,5	28.740,0	93,1	63,1
32,0-32,9	32,5	17	4.751	552,5	29.292,5	93,4	64,3
33,0-33,9	33,5	27	4.778	904,5	30.197,0	93,9	66,3
34,0-34,9	34,5	23	4.801	793,5	30.990,5	94,4	68,1
35,0-35,9	35,5	20	4.821	710,0	31.700,5	94,8	69,6
36,0-36,9	36,5	17	4.838	620,5	32.321,0	95,1	71,0
37,0-37,9	37,5	18	4.856	675,0	32.996,0	95,5	72,5
38,0-38,9	38,5	16	4.872	616,0	33.612,0	95,8	73,8
39,0-39,9	39,5	12	4.884	474,0	34.086,0	96,0	74,9
40,0-40,9	40,5	14	4.898	567,0	34.653,0	96,3	76,1
41,0-41,9	41,5	22	4.920	913,0	35.566,0	96,7	78,1
42,0-42,9	42,5	7	4.927	297,5	35.863,5	96,9	78,8

43,0-43,9	43,5	9	4.936	391,5	36.255,0	97,1	79,6
44,0-44,9	44,5	8	4.944	356,0	36.611,0	97,2	80,4
45,0-45,9	45,5	7	4.951	318,5	36.929,5	97,3	81,1
46,0-46,9	46,5	8	4.959	372,0	37.301,5	97,5	81,9
47,0-47,9	47,5	5	4.964	237,5	37.539,0	97,6	82,4
48,0-48,9	48,5	9	4.973	436,5	37.975,5	97,8	83,4
49,0-49,9	49,5	4	4.977	198,0	38.173,5	97,9	83,8
50,0-50,9	50,5	8	4.985	404,0	38.577,5	98,0	84,7
51,0-51,9	51,5	7	4.992	360,5	38.938,0	98,2	85,5
52,0-52,9	52,5	3	4.995	157,5	39.095,5	98,2	85,9
53,0-53,9	53,5	3	4.998	160,5	39.256,0	98,3	86,2
54,0-54,9	54,5	3	5.001	163,5	39.419,5	98,3	86,6
55,0-55,9	55,5	2	5.003	111,0	39.530,5	98,4	86,8
56,0-56,9	56,5	4	5.007	226,0	39.756,5	98,4	87,3
57,0-57,9	57,5	4	5.011	230,0	39.986,5	98,5	87,8
58,0-58,9	58,5	7	5.018	409,5	40.396,0	98,7	88,7
59,0-59,9	59,5	4	5.022	238,0	40.634,0	98,7	89,2
60,0-60,9	60,5	1	5.023	60,5	40.694,5	98,8	89,4
61,0-61,9	61,5	5	5.028	307,5	41.002,0	98,9	90,0
63,0-63,9	63,5	4	5.032	254,0	41.256,0	98,9	90,6
64,0-64,9	64,5	3	5.035	193,5	41.449,5	99,0	91,0
65,0-65,9	65,5	6	5.041	393,0	41.842,5	99,1	91,9
67,0-67,9	67,5	5	5.046	337,5	42.180,0	99,2	92,6
68,0-68,9	68,5	3	5.049	205,5	42.385,5	99,3	93,1
69,0-69,9	69,5	2	5.051	139,0	42.524,5	99,3	93,4
70,0-70,9	70,5	1	5.052	70,5	42.595,0	99,3	93,5
72,0-72,9	72,5	2	5.055	145,0	42.811,5	99,4	94,0
74,0-74,9	74,5	4	5.059	298,0	43.109,5	99,5	94,7
75,0-75,9	75,5	1	5.060	75,5	43.185,0	99,5	94,8
76,0-76,9	76,5	1	5.061	76,5	43.261,5	99,5	95,0
77,0-77,9	77,5	2	5.063	155,0	43.416,5	99,5	95,4
78,0-78,9	78,5	2	5.065	157,0	43.573,5	99,6	95,7
79,0-79,9	79,5	3	5.068	238,5	43.812,0	99,6	96,2
81,0-81,9	81,5	3	5.071	244,5	44.056,5	99,7	96,8
82,0-82,9	82,5	1	5.072	82,5	44.139,0	99,7	96,9
83,0-83,9	83,5	2	5.074	167,0	44.306,0	99,8	97,3
84,0-84,9	84,5	2	5.076	169,0	44.475,0	99,8	97,7
93,0-93,9	93,5	2	5.078	187,0	44.662,0	99,8	98,1
95,0-95,9	95,5	1	5.079	95,5	44.757,5	99,9	98,3
97,0-97,9	97,5	1	5.080	97,5	44.855,0	99,9	98,5
100,0-100,9	100,5	2	5.082	201,0	45.056,0	99,9	99,0
106,0-106,9	106,5	1	5.084	106,5	45.265,0	100,0	99,4
121,0-121,9	121,5	1	5.085	121,5	45.386,5	100,0	99,7
146,0-146,9	146,5	1	5.086	146,5	45.533,0	100,0	100,0
Totais		5.086		45.533,0		8.061,1	6.068,2

Ainda sobre esta mesma tabela, nota-se que 71,9% dos dias de chuvas correspondem apenas a 19,8% do volume precipitado. Da mesma forma, pode-se assegurar que três quartos (76%) do volume total das chuvas aconteceram em pouco menos de um quarto (24,6%) do total dos dias chuvosos. Para a estação aqui utilizada como modelo, o CI resultou em 0,62, com o qual se constata estatisticamente uma alta concentração das chuvas para este posto pluviométrico em relação ao período analisado.

Os resultados anteriores podem ser representados graficamente, por meio das porcentagens dos números acumulados de dias de precipitação em relação ao total de dias de precipitação, que corresponde à penúltima coluna $\sum n_i(\%)$ da Tabela 05, no eixo de abscissas "X". Já no eixo de ordenadas, "Y" *versus*, as porcentagens das quantidades acumuladas dos dias de precipitação com respeito à quantidade total $\sum P_i(\%)$, que se refere à última coluna da mesma tabela anteriormente citada. Através do gráfico, é possível verificar que a poligonal resultante tem um aspecto marcadamente exponencial, denominada como curva de concentração de Lorenz. A Figura 6 representa a reta de equidistribuição ou regularidade perfeita da precipitação. A reta representa a igualdade da quantidade de precipitação diária e a curva representa a concentração em função da distância relativa, com referência à reta de equidistribuição. O autor explica que a poligonal criada debaixo da reta equidistante pode representar irregularidade, deste modo, quanto maior é o distanciamento maior é a concentração e a irregularidade da precipitação, pois quando se tem uma maior área, teoricamente se tem maior anomalia.

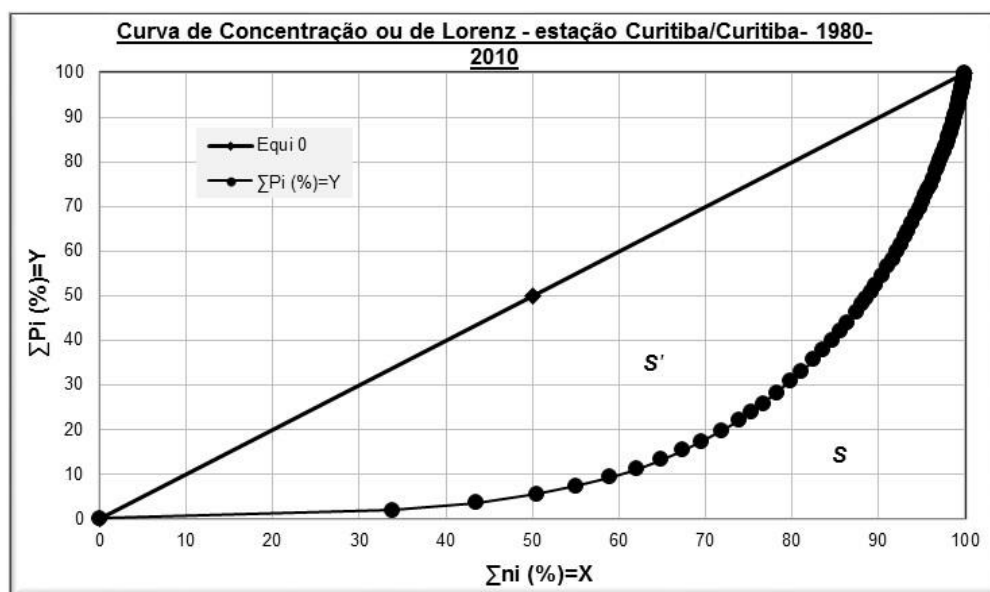


Figura 6 - Curva de Lorenz - Estação de Curitiba/Curitiba (1980-2010).

O índice de concentração de Gini serve para caracterizar e quantificar:

$$\text{Índice de Gini} = \frac{2 S}{10.000}$$

O estudo de Martín-Vide (2003) aperfeiçoou o índice anterior mediante a substituição das poligonais pelas curvas exponenciais, posições mais bem ajustadas:

$$y = a \cdot \bar{x} \cdot a^{bx}$$

Onde a y b são duas variáveis constantes e podem ser determinadas de acordo com o procedimento de *mínimos quadrados* e se determinam pelas funções:

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Uma vez determinadas as duas constantes, a integral é definida pela curva exponencial entre 0 e 100 da superfície compreendida entre a curva, eixo das abscissas e a ordenada 100, sendo definida pela aplicação da equação integral abaixo:

$$S = \left[\frac{a}{b} e^{bx} \left(x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100}$$

Assim, o índice de concentração da precipitação diária é similar ao de **Gini**, definido por:

$$CI = \frac{2 S'}{10.000}$$

A irregularidade ou concentração pluviométrica diária foi avaliada através da separação entre a curva exponencial e a reta de equidistribuição. O valor de CI pode ser valorado pela divisão dos valores ordenados de S' pelo o valor da área do triângulo (5000), que está localizado abaixo da reta de equidistribuição. Portanto, o valor de CI

é a fração de S' sobre o valor do triângulo delimitado por uma reta de equidistribuição (MARTÍN-VIDE, 2004). O índice de concentração da precipitação diária pode ser definido como:

$$CI = \frac{S'}{5.000}$$

Para a realização dos cálculos do índice de concentração da precipitação (CI) foi utilizado o programa R e o pacote Precindicon.

2.2.7 Cálculo do Índice de Precipitação Padronizada (IPP).

O Índice da Precipitação (IPP) foi idealizado e publicado por Nery e Meseguer-Ruiz (2014). A metodologia desenvolvida por estes autores consistiu na criação inicial de cinco sub-regiões homogêneas para todo o território da região Nordeste (NE) do Brasil, as quais foram identificadas e determinadas a partir de análises de componentes principais em modo "S". Segundo explicam os autores, os procedimentos satisfizeram as orientações especificadas em Richman (1986, *apud* NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014). Em seguida, eles realizaram uma análise *cluster* (de conglomerados) similares a que consta na Figura 7, logo abaixo:

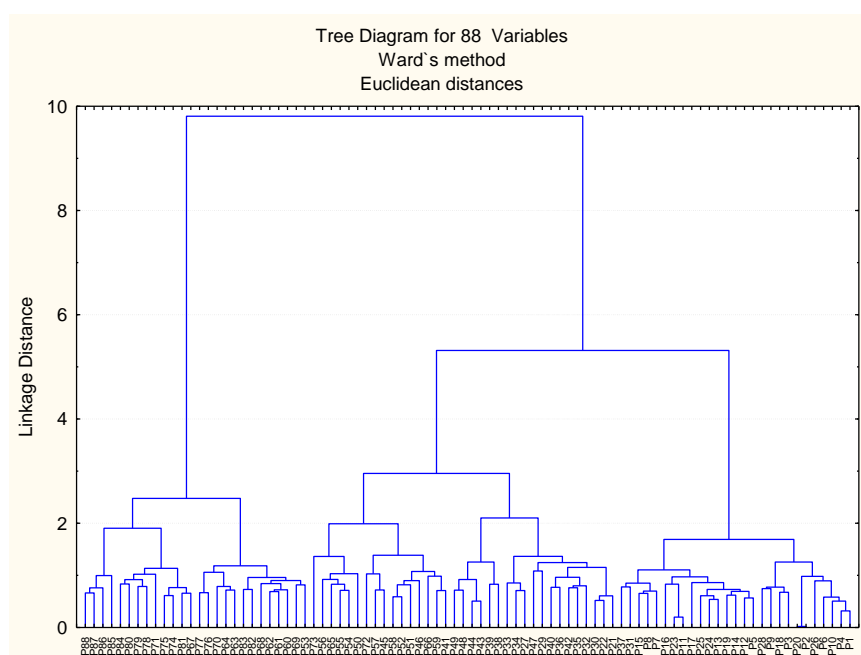


Figura 7 - Modelo de análise cluster ou conglomerados.

Richman (1986, *apud* NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014) informa da necessidade de se realizar uma análise *cluster* ou de conglomerado para as estações, com a finalidade de se identificar e determinar as áreas homogêneas, a partir de um diagnóstico de componentes principais usando o modo “S”. Esta técnica é aplicada em caráter classificatório com o objetivo de formar grupos ou conglomerados e utiliza um conjunto de dados multivariados, para assegurar a máxima homogeneidade plausível. Em linhas gerais, a metodologia consiste em definir as distâncias entre estações (medidas de adjacência entre os objetos). O procedimento ocorre mediante sucessivas divisões da população total em subgrupos expressivos por meio de distintos passos, conforme expõem os autores.

Assim, Nery e Meseguer-Ruiz (2014) primeiro realizaram a análises de componentes principais para o conjunto dos dados para determinar as composições lineares das variáveis originais, explicando o máximo possível a variação dos dados originais. Para Nery e Meseguer-Ruiz (2014), esta análise não demanda nenhuma suposição teórica de que exista um modelo causal, já que adota a distribuição de probabilidade dos dados, não sendo possível estabelecer nenhuma relação de causa e efeito entre as variáveis. Segundo estes mesmo autores, a análise de componentes principais é uma técnica utilizada para a redução do tamanho da população. Por exemplo, uma amostra de m componentes e p variáveis (tendo $m \leq p$) resulta na configuração de variáveis latentes, ou seja, os componentes principais (CP) resultantes de combinações lineares sem erros das variáveis iniciais:

$$CP_1 = a_{11} X_1 + a_{21} X_2 + \dots + a_{p1} X_p$$

$$CP_2 = a_{12} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{p2} X_p$$

$$CP_m = a_{1m} X_1 + a_{2m} X_2 + \dots + a_{pm} X_p$$

Resolver este sistema de equações é único, pois a solução considera a variância total no conjunto inicial de variáveis, onde a primeira componente principal (CP_1) explica a variância máxima dos dados iniciais. A segunda componente (CP_2) explica a variância máxima não explicada, e assim por diante, até que o último componente (CP_m), que aporta a menor explicação total da variância da porção dos dados iniciais. Os resultados numéricos consideram as coordenadas, as pontuações, os valores e os vetores próprios, que são fornecidos pelas variáveis e coeficientes.

(...)1) hallar la distancia euclidiana métrica entre los diferentes individuos; 2) construir una matriz de las distancias obtenidas; 3) formar un primer subgrupo a partir del método del vecino más próximo; 4) hallar las distancias del subgrupo formado por las matrices de menor distancia en relación a los otros individuos y formar una nueva matriz de distancias; 5) formar un segundo subgrupo y determinar las nuevas distancias y matrices (y así sucesivamente hasta que se clasifiquen todas las matrices); y 6) formar un dendograma correspondiente con los resultados obtenidos y el tipo de análisis realizado. Por último, una vez obtenidas las áreas homogéneas, se relacionaron con el índice de la precipitación (IPP) de cada área identificada, con las anomalías de las temperaturas superficiales de la zona de El Niño 3.4 y del Atlántico tropical norte y sur (...) (NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014 p. 299-300).

Nesta tese, não foi necessário aplicar a análise de *cluster*, pois a área estudada é considerada pequena e homogênea, havendo poucas estações meteorológicas e altitudes simétricas. O passo final é determinar o IPP a partir do uso da fórmula exposta na equação abaixo, para cada uma das áreas homogêneas identificadas e, em seguida, correlacionar individualmente estes índices com os índices das anomalias das temperaturas superficiais da zona de *El Niño* 3.4 (EN 3.4) e Atlântico Tropical Sul (ATS).

$$IPP = \frac{\overline{P}_i - \overline{\overline{P}}}{\overline{\overline{P}}}$$

Onde:

\overline{P}_i é a média das precipitações totais ou acumuladas em cada ano e

$\overline{\overline{P}}$ corresponde à média das médias de \overline{P}_i .

Os dados relativos à Temperatura Superficial do Oceano Pacífico (setor El Niño 3.4) e do Oceano Atlântico (franja intertropical) foram obtidos através do sitio web da NOAA, na sessão Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. (ENFIELD, *et al.*, 1999).

Posteriormente, foi aplicado o p-valor (também conhecido como teste de hipótese), para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, o qual permite rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra.

O nível de significância é determinado pelo limite, o qual se toma como base para afirmar que certo desvio é decorrente do acaso ou não. Dessa forma, são aceitos como estatisticamente significativos os níveis de $P=0,05$ e $P=0,01$, ou seja, 5% e 1%, respectivamente, Figura 8.

A partir de um nível de significância convencional (alfa), os desvios são devidos à lei do acaso e o resultado é considerado não significativo. Assim, se $\alpha = 5\%$, os resultados podem ser:

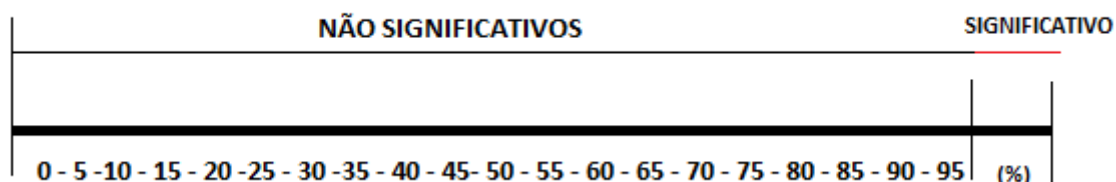


Figura 8 - Níveis de Significância

Considera-se satisfatório o limite de 5% de probabilidade de erro, não sendo significativas as diferenças que tiverem uma probabilidade acima deste limite. O nível de significância estabelecido foi de $p < 0,05000$, dessa forma, a significância de um resultado é denominado de p-valor (p-value).

Segunda a escala de Fischer, Tabela 6, o resultado de p-valor pode ser considerado: marginal, moderado, substancial, forte, muito forte ou fortíssimo, segundo a escala determinada abaixo.

Tabela 6 - Níveis de Significância p-valor Escala de Fischer

p-valor	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
Natureza da Evidência	Marginal	Moderada	Substancial	Forte	Muito Forte	Fortíssima

3.0 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SEUS COMPONENTES

3.1 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E TELECONEXÕES

A variabilidade do clima é uma das incertezas que toda sociedade deve enfrentar em sua vida cotidiana, mediante a complexos processos de aprendizagem, adaptação e mitigação. As mudanças e as variabilidades climáticas podem ser definidas como um dos elementos que explicam as diferenciações espaciais das paisagens naturais e culturais.

É evidente que a variabilidade climática produz/fornece recursos naturais, devido aos serviços ambientais que derivam de suas características, especialmente em condições de acumulação de calor, precipitações e fontes de água, capacidade dos ventos de depurar a atmosfera, conforto térmico, etc. Na atualidade, parece ser preferível concentrar-se nas variabilidades climáticas, espaciais e temporais, que em tendências de médio em longo prazo, visto que a sociedade incorpora o clima em suas ações cotidianas, enfrentando com êxito os riscos derivados de sua variabilidade, como as inundações, secas, ondas de frio e calor.

Entender o clima e sua variabilidade é um passo prévio e fundamental para poder analisar a possibilidade de mudança climática por ação direta ou indireta do homem. Dificilmente podemos falar de mudança climática sem conhecer o clima atual.

A variabilidade climática pode ser compreendida como uma variação das condições climáticas em torno da média climatológica ou estado médio da atmosfera. Para conhecer a variabilidade temporal e espacial de elementos meteorológicos é preciso considerar os fatores naturais resultantes da interação oceano-atmosfera, que resultam em flutuações interanuais e interdecadais em algumas regiões do globo, como o El Niño Oscilação Sul (El Niño Southern Oscillation - ENSO), a Oscilação Decadal do Pacífico (Pacific Decadal Oscillation - PDO) e a Oscilação do Atlântico Norte (North Atlantic Oscillation - NAO), além de outras oscilações climáticas.

A variabilidade interanual pode ser entendida pelas diferenças no escoamento do vento, nebulosidade, precipitação e comportamento de sistemas atmosféricos. Essa variabilidade apresenta significativa contribuição para a variância da precipitação, embora essa contribuição seja menor do que a variabilidade sinótica e intrasazonal.

Segundo Trenberth e Caron (2000) e Grimm (2009), o El Niño Oscilação Sul (ENOS) é uma das fontes de variabilidade climática interanual mais importantes. Este

fenômeno pode ser entendido como uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, o qual produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical, principalmente no oceano Pacífico, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo o Brasil.

A variabilidade do ENOS tem sido representada através dos índices de TSM em determinadas regiões (Niño 1+2; Niño 3, Niño 3.4; Niño 4) do Oceano Pacífico Equatorial. A componente oceânica se refere às configurações das TSM no Oceano Pacífico Equatorial e se relaciona às fases El Niño (TSM+) e La Niña (TSM-). Dessa forma, a configuração espacial representada na Figura 9 ilustra as TSM negativas não habituais (predominância da cor azul) na configuração do La Niña e os TSM não habituais positivas (predominância vermelho e laranja) o qual indica a ocorrência de El Niño.

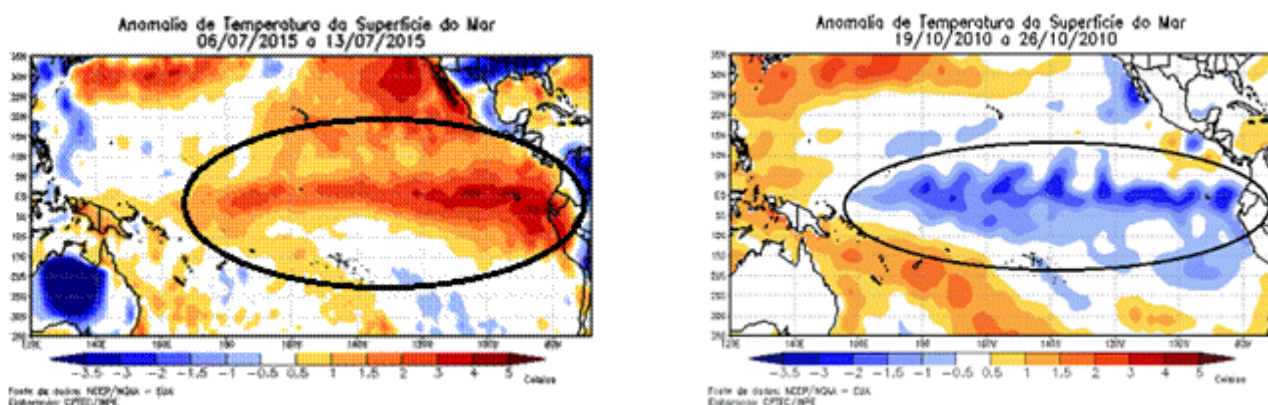


Figura 9 - Configuração espacial das anomalias de TSM no Pacífico Tropical - Região de manifestação do El Niño e da La Niña, respectivamente à esquerda e à direita.
Fonte - CPTC (2015).

O fenômeno El Niño pode ser compreendido como uma oscilação acoplada ao sistema oceano-atmosfera, configurada pelas alterações nas Temperatura da Superfície do Mar, mais precisamente do Oceano Pacífico. Essa oscilação é a principal fonte de variabilidade climática interanual global e, no caso do Brasil, apresenta significativa contribuição para a variação da precipitação em várias regiões, além de representar um importante modulador da variabilidade de mais alta frequência.

Já o fenômeno La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. Pode-se dizer que “La Niña” é o oposto do “El Niño”, pois as temperaturas habituais

da água do mar na superfície, nesta região, situam-se em torno de 25°C, ao passo que, durante o episódio “La Niña”, tais temperaturas diminuem para cerca de 23° a 22°C.

De acordo com Grimm (2009), o Brasil possui forte correlação entre o fenômeno TSM e os principais modos de variabilidade interanual, como a variabilidade das precipitações totais anuais e sazonais, com o grau de confiabilidade de 95%. Certificou-se que o mesmo fenômeno possui forte variabilidade espacial entre as regiões do Brasil e que estas se diferenciam sazonalmente.

Durante o outono, a região Sul apresenta um alto grau de influência, sendo que as anomalias de TSM associadas a esse modo no Pacífico são semelhantes ao padrão ENOS e elas são as principais responsáveis pela variabilidade da chuva no Sul do Brasil. Durante o inverno, apenas a região Sul e o extremo norte do Brasil apresentam precipitações significativas. Essas precipitações estão influenciadas pelos episódios de ENOS, principalmente no inverno seguinte ao início de um episódio, de acordo com Grimm, Ferraz e Gomes (1998). Essa influência tem causado fortes enchentes no Sul associadas a episódios de EN, o que é coerente com relação entre mais chuva e aumento da TSM no Pacífico Leste.

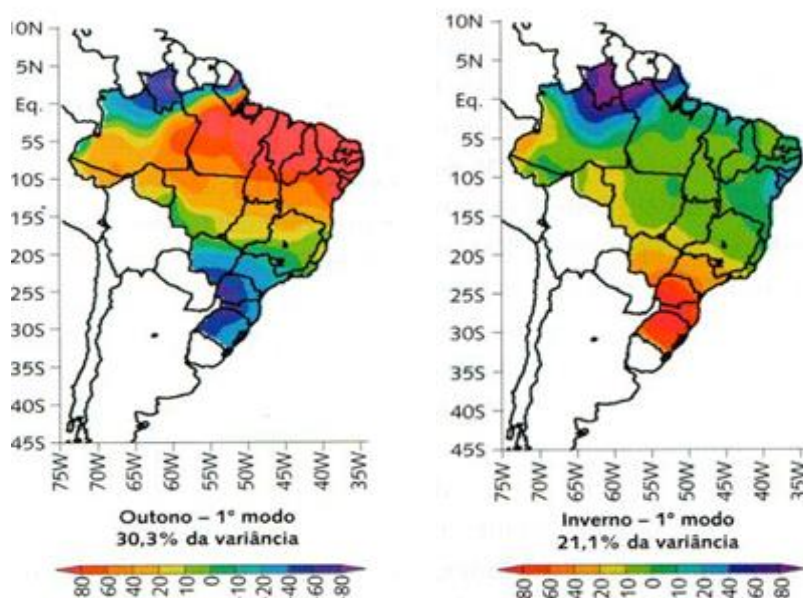


Figura 10- Distribuição espacial dos primeiros modos de variabilidade da precipitação do outono e do inverno. Valores em tons de vermelho (azul) indicam correlação significativa com nível de confiabilidade acima de 95%.

Fonte - Tempo e Clima no Brasil
Organização - Grimm, 2009

A primavera é o início da estação chuvosa em grande parte do Brasil, apresentando a mais forte correlação com as anomalias de TSM associadas a ENOS, comprovando que esta estação é a mais propícia às teleconexões com o Oceano Pacífico Tropical. Em razão dessa forte teleconexão, o impacto de ENOS sobre as precipitações no Sul do Brasil é mais evidente nesta estação. Ainda dentro de uma caracterização, há influência da precipitação nas forçantes locais, como o Complexo Convectivos de Mesoescala (CCM) e o efeito de uma extensão ou enfraquecimento da convecção ao norte da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). O verão apresenta-se como a estação mais chuvosa na maior parte do Brasil, porém esta estação não apresenta clara conectividade com ENOS. A relação desse modo com a TSM indica que há pouco forçamento remoto e mais forçantes locais, ao contrário da primavera, a mais extensa e forte anomalia de TSM associada a este modo encontra-se no Atlântico sudoeste, junto à costa Sudoeste do Brasil.

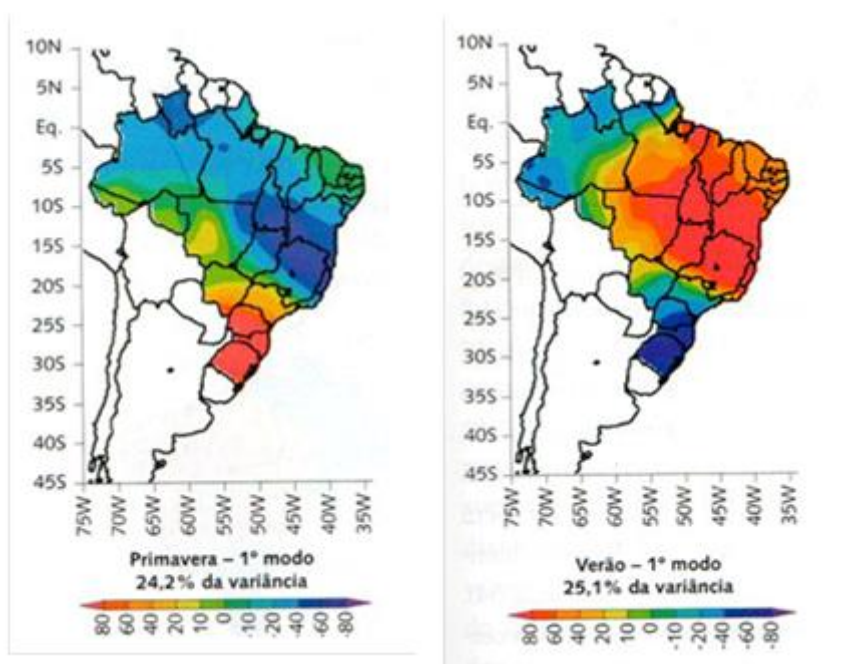


Figura 11 - Distribuição espacial dos primeiros modos de variabilidade da precipitação do primavera e verão. Valores em tons de vermelho (azul) indicam correlação significativa com nível de confiabilidade acima de 95%.

Fonte - Tempo e Clima no Brasil
Organização - Grimm, 2009

Como exposto acima, a Região Sul do Brasil é uma das regiões subtropicais mais afetadas pelos eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) (GRIMM *et al.*, 1998). Grimm (1996) mostrou que a precipitação nesta região é significativamente correlacionada

com a temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico, porém Moura e Shukla (1981), Diaz e Studzinski (1994), Diaz *et al.* (1998), Grimm e Feuser (1998) e Pezzi e Cavalcanti (1998) sugerem possíveis influências de anomalias de TSM no Atlântico sobre as anomalias de precipitação no Brasil. Dessa forma, verifica-se uma correlação entre precipitações mensais nas áreas coerentes no Sul do Brasil e médias mensais de TSM sobre o Oceano Atlântico.

A Figura 12 apresenta as isolinhas de correlação entre TSM e precipitação para meses de maior interesse. As áreas sombreadas tem correlação significativa ao nível de 95%. Em novembro, quando as anomalias positivas de precipitação são as mais fortes e consistentes durante EN, é também forte e positiva a correlação com a TSM junto à costa Sul do Brasil. Isto é consistente com os resultados de Enfield e Mayer (1997), indicando anomalias positivas nesta região durante EN. Contudo, não se pode afirmar que as anomalias de TSM tem relação causal com as anomalias de precipitação, pois estas podem ser explicadas pelas anomalias de circulação associadas com EN nesta época (GRIMM e BARROS, 1998). Esta relação estatística significativa não se mantém durante setembro-outubro, quando as anomalias de precipitação são mais fracas. Em janeiro, as correlações são positivas e significativas junto ao Sudeste, mas há também valores significativos próximos à região de referência, indicando uma possível influência local, independente de EN, visto que não há anomalias significativas de precipitação durante janeiro de EN nestas regiões.

Há indicações de que em janeiro existe uma relação entre TSM e chuva independente de EN e em novembro a correlação deve-se às fortes anomalias de precipitação e ao padrão de TSM associado a EN, mas não necessariamente envolvendo uma relação causal.

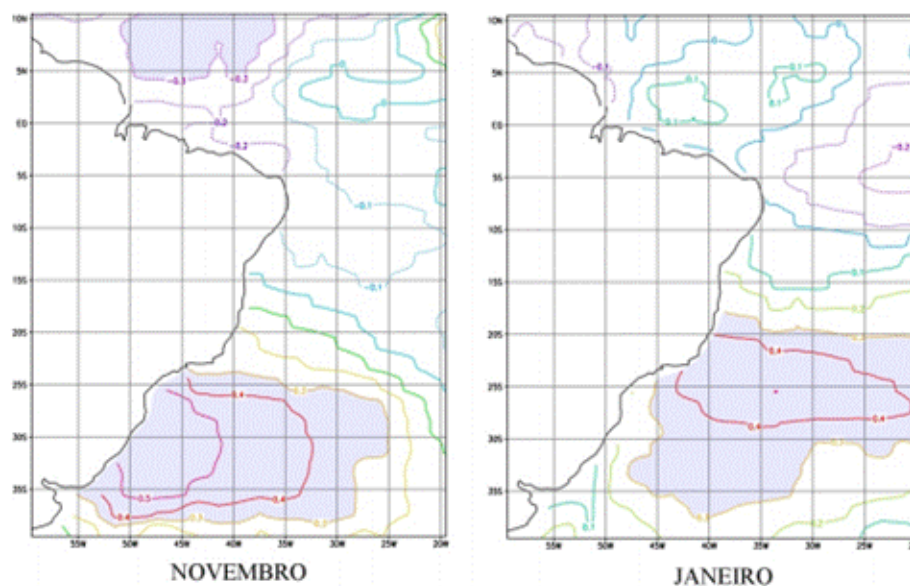


Figura 12 - Isolinhas do coeficiente de correlação entre a precipitação e TSM no Atlântico. Áreas com valores significativos ao nível de 95% estão sombreadas
 Fonte – Grimm e Feuser (1998)

Estudos recentes demonstram a existência de outro modo de variabilidade climática, de baixa frequência, com escalas de decenal a multidecenal, que apresenta importantes teleconexões climáticas. Esses modos de variabilidade ocorrem no Pacífico e no Atlântico e se superpostos aos modos interanuais, como ENOS, podem alterar o efeito deste em algumas regiões do globo, inclusive na América do Sul. Dessa forma, o padrão mais recorrente das TSM no Oceano Pacífico nas escalas de décadas é conhecido como Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). O Índice da ODP, produzido por Mantua e Hare (1997), deriva-se da primeira componente principal das anomalias da TSM no Pacífico Norte, entre as latitudes 20°N e 90°N (polo). O índice é calculado considerando a oposição entre anomalias da TSM/SST na Costa Oeste da América do Norte e o restante da bacia norte do Pacífico.

A variabilidade do índice da Oscilação Decadal do Pacífico apresenta variações, identificando-se como fase positiva ou quente (“warm”), caracterizada por anomalias positivas ao longo da Costa Oeste da América do Norte e negativas no resto da bacia do Pacífico Norte, desde aproximadamente 20°N na direção do polo e uma fase negativa ou fria (“cool”) quando o aquecimento/resfriamento nas duas áreas se inverte (neste caso, o índice resultando negativo), conforme a Figura 13.

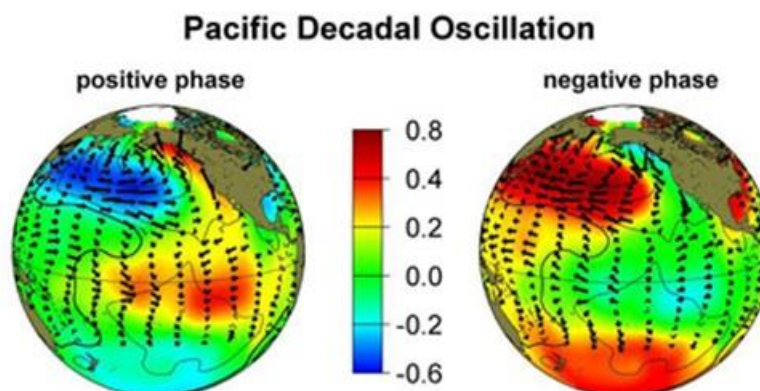


Figura 13 - Fases da ODP-PDO
Fonte: Metsul

Uma segunda característica da ODP é sua grande persistência, ou seja, as fases quentes ou frias permanecem predominantes por anos seguidos, podendo persistir por duas ou três décadas, ao contrário do ENOS (ENSO - “El Niño/South Oscillation”), cuja persistência é bem menor. Por exemplo, um evento EN - El Niño, em geral, ocorre isoladamente ou em dois anos seguidos (XAVIER, 2001), entremeadado por eventos LN - “La Nina” ou anos neutros no Pacífico Equatorial.

O gráfico dos valores da ODP de Mantua e Hare, de 1900-2003, encontra-se na Figura 14, revelando claramente a alternância dos períodos/fases predominantemente “quentes” (positivas) e as predominantemente “frias” (negativas), de longa duração, a rigor multidecadais. A primeira fase, dita quente ou positiva, ocorre de 1925-46. Já a segunda fase, dita fria ou negativa, ocorre entre 1947-76. A terceira fase, quente ou positiva, ocorre de 1977 até meados da década dos anos 90.

Conforme Mantua e Hare (1997), teríamos, portanto, a evidência de reversões da polaridade prevalente à oscilação em torno dos anos 1925, 1947 e 1977. Por outro lado, a partir dos meados dos anos 90, encontra-se referido na literatura o retorno a uma fase predominantemente “fria”, embora o número de anos envolvidos seja ainda pequeno, onde esse novo fato não transparece tão nitidamente na Figura 14.

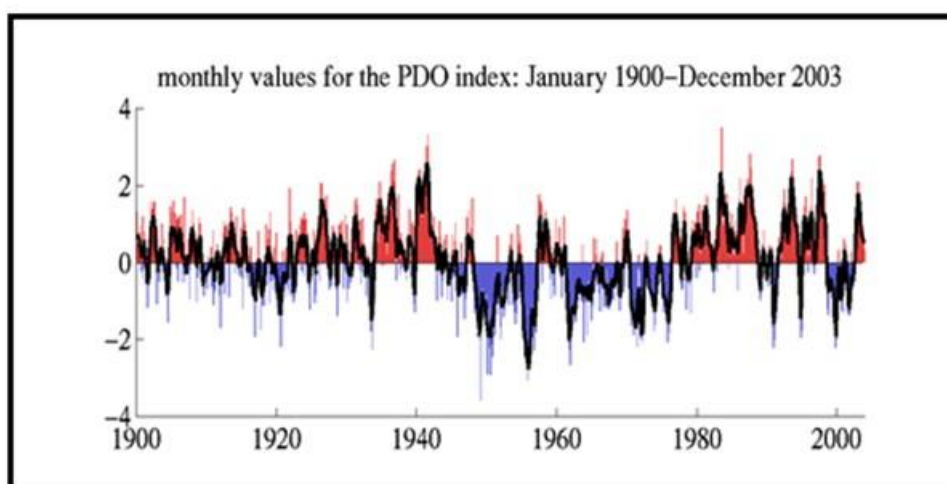


Figura 14 - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta)
 Fonte - Mantua e Hare (1997).

Relacionando o Índice de Oscilação do Pacífico com o fenômeno ENOS, nota-se que alguns autores, como Oliveira *et al.* (2006), Molion (2008a; 2008b), Rebello *et al.* (2009) observaram que durante as fases de ODP+ houve maior ocorrência de ENOS+, enquanto que na ODP-, maior número de ENOS-. Em síntese, na ODP+, há tendência de maior número e intensidade de episódios de ENOS+ e menor número e intensidade de ENOS-. Enquanto que em fases de ODP-, há maior número de episódios de ENOS-, que tendem a ser mais intensos, enquanto os ENOS+, que tendem a ser curtos e rápidos e, menos frequentes, como representado na Figura 15, por meio da variabilidade dos índices da ODP, segundo Mantua *et al.* (1997) e o Índice Multivariado do ENOS - MEI12.

Pode-se inferir que esses padrões são dois dos diversos aspectos que compõem a variabilidade em ritmo decadal e interanual que agem conjuntamente em escalas espaciais e temporais diferentes, mas que se interconectam definindo os padrões e alterações observadas e associadas com outras componentes da variabilidade e elementos do clima.

No entanto, as repercussões espaço-temporais dessas alterações na variabilidade é o que interessa à análise geográfica de clima. O primeiro ponto a ser considerado é que a pluviosidade é um dos elementos mais significativos que interfere na variação dos rendimentos e na produção no espaço agrícola. Segundo Berlato *et al.* (2005), a produtividade da cultura do milho no Rio Grande do Sul é determinada

pelel ENOS, considerando o calendário agrícola para cultura. Para o autor, o ENOS+ determina os ganhos da produtividade, já o ENOS- determina queda.

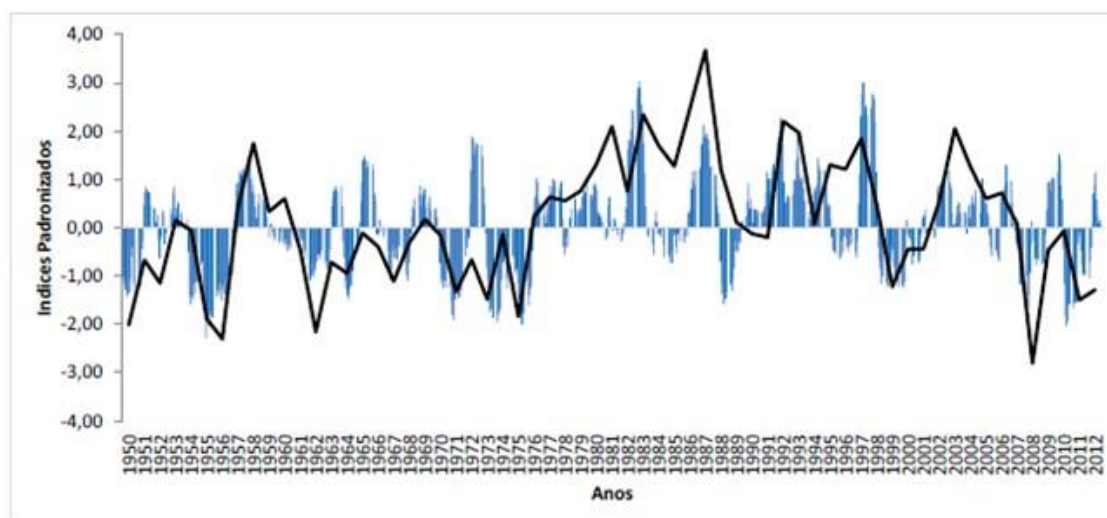


Figura 15 - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta)
Fonte – Nascimento Junior, 2013.

As chuvas também são fatores importantes para a ocorrência de eventos extremos no espaço urbano. O ENOS é observado como o principal modulador interanual da variabilidade no Brasil (GRIMM *et al.*, 2007, GRIMM, 2009a; 2009b; GRIMM e SANT'ANNA, 2010). E pelo caráter, no que tange à frequência e variabilidade, pode ser o responsável, do ponto de vista sinótico, pela ocorrência de eventos extremos de clima (MARENGO, 2009). A ODP, por outro lado, apresenta menor frequência e variabilidade que os ENOS e, assim, acaba por ser um modulador em escala decadal.

A variabilidade pluviométrica está diretamente relacionada ao abastecimento de água, à geração de energia e à biodiversidade, conforme discutido e apresentado por Marengo (2009), Rebello (2009) e Sant'Anna Neto (2012). Robertson e Mechoso (1998), ao estudarem as vazões cíclicas interanuais e decadais dos rios Negro, Paraguai, Paraná e Uruguai no sudoeste e sul da América, constataram alterações de valores das vazões com padrão ENOS, principalmente nos rios Negro e Uruguai.

E para finalizar, o segundo fator de interesse para a Climatologia Geográfica seria o entendimento das repercussões da pluviosidade com e sem associação aos padrões ENOS e ODP, os quais se manifestam de forma diferenciada, segundo os níveis de vulnerabilidade do espaço geográfico e, por isso, não são observados num sistema de causas e efeitos.

3.2 A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

O conhecimento relativo ao clima de um determinado local depende da compreensão das dinâmicas climáticas. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), estas dinâmicas estão associadas aos campos de pressão da superfície da Terra, os quais formam os controles climáticos responsáveis pela movimentação do ar em extensas áreas do planeta.

Sendo assim, nota-se que, para compreender a atmosfera segundo uma concepção dinâmica, é fundamental ter o conhecimento da circulação geral e dos sistemas atmosféricos. Desse modo, a caracterização da dinâmica climática da Bacia do Alto Iguaçu, onde está inserida a Região Metropolitana de Curitiba, necessita de uma caracterização prévia entre as diversas escalas climáticas, com o intuito de compreender as particularidades do clima local através das dinâmicas atmosféricas da América do Sul e da região sul do Brasil, em específico, o estado do Paraná.

Verifica-se que a circulação e as dinâmicas climáticas da América do Sul são controladas pela ação conjunta de sete grandes centros. Estes centros possuem extensas zonas de alta ou de baixa pressão atmosférica, as quais originam os movimentos da atmosfera, concomitantemente aos fluxos de ventos e aos tipos de tempo. De um modo geral, os centros de ação interagem e condicionam a circulação geral da atmosfera na escala macroclimática, sendo que a movimentação do ar, em geral, ocorre dos centros de alta pressão (anticlonais) para os de baixa pressão (ciclônicos ou depressionários).

No que se refere aos centros de atuação na América do Sul, cabe ressaltar que dos sete atuantes, cinco se configuram como de alta pressão: a) Anticiclone dos Açores; b) Anticiclone da Amazônia ou Doldrums; c) Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul; d) Anticiclone Semifixo do Pacífico; e e) Anticiclone Migratório Polar. Em contrapartida, existem dois centros de ação negativos: a) Depressão do Chaco; e b) Depressão dos 60° de Latitude Sul (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 95-99).

Destes centros de atuação, evidenciam-se quatro tipos básicos de massas de ar, as quais resultam das combinações entre temperatura e umidade do ar, sendo elas: a) quente e úmida, formada nas baixas latitudes da zona equatorial-tropical, sobre os oceanos ou, excepcionalmente, sobre a Amazônia; b) quente e seca,

formada também nas baixas latitudes da zona equatorial-tropical, sobre os continentes; c) fria e úmida, formada nas latitudes médias da zona temperada, sobre os oceanos; e d) fria e seca, formada sobre os continentes também nas latitudes médias da zona temperada e ainda nas altas latitudes da zona polar (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 101-102).

Na região sul do Brasil, de acordo com Monteiro (1963), há três principais massas de ar guiadas pelos sistemas de circulação do hemisfério sul e orientadas pelo relevo, as quais produzem as três grandes correntes de perturbações ou descontinuidades que atravessam a Região Sul: as de leste-nordeste, as de noroeste e as de sul. As dinâmicas de leste-nordeste encontram-se relacionadas à Massa Tropical Atlântica ao longo do ano, retratando as abrangências desta e suas diferenciações. Os mecanismos de noroeste expressam as Massas Equatorial Continental e Tropical Continental, que possibilitam as chuvas convectivas de oeste. Já as movimentações de sul, salientam as “perturbações de sul que fazem oposição às correntes perturbadas tropicais. A Frente Polar Atlântica, gerada pelos avanços da massa de ar Polar Atlântica, atua na região durante todo o ano. No inverno, evidencia-se por sua grande mobilidade devido ao reforço recebido pelo extravasamento da PP”, assim como destaca Zanella (2006, p. 76).

De acordo com Danni-Oliveira e Mendonça (2007), a Massa Tropical Atlântica (MTA) é uma das principais massas de ar da dinâmica atmosférica da América do Sul e, particularmente, do Brasil, onde desempenha considerável influência na definição dos tipos climáticos. Esta se origina no centro de altas pressões subtropicais do Atlântico e possui, portanto, características de temperaturas e umidades elevadas.

Já a Massa Tropical Continental (MTC), de acordo com os autores, configura-se como um bolsão de ar com características próprias, que se desloca e interage com o ar de outras localidades. Forma-se na região central da América do Sul, atrelada à Baixa Pressão do Chaco no final do inverno e início da primavera, caracterizada como uma massa de ar quente e seca, com atuação mais significativa no âmbito do verão.

A Massa Equatorial Continental (MEC) é formada pela convergência do ar quente e úmido da Floresta Amazônica. Esse sistema atua com maior frequência no período de verão, quando suas massas quentes e úmidas provenientes da região amazônica percorrem todo o território brasileiro. Geralmente, esse tipo de massa é atraída pela atuação de uma frente fria, deixando o tempo instável em todo o Brasil

Central. Nos primeiros dois dias, esse tipo de sistema é caracterizado por tempestades locais e até regionais, trazendo uma alta umidade.

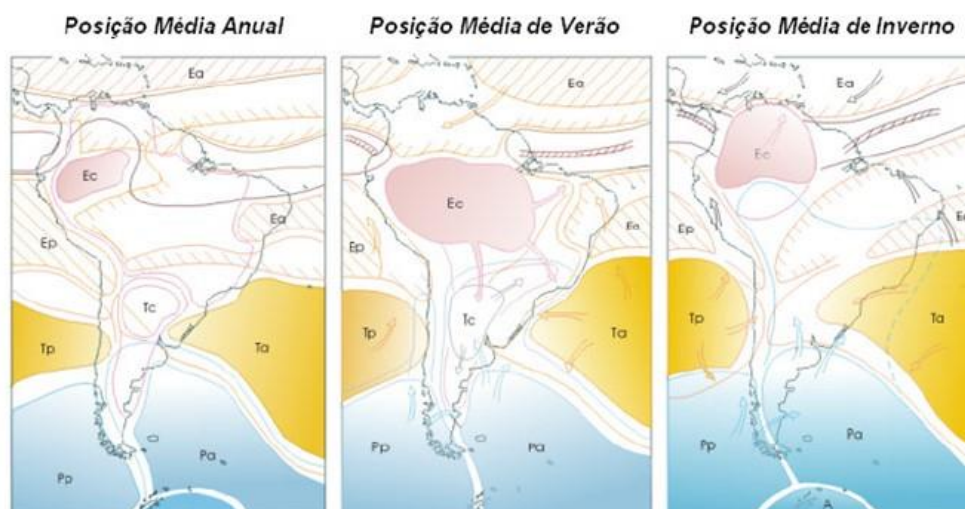


Figura 16 - Situação dos sistemas atmosféricos na América do Sul
Organização – Boim, GRUPO “CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA” – UNESP Rio Claro, *apud* Teodoro 2008.

Em geral, após o terceiro dia de atuação deste sistema, configura-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul. As ZCAS constituem-se como área de instabilidade atmosférica, possuindo grande extensão territorial, praticamente cruzando o Brasil de noroeste a sudeste. As principais características das ZCAS são as chuvas volumosas, podendo em um único dia chover até mais de 100mm, potencializando as adversidades climáticas. No entanto, as ZCAS, como o Sistema Equatorial Continental, são de grande importância para as culturas agrícolas regionais de verão e recursos hídricos regionais, sendo esses sistemas responsáveis pelas significantes parcelas de precipitação, principalmente no período de dezembro a fevereiro. (BEREZUK, 2007, p. 63)

No contexto das massas da faixa subtropical, destaca-se a Massa Polar Atlântica (MPA). Esse sistema está marcado por baixas temperaturas, com características frias e úmidas. Frequentemente, o Sistema Tropical Atlântico e o Sistema Polar Atlântico, massas com características distintas, ao se encontrarem, originam os sistemas frontais ou frentes frias. Essas frentes frias percorrem a área de estudo com uma ciclicidade de uma semana, trazendo mecanismos de precipitações.

De acordo com Nery (1996), os principais eventos de precipitação extrema na região sul do Brasil estão ligados à ocorrência do evento de El Niño Oscilação Sul (ENOS). Segundo Dias (1998), as chuvas no Sul do Brasil estão associadas tanto à temperatura da superfície do oceano Pacífico como a do Oceano Atlântico Tropical e conclui que o ENOS desempenha um papel chave na variabilidade da precipitação regional.

De acordo com Nery (2013) o evento ENOS é considerado um sistema de grande escala que afeta a região sul do Brasil. Diversos estudos mostraram que ele desempenha um papel importante nas anomalias climáticas de precipitação na região. As anomalias climáticas mais conhecidas, que também têm um maior impacto, estão relacionadas com o regime de chuvas, embora o regime térmico também possa ser modificado. Em contraste, o evento de La Niña se caracteriza pelo resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical, ocorrendo maior intensidade dos ventos alísios, atingindo velocidades acima da média, além de apresentar queda nas médias climatológicas de precipitação.

Em anos de El Niño, o jato subtropical (Figura 17) torna-se mais intenso que o normal, devido ao aumento do gradiente térmico entre o Equador e os Polos. O fortalecimento desses jatos gera bloqueios nos sistemas frontais, tornando-os estacionários, principalmente sobre a Região Sul do Brasil. Tais bloqueios causam intensa cobertura de nuvens, valores elevados de umidade no ar e temperaturas altas. Além de alterar o comportamento desses parâmetros meteorológicos, os bloqueios favorecem o aumento da precipitação na primavera do ano de início e no inverno do ano seguinte do El Niño (GRIMM *et al.*, 1998). Em anos de La Niña, normalmente chove abaixo da média climatológica na Região Sul do Brasil. A tendência na redução da precipitação pode estar associada à rápida passagem das frentes frias e a bloqueios atmosféricos em que as frentes ficam estacionárias sobre o Uruguai e sul do Rio Grande do Sul (MONTEIRO, 2007).

Segundo o mesmo autor, a região sul do Brasil apresenta uma vasta área costeira que determina a dinâmica desta área sob a influência do Oceano Atlântico. Desta forma, além da entrada de sistemas frontais, a região apresenta outras dinâmicas importantes que explicam os regimes de chuvas nesta região. A região sul do estado do Rio Grande do Sul está sob a influência das entradas de Frente Frias, ENOS e a advecção do ar úmido do Atlântico Sul, caracterizada como ciclogênese. Já no verão, está sob a influência do ar úmido da Amazônia, o qual desempenha papel

importante para a ocorrência de chuvas, provocando fortes precipitações em períodos curtos.

Para Fontana e Berlato (1997), os eventos de precipitação durante a ocorrência de ENOS, no estado do Rio Grande do Sul, mostraram que na fase quente do fenômeno (El Niño), observa-se alta nas médias climatológicas em quase todos os meses do ano, em especial em dois períodos distintos, sendo na primavera, entre os meses de outubro e novembro, e o outono, durante os meses de maio e junho. Esta tendência também foi observada por Grimm (1997) para o estado do Paraná, onde se observou aumento da precipitação na primavera, nas regiões sudoeste e no litoral do estado.

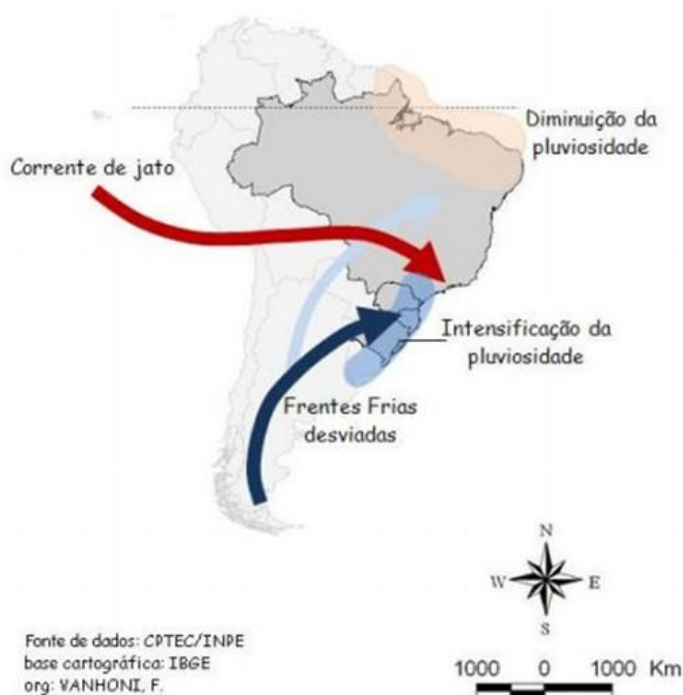


Figura 17 - Dinâmica da atuação do El Niño
Fonte – Vanhoni, 2009

Desta forma, o clima da região sul do Brasil está classificado de acordo com as distribuições das precipitações em função de períodos úmidos e secos. O período úmido ocorre entre os meses de outubro a março e as precipitações são determinadas por sistemas convectivos. Já o período seco apresenta-se de abril a setembro, onde as precipitações são determinadas pelos sistemas frontais. Ainda de acordo com o autor, nas estações intermediárias como o outono e a primavera, permanece a

atuação das massas polares e tropicais, com as primeiras mais predominantes no outono e as tropicais na primavera.

As precipitações convectivas são formadas por um processo de convecção de massa de ar úmido, que se forma em uma região restrita, em função de um gradiente de temperatura vertical. Essas chuvas possuem, geralmente, grande intensidade e curta duração e atingem áreas restritas. São, portanto, causadoras de inundações em pequenas bacias urbanas.

Já as precipitações frontais ou ciclônicas, originam-se do contato de massas de ar quentes e frias. As massas de ar quente são elevadas (menor densidade), encontrando condições de temperaturas e pressões menores, facilitando a condensação da umidade existente. Essas chuvas apresentam de baixa a média intensidade e longa duração. Atingem grandes áreas, sendo por isso causadoras de inundações também.

No que se refere às características climáticas da Região Metropolitana de Curitiba, verificam-se que estas são decorrentes de fatores estáticos como latitude, altitude, continentalidade, maritimidade, assim como características da superfície, as quais apresentam consideráveis imbricações em relação à quantidade de energia recebida. Além disso, fatores dinâmicos como massas de ar e frentes também influenciam o ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos relativos a estas localidades.

Além disso, verifica-se que as condicionantes atmosféricas e climáticas de Curitiba e Região Metropolitana encontram-se atreladas aos centros de ação e mecanismos de trocas do Brasil Meridional: o Anticiclone Subtropical do Atlântico, o Anticiclone Migratório Polar, a Depressão do Chaco e da Zona de Convergência Intertropical (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Desse modo, as principais massas atuantes no Sul no Brasil, segundo Monteiro (1963), são: Massa Tropical Atlântica (MTA), Polar Atlântica (PA), Tropical Continental (TC) e Equatorial Continental (EC).

Neste sentido, durante o inverno, destacam-se as massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica, esta que pode ser observada durante o ano todo, embora mais frequente no âmbito do inverno, apresentando descontinuidades evidenciadas pela Frente Polar Atlântica, a qual culmina em intensas nebulosidades e chuvas. O inverno é de fresco a frio, sendo o mês de julho o de temperaturas mais baixas, assim como evidenciado por Zanella (2006).

No contexto do verão, em função da disponibilidade de energia, as temperaturas são relativamente altas, sendo que as principais massas atuantes nessa época são: Tropical Atlântica (TA), Equatorial Continental (EC) e Tropical Continental (TC), as quais se alternam com a Polar Atlântica (PA), enfraquecida.

Ainda nesse sentido, cabe ressaltar que as características de sazonalidade são bastante evidentes, sendo marcadas pela variação tanto das temperaturas como da pluviosidade, que são mais elevadas no verão que no inverno (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 178). Entretanto, outra característica bastante frequente refere-se à alternância de tipos de tempo no âmbito de um mesmo dia, não somente em Curitiba, mas também na RMC, evidenciando a particularidade do clima local.

Do ponto de vista da precipitação, esta apresenta chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, ainda que no verão verifiquem-se as concentrações mais expressivas, visto que nesse período os confrontos entre as massas TA e PA são mais intensos e frequentes em detrimento do inverno, em que os mecanismos de circulação encontram-se intrinsecamente relacionados à Massa Polar Atlântica, culminando em estabilidades e menores precipitações.

Ainda no âmbito das chuvas, verifica-se que o impacto das precipitações também se constitui em um dos problemas mais sérios, dadas as consequências geradas principalmente por eventos de maior magnitude, relacionados às inundações urbanas (ZANELLA, 2006, p. 43). Neste contexto, de acordo com Oliveira e Mendonça (1998), a variabilidade do ritmo pluvial de Curitiba manifesta-se na cidade por meio de estiagens prolongadas e inundações.

De acordo com Fendrich (1999), citado por Hernandez (2001), na cidade de Curitiba as inundações urbanas estão relacionadas à distribuição de chuvas, à baixa capacidade de infiltração dos solos e baixas declividades das áreas de inundação da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu (ZANELLA, 2006, p. 44), sendo que em estudo vinculado à ocorrência de inundações na década de 90, Hernandez (2001) destacou que os bairros com maior vulnerabilidade às inundações e alagamentos foram: o CIC (7 vezes), o Centro (7 vezes), o Bairro Alto (6 vezes), o Cajuru (6 vezes), o Uberaba (5 vezes) e o Boqueirão (4 vezes), estes que possuem uma densa rede hidrográfica, o que facilita a ocorrência de episódios impactantes no que tange ao subsistema hidrometeorológico.

Ainda segundo o autor, a maioria dos impactos de inundações é resultado de chuvas intensas em áreas urbanas ou na cabeceira dos rios que as drenam,

provenientes, sobretudo, de chuvas convectivas, de significativa intensidade e curta duração e concentradas em pequenas áreas.

De acordo com Lohmann (2011), a variabilidade pluviométrica deflagradora de alagamento na Região Metropolitana de Curitiba está relacionada aos diferentes padrões de chuva. O primeiro padrão está relacionado com a ocorrência de chuvas convectivas durante o verão, com registro diário igual ou superior a 36 mm. Já o segundo padrão possui ligação com a precipitação dos dias anteriores ao evento principal de chuva e está relacionado com dinâmica da entrada de frentes frias, trazendo quantidade significativa de precipitação, que podem atuar por diversos dias sobre determinada área. Ainda segundo o autor, o primeiro padrão de chuva apresenta maior frequência, podendo ultrapassar os 120 mm acumulados diários. O padrão 2 apresenta menor frequência, podendo atingir até 100 mm acumulados diários.

3.3 EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

Os eventos naturais são registrados com frequência e, portanto, a sociedade se estruturaria de forma a absorvê-los, adaptando-se ao seu ritmo e considerando-os como normais ou habituais. Os chamados fenômenos normais – aqueles que não se afastam significativamente da média – ocorrem em alta frequência e cotidianamente (GONÇALVES, 2003). Já os eventos extremos, segundo Sarewitz e Pielke Jr. (2000), são definidos pela ocorrência e apresentação em uma incidência rara, distanciando-se da média e variando em sua magnitude. Os eventos extremos de chuva podem ser considerados aqueles cujos totais anual, sazonal ou diário demonstram desvios de valores superiores ou inferiores à apresentação dos habituais da área no período analisado.

Os eventos ambientais extremos caracterizam-se por possuírem caráter altamente dinâmico, apresentando um rompimento na variabilidade natural do ritmo, no qual se inserem os eventos extremos e excepcionais, sejam eles de ordem atmosférica, geológica ou na interface destes. Estes eventos não são necessariamente relacionados a danos, mas podem, muitas vezes, produzir consequências negativas para os seres humanos e para o ambiente. Desta forma,

não devem ser confundidos com catástrofes ou desastres e sua classificação deve considerar seu tipo, frequência, intensidade e escala espacial.

Esses eventos possuem diversas denominações. Eles são chamados de: extremos ou excepcionais (MARENGO, 2009; IPCC, 2007; MONTEIRO, 1991) ou anomalias climáticas (PEREIRA *et al.*, 2002). Sem distinção da nomenclatura recebida, eles geralmente estão relacionados às adversidades climáticas (BEREZUK, 2007, MONTEIRO, 1991), aos *harzards* (BRYANT, 1997) e aos impactos de clima e de tempo (MARENGO, 2009).

Diante desta situação, os eventos climáticos extremos apresentam-se entre as causas deflagradoras de catástrofes naturais que atingem a sociedade. Os regimes pluviométricos e térmicos, além de sua variabilidade natural, são os mais afetados pelas transformações da superfície terrestre, passando a exercer comportamentos irregulares, marcados por alternâncias de períodos chuvosos e secos, quentes e frio, responsáveis por inúmeras repercussões de ordem calamitosas sobre os mais variados espaços geográficos (SILVA, 2007).

Dessa forma, a partir dos conhecimentos bibliográficos gerados, nota-se a possibilidade de classificações e denominação de eventos extremos a partir de sua natureza, sendo subdividido entre geográficos e meteorológicos/climáticos. Os eventos de natureza geográfica se referem às enchentes, aos deslizamentos, aos movimentos de massa, principalmente em áreas ocupadas por atividades humanas, pois possuem relação direta com produção do espaço geográfico. Nesses tipos de eventos inserem-se as tragédias, os desastres e a ocorrência de mortes.

Os de natureza meteorológica e climática aludem à ocorrência de, por exemplo, furacões, chuvas intensas e rápidas, secas, que de forma geral são considerados no contexto natural da variabilidade e das variações do sistema climático e meteorológico.

Ressalta-se que esses eventos também produzem repercussões de cunho geográfico, diferindo somente na sua gênese. Enquanto o primeiro está para diferentes formas da produção do espaço, o segundo está para fatores remotos e locais de interação atmosfera-superfície. Em outra perspectiva, esses eventos são ora classificados quantitativamente (do ponto de vista da dispersão numérica e gráfica dos dados climáticos ou meteorológicos num determinado espaço), ora observados qualitativamente (através da ocorrência de tragédias, desastres, veranicos, déficits de produtividade, etc.).

Dentre estas manifestações no Brasil, os fenômenos relacionados às oscilações hídricas e os episódios pluviais extremos de ordem negativa (enchentes/inundações) são os mais significantes nas cidades e possuem o caráter de calamidade a partir do momento em que causam impactos no meio ambiente, bem como na vida social e econômica do país.

Segundo Monteiro (1991):

[...] uma concepção mais comportamental e complexa do clima é que nos damos conta de como os estados de tempo oscilam, admitem desvios e produzem 'acidentes' que não podem ser considerados excepcionais. Mesmo os mais graves, por vezes catastróficos, se estatisticamente poderiam ser tomados como 'ruído', seu impacto local ou regional e a reação em cadeia que se lhes segue, fazem com que eles não possam ser descartados. E, sobretudo por suas repercussões socioeconômicas, tanto por injúrias imediatas como pelo efeito de 'desregularização' da produção agrícola, do sistema hidro-energético, da rede de transportes, etc... (MONTEIRO, 1991, p. 19).

Sendo assim, dentro do atual contexto de aquecimento global, são esperados eventos de chuvas mais intensos e mais frequentes, como resultado do maior conteúdo de água na atmosfera, favorecido pela maior instabilidade termodinâmica (KUNKEL, 2003). Seguindo este raciocínio, o quarto relatório do IPCC mostra que houve aumento de ocorrência de chuvas intensas em muitas regiões, em latitudes médias, durante o período de 1951 a 2003. Estas ocorrências eram esperadas, em razão das mudanças na quantidade total de chuvas (IPCC, 2007). Porém, atenta-se que, na escala regional, essas mudanças são muito divergentes e nem sempre acompanham a tendência global. Apesar da grande ressalva que se faz atualmente quanto à inclusão do fator antropogênico na variabilidade temporal e espacial de elementos meteorológicos, há os fatores naturais, resultantes da interação oceano-atmosfera, que resultam em flutuações interanual e decadal, os quais interferem de modo significativo na ocorrência dos eventos extremos de precipitação.

Segundo Grimm e Tedeschi (2009), os impactos sociais e econômicos mais dramáticos estão associados, de certa forma, à variabilidade climática associada aos eventos extremos. Dessa forma, vale detalhar a associação destes eventos com a ocorrência do ENSO.

As alterações de temperatura da superfície do Oceano Pacífico durante episódios El Niño e La Niña são acompanhadas de alterações climáticas globais. Há variações dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água da superfície do Oceano

Pacífico Equatorial para a atmosfera. Isto provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala global. No Brasil, há impactos significativos sobre a precipitação em várias regiões em diferentes fases do ciclo El Niño-Oscilação Sul (e.g., GRIMM *et al.*, 2000; GRIMM, 2003, 2004).

Os pesquisadores analisaram as fases opostas do ENOS na frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul, investigando mensalmente o ciclo do fenômeno a partir de dados diários, comparando com sua influência na precipitação total mensal. Nota-se que o mês de Agosto apresenta maior número de eventos extremos na parte sul da região sudeste da América do Sul, e o valor de precipitação mensal também aumenta significativamente durante os episódios de El Niño. Já em Setembro, estas anomalias possuem pouca significância, por isso não são representadas. Os impactos sobre a frequência de eventos extremos reaparecem no mês de Outubro, com sinais opostos para El Niño e La Niña e se fortalece em novembro, atingindo seu máximo na região. A frequência aumenta significativamente durante EN e diminui ainda mais durante LN. Na figura abaixo, estão dispostos os meses de agosto, outubro e novembro, sendo que a Figura 18 representa os percentis mensais médios esperados para episódios de EN, as regiões sombreadas possuem percentil acima de 55 (ou abaixo de 45), e as áreas mais escuras indicam anomalias de precipitações mensais significativas. Já a Figura 19, representa a distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, seguidamente da diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN.

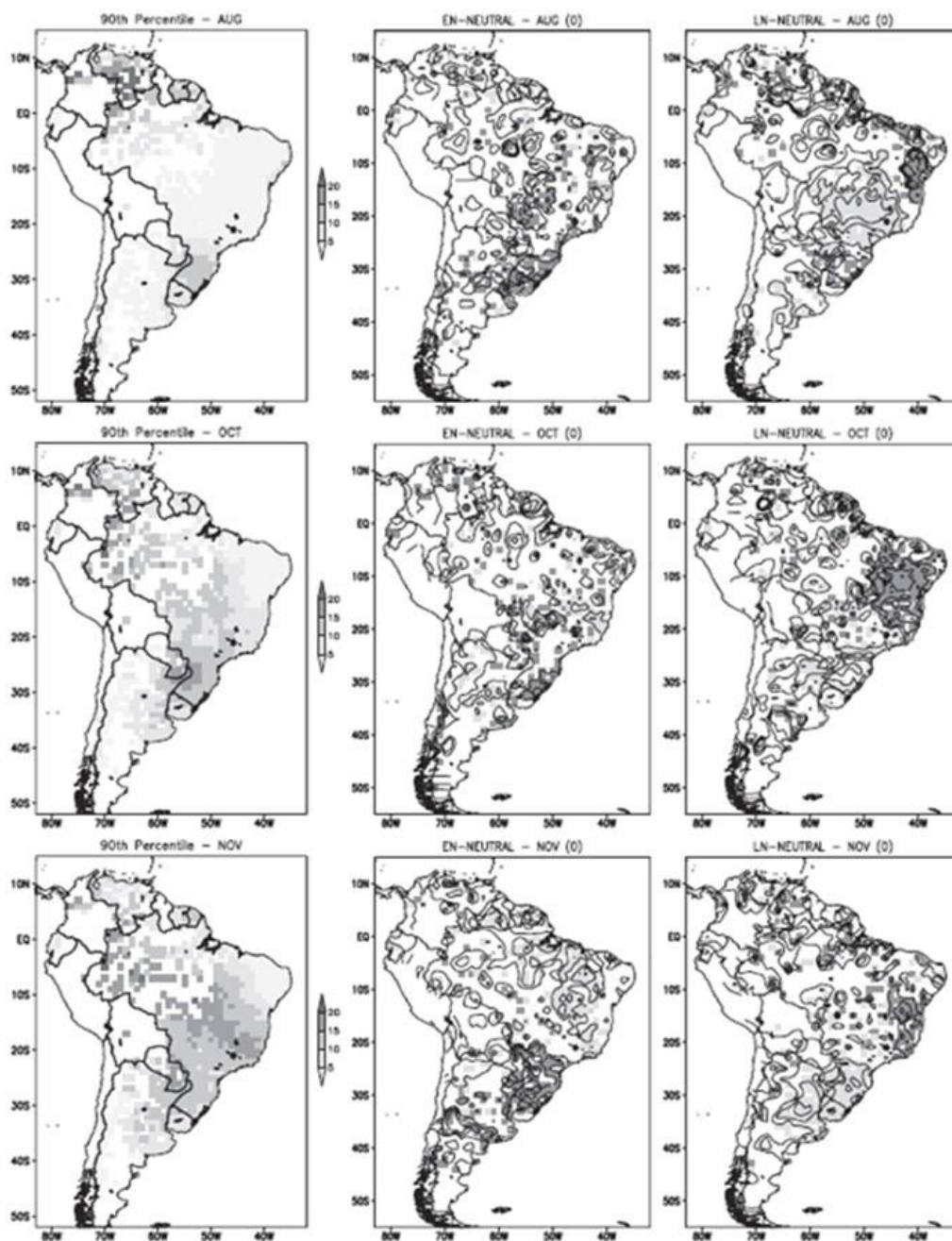


Figura 18 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de agosto, outubro e dezembro.

Fonte – Grimm e Tedeschi, 2009.

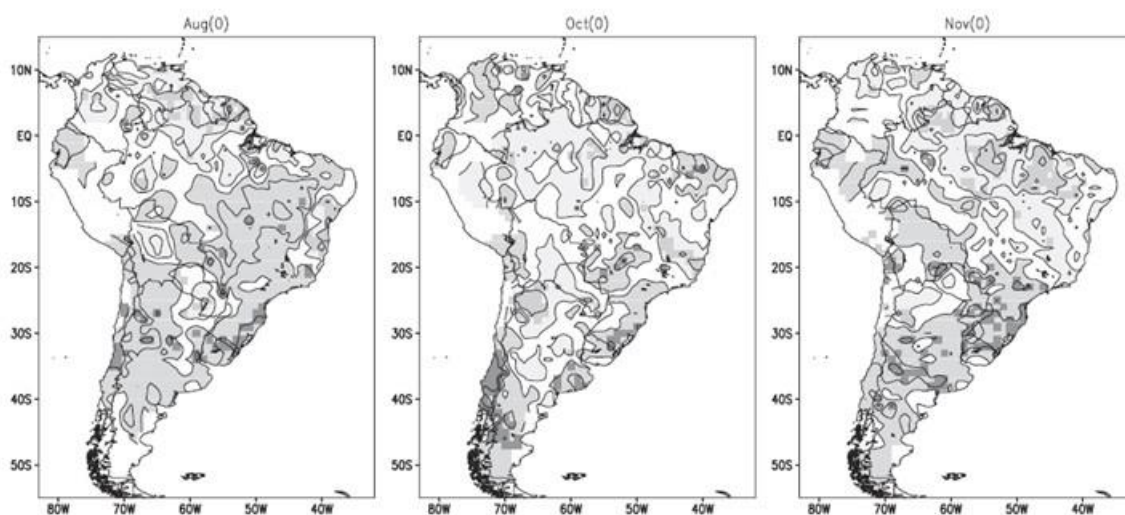


Figura 19 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em agosto, setembro e outubro.
Fonte – Grimm e Tedeschi, 2009.

Durante o mês de dezembro e janeiro, o fenômeno ENSO enfraquece na região sudeste e sul do Brasil, deslocando-se para oeste e sul da América do Sul. Este fato é observado no valor mensal das anomalias de precipitação, Figura 20. O mês de fevereiro apresenta um aumento significativo de eventos extremos durante episódios de EN, Figura 21, difundindo-se novamente ao longo de uma área maior no sudeste da América do Sul depois da retirada parcial em dezembro e em janeiro.

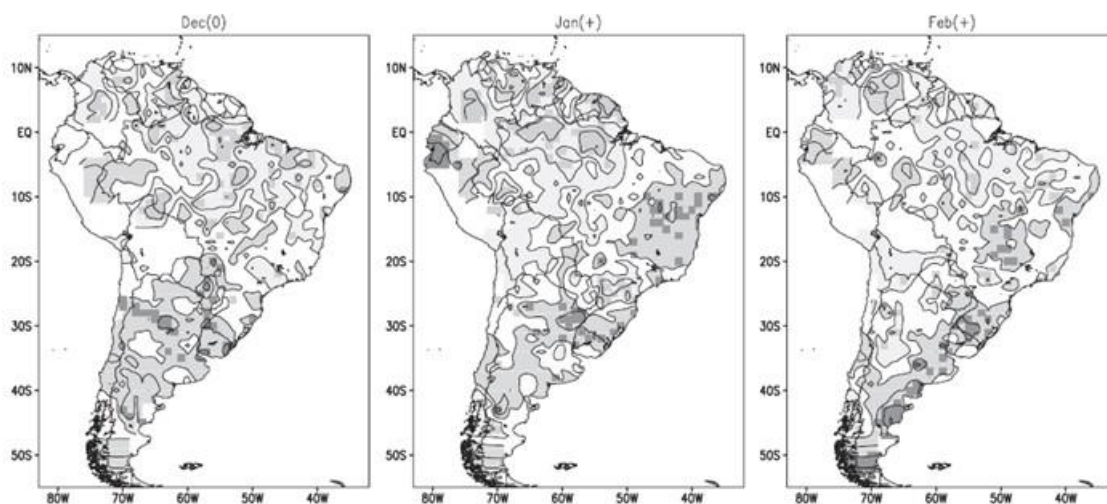


Figura 20 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em dezembro, janeiro e fevereiro.
Fonte - Grimm e Tedeschi (2009)

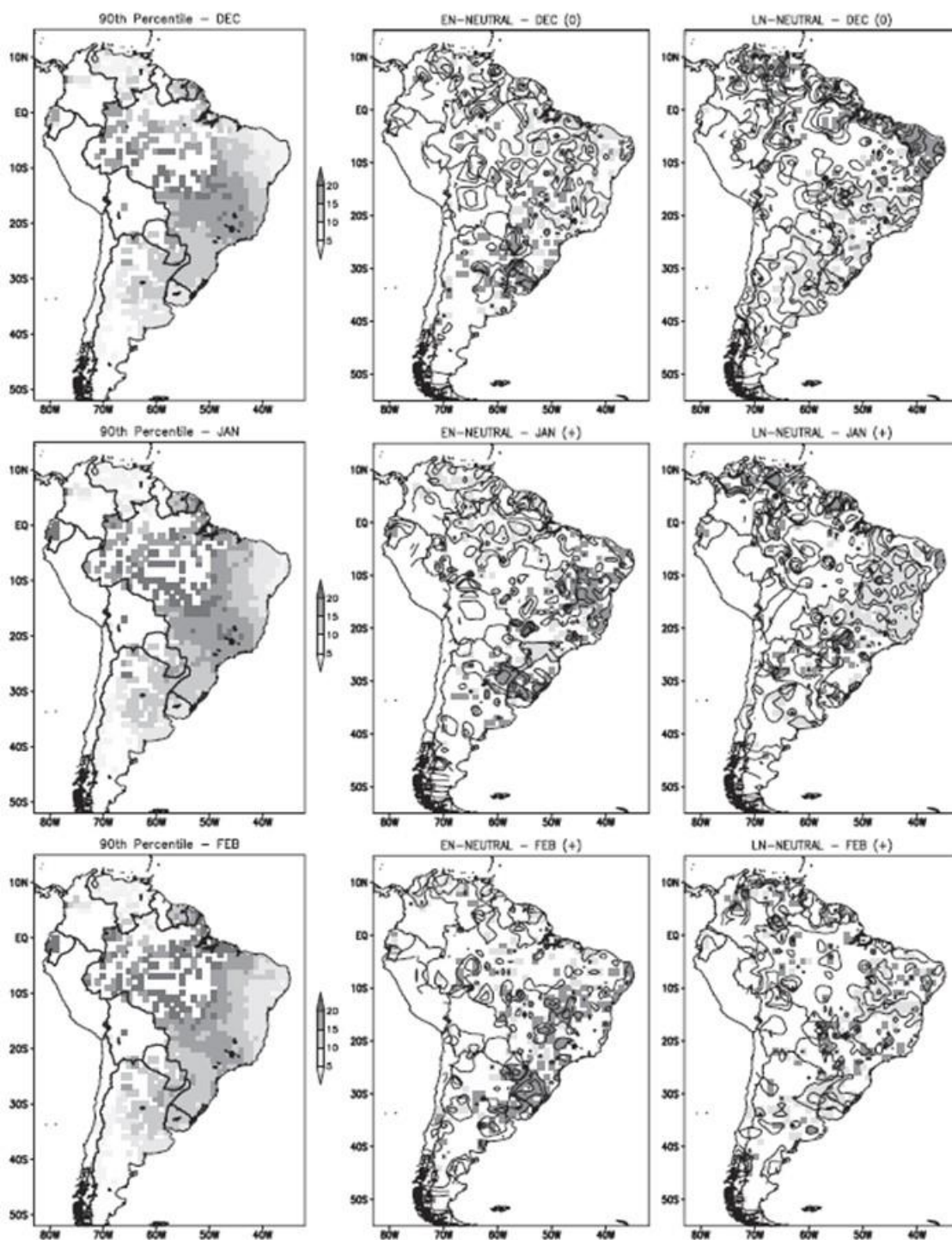


Figura 21 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Fonte – Grimm e Tedeschi, 2009.

De fevereiro a abril, em anos de EN, episódios de frequência de eventos extremos de precipitação são novamente significantes, reforçados no sudeste da América do Sul. Estes episódios estão associados a inundações fortes na Bacia do

Prata e Paraná, associados à persistência das chuvas. O mesmo ocorre em episódios de LN, relacionando à redução da frequência e persistência destes eventos, porém em menor intensidade e persistência. O total de chuva mensal acumulada, para estes meses, também é afetado, mas a significância das anomalias se restringe a áreas menores em comparação com a ocorrência da frequência de eventos extremos.

Depois de sinais relativamente mais fracos ou altamente localizados, em maio e junho (não representado), os eventos extremos são novamente numerosos e intensos no sudeste da América do Sul, durante julho, em episódios de EN duradouros. Nenhuma similaridade ocorre com eventos de LN, mesmo porque estes eventos são mais curtos.

Finalizando esta pesquisa, Grimm e Tedeschi (2009), concluem que existe correlação entre os episódios de ENSO e aumento na frequência de eventos extremos. Porém, o mesmo não ocorre significativamente para os eventos intensidade de precipitação extrema (precipitação média durante eventos extremos), assim como uma coerência espacial. O mês que apresentou simultaneidade entre a frequência e a intensidade de eventos extremos para o sudeste da América do Sul foi novembro.

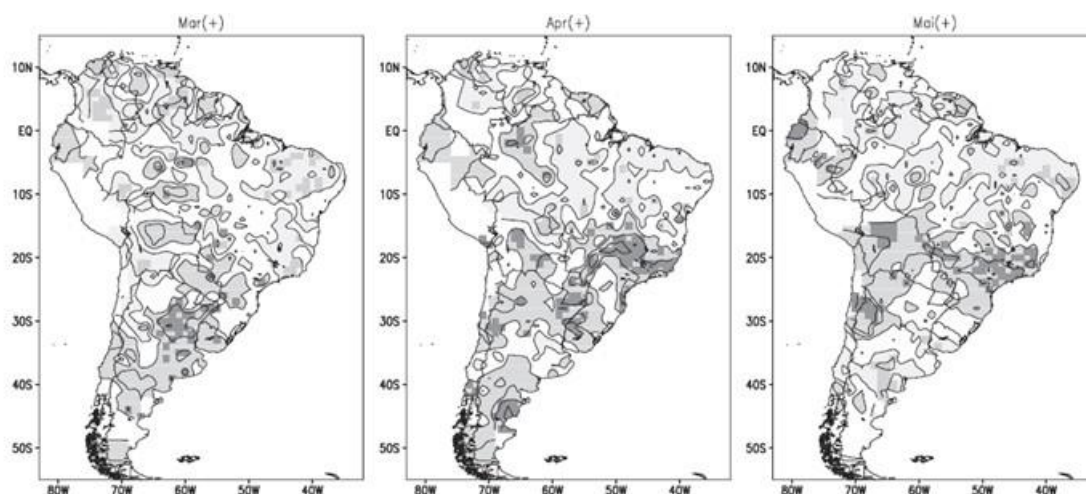


Figura 22 - Média dos percentis mensais de precipitação esperados para episódios mensais de El Niño em março, abril e maio.

Fonte - Grimm e Tedeschi (2009)

De acordo com os pesquisadores, correlacionando os mapas de frequência e intensidade, nota-se que as áreas com alterações significativas na frequência para eventos extremos são mais extensas do que as áreas com os totais mensais de chuva. Está é uma forte indicação de que há mais sensibilidade para ENOS na gama extrema de precipitação diária do que nas faixas de moderada e leve de chuvas. Esta

sensibilidade na faixa extrema não está, necessariamente, associada a alterações no total mensal de precipitação. Dessa forma, nota-se que os impactos sociais e econômicos mais drásticos de variabilidade climática são derivados da variabilidade associada aos eventos extremos, sendo assim, vale ressaltar a associação entre ENSO e eventos extremos de chuva.

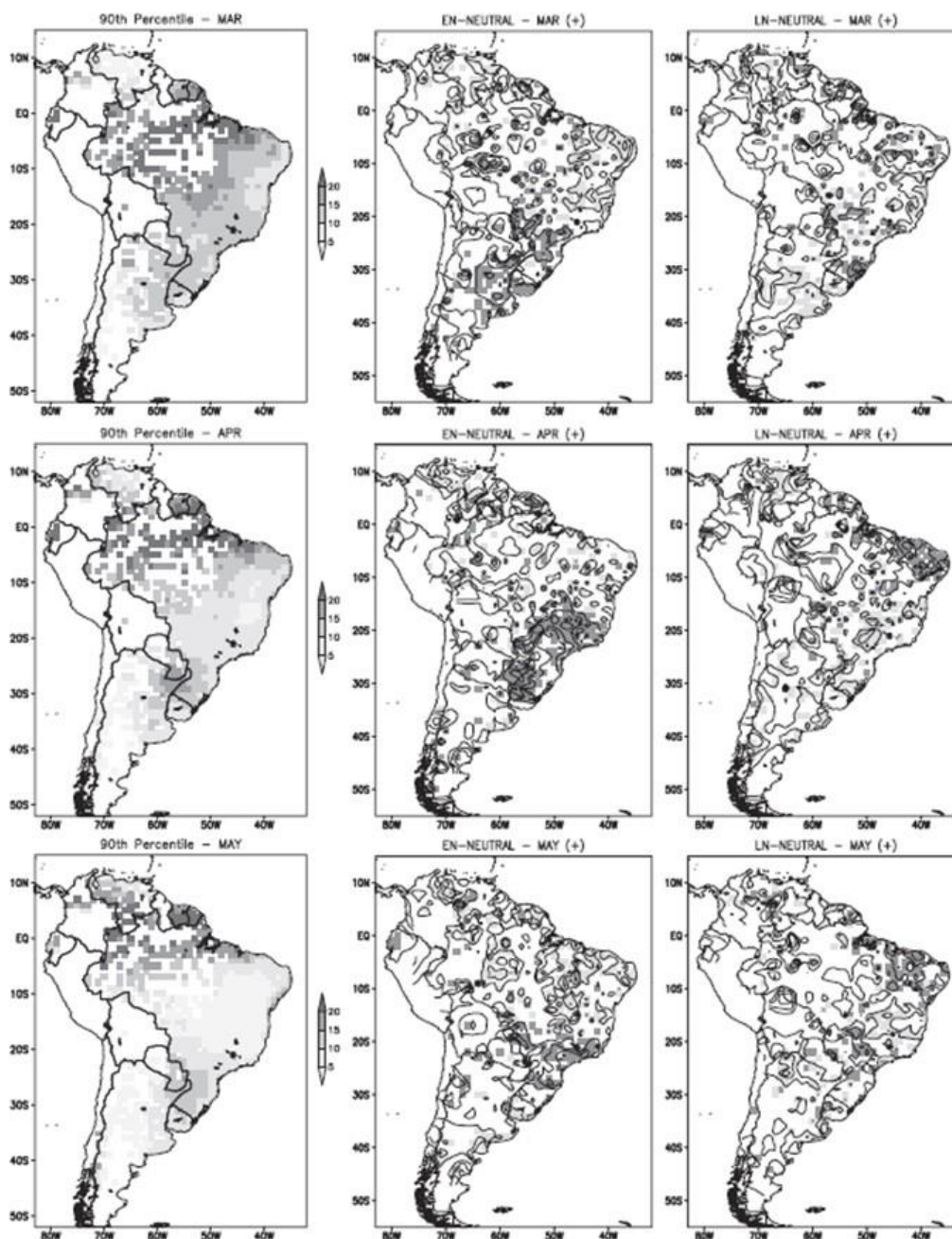


Figura 23 - Distribuição média do percentil 90 da precipitação diária, diferença entre o número de eventos extremos em anos de EN e anos neutros, igualmente para LN, para os meses de março, abril e maio.

Fonte – Grimm e Tedeschi, 2009.

A partir destes parâmetros, os eventos extremos ou excepcionais são um dos fios condutores da abordagem adotada neste estudo. Nesta perspectiva, o espaço geográfico é o receptáculo do ritmo climático e depositário final e obrigatório do evento, revelando as repercussões na forma de impacto. Dessa forma, nesta pesquisa, o significado do conceito de eventos extremos, pode aferir o interesse em ultrapassar a quantificação, classificação e caracterização dos eventos extremos com base matemático-estatística, considerando que esses, além de serem produto da intensidade, velocidade, frequência, ocorrência no contexto espaço-tempo, são resultado da produção desigual de espaço geográfico em níveis de vulnerabilidade ao ritmo climático.

Em suma, com base na estratégia de investigação da variabilidade, que deve enfocar repercussões geográficas dos eventos extremos, e conforme as definições de Marengo (2009), infere-se que o contexto deste trabalho está para observação desses eventos no contexto da variabilidade climática nos eventos extremos de clima.

4.0 OS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS E SUA REPERCURSSÃO ESPACIAL

4.1 A TIPOLOGIA PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

4.1.1. Média Climatológica

A Organização Meteorológica Mundial define normais como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo, no mínimo, três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos”. Dessa forma, as informações aqui apresentadas são resultado da análise de dados levantados em 18 estações meteorológicas de superfície, operando durante anos do período de 1980 a 2010. Primeiramente, foi calculada a média climatológica para cada uma das estações, este índice corresponde à média do total pluviométrico anual e sazonal.

O cálculo das médias climatológicas foi realizado com o propósito de analisar a variabilidade espacial e temporal e também a variabilidade dos dias de chuvas com base nos anos selecionados. Esse estudo possibilitou observar que a Bacia do Alto Iguaçu é influenciada por diversas dinâmicas climáticas, além da maritimidade e efeito orográfico, por exemplo.

A Figura 24 apresenta a distribuição das médias climatológicas totais (período 1980-2010). Nota-se que os dados oscilam com valores de chuvas entre 1.300 e 2.000 mm, aproximadamente. A porção sudoeste da Bacia, mais precisamente os municípios de Contenda e Araucária, apresentam os menores valores, e a porção sudeste, onde se localiza o município de São José dos Pinhais, os maiores valores, com médias superiores a 2.000 mm. Sendo assim, a porção sudeste da Bacia apresenta grande influência da vasta área costeira, a qual determina a dinâmica de chuvas nessa área, sob a influência do oceano Atlântico. Observa-se, também, uma estreita relação entre os níveis de precipitação e a orografia, sendo que, de acordo com apontamentos de Silva (2006, p.12), “o regime de precipitação da porção Leste do Estado do Paraná é regulado pela orografia e pela brisa marítima, portanto, chove mais em maiores altitudes”. Destaca-se ainda, o fato do vento em 850 hPa apresentar componente predominantemente de norte, enquanto a média na superfície tende a ser de leste/nordeste, favorecendo a entrada de umidade e as precipitações nestas porções do município (GRIMM, 2009).

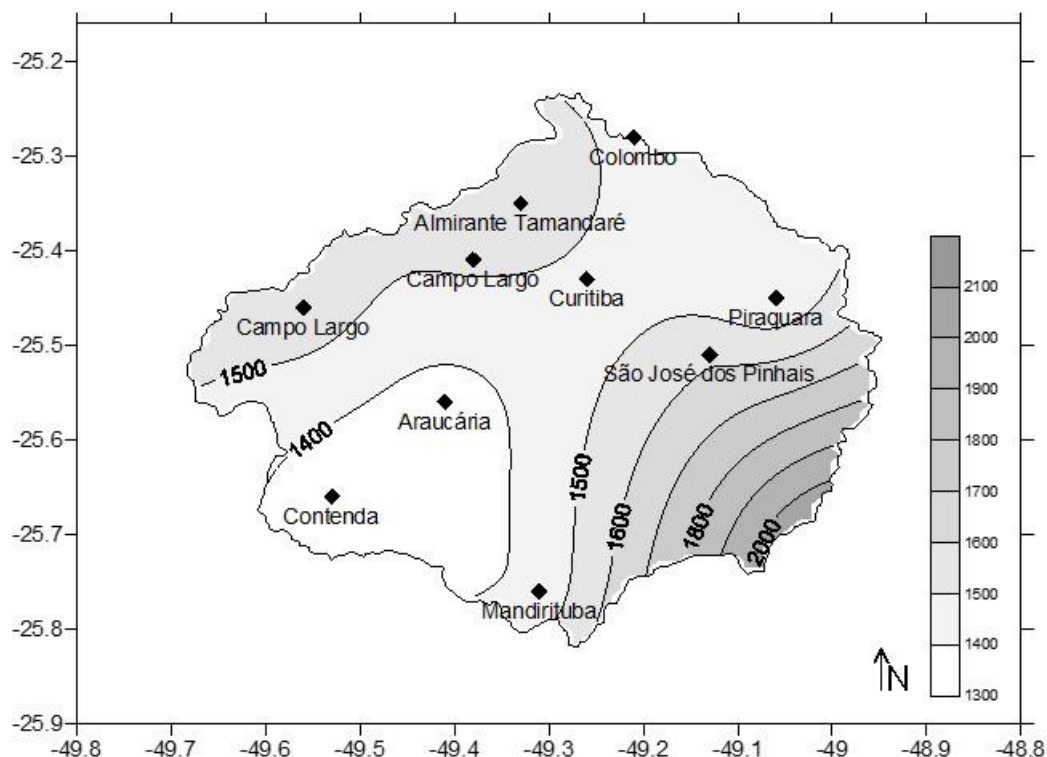


Figura 24 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial da chuva média anual (1980-2010).

Analisando os mapas sazonais, nota-se que durante as estações de primavera e outono (Figura 25 e Figura 26), a dinâmica climática se revela semelhante. A porção sudeste da Bacia, mais precisamente o município de São José dos Pinhais, estação de Guaricana, apresenta-se com os maiores médias, registrando em 500 mm para a primavera e 440 mm para o outono. Já as estações de Campo Largo e Almirante Tamandaré apresentam médias significativas, de 400 mm para a primavera e 320 mm para o outono. Nota-se que as estações meteorológica de SJP/Guaricana encontram-se localizada próxima à Serra do Mar; assim, está sob a influência direta dos sistemas atmosféricos atuantes de ordem leste/oeste, como a Massa Tropical Atlântica, além de sofrer influência da vegetação e orografia. Já as estações de Campo Largo, estão localizadas próximas à Escarpa de São Luiz do Purunã, estando sob influência do efeito orográfico.

Dessa forma, nota-se nos mapas de primavera, outono e inverno a existência de um corredor sudoeste/nordeste, onde estão localizadas as menores médias. Deste modo, a dinâmica climática possui relação direta com a formação do relevo, altitude e a velocidade do vento. A Bacia do Alto Iguaçu está compreendida entre a Serra do Mar e a Escarpa de São Luiz do Purunã, sendo que entre estas duas está

compreendida a calha do Rio Iguaçu, onde, associada à alta velocidade do vento, com entrada sudoeste, se torna favorável a entrada de massas de origem continental.

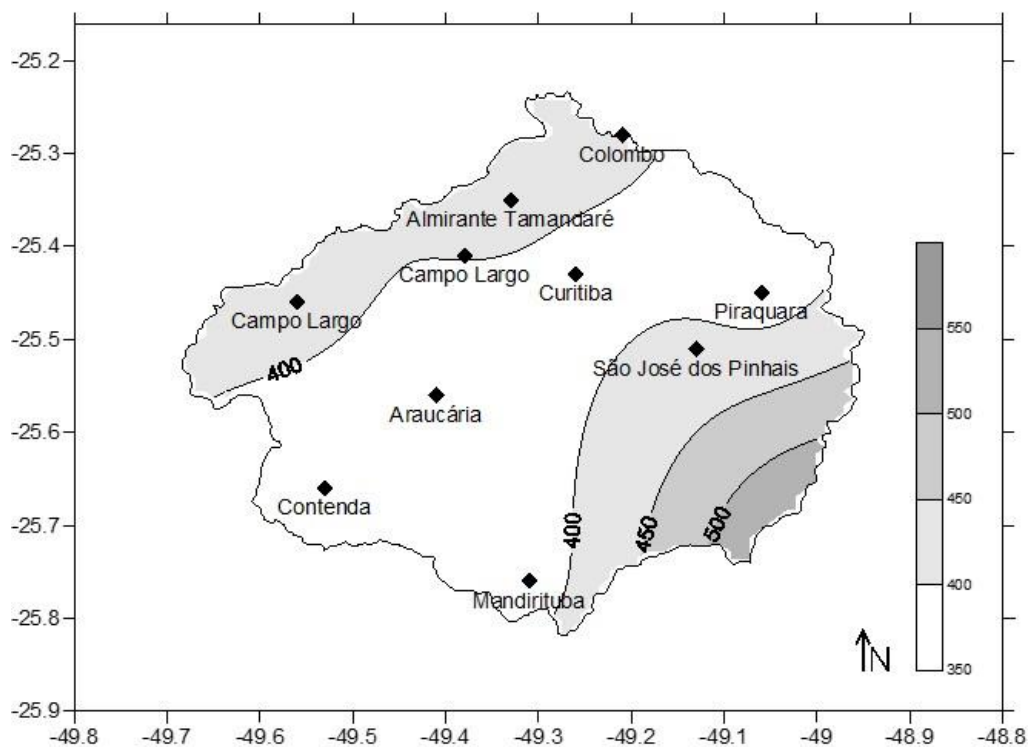


Figura 25 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva na primavera (1980-2010).

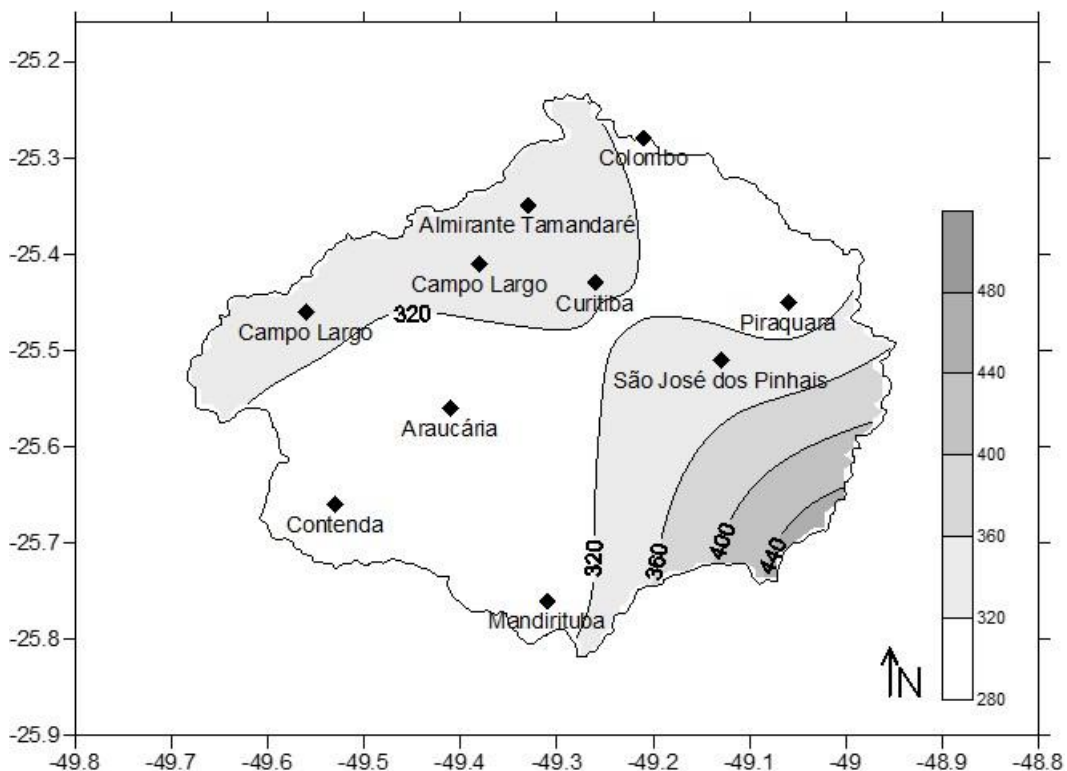


Figura 26 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no outono (1980-2010).

Dessa forma, nota-se que este corredor é superior no inverno (Figura 27), onde há maior entrada de sistemas frontais e frentes frias, com entradas sudoeste da Bacia, não havendo grande influência de sistemas leste/oeste, como a Tropical Atlântica. Nota-se que não há grande amplitude das médias durante esta estação do inverno, variando apenas 100 mm entre os dados. As maiores médias estão localizadas nos municípios de São José dos Pinhais e Campo Largo, registrando, em média, 300 mm para o período.

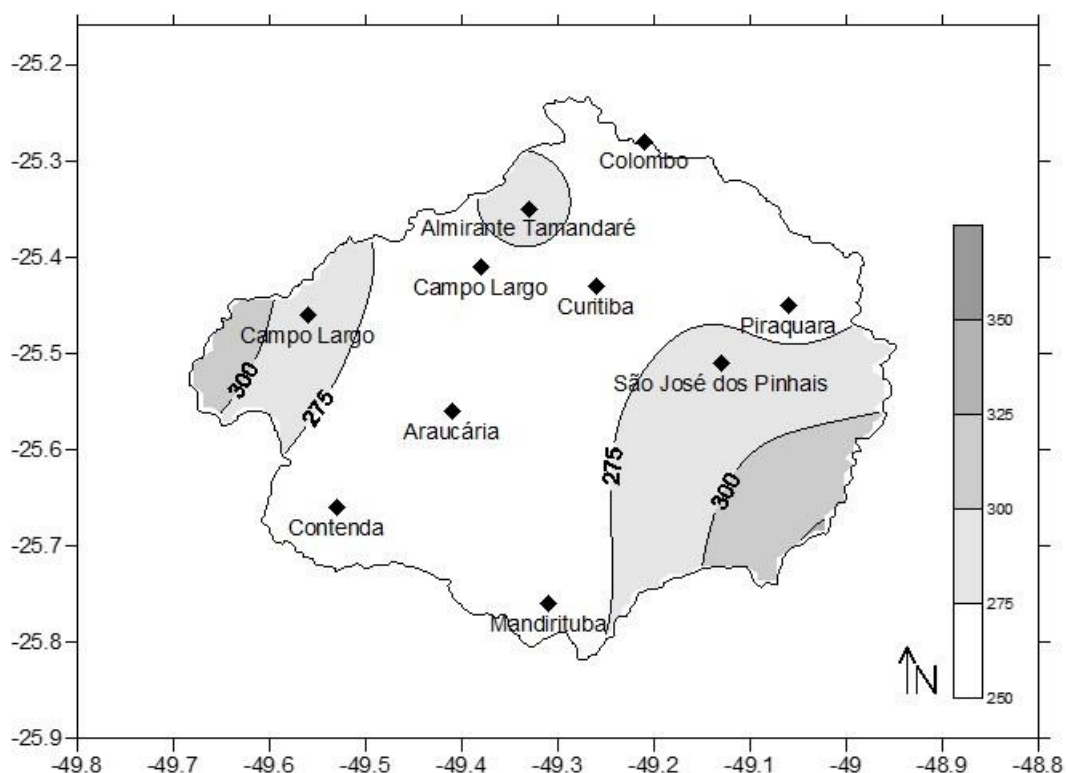


Figura 27 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no inverno (1980-2010).

No verão, a dinâmica climática se mostra diferenciada em relação às outras estações do ano. O corredor sudoeste/nordeste ainda persiste, por conta do relevo, porém a dinâmica leste/oeste se evidencia. Nesta estação do ano, há maior influência das chuvas e dos ventos vindos do mar, com maior atuação da Massa Tropical Atlântica e a confluência de ar úmido da Amazônia, possuindo um papel importante na chuva dessa região, provocando precipitações pluviais de intensidade em curto espaço do tempo. De acordo com a Figura 27, pode-se observar que as médias na porção variam entre 700 mm a 450 mm, aproximadamente. Pode-se observar que as

maiores chuvas estão concentradas na parte sudeste da Bacia e as menores chuvas na sudoeste.

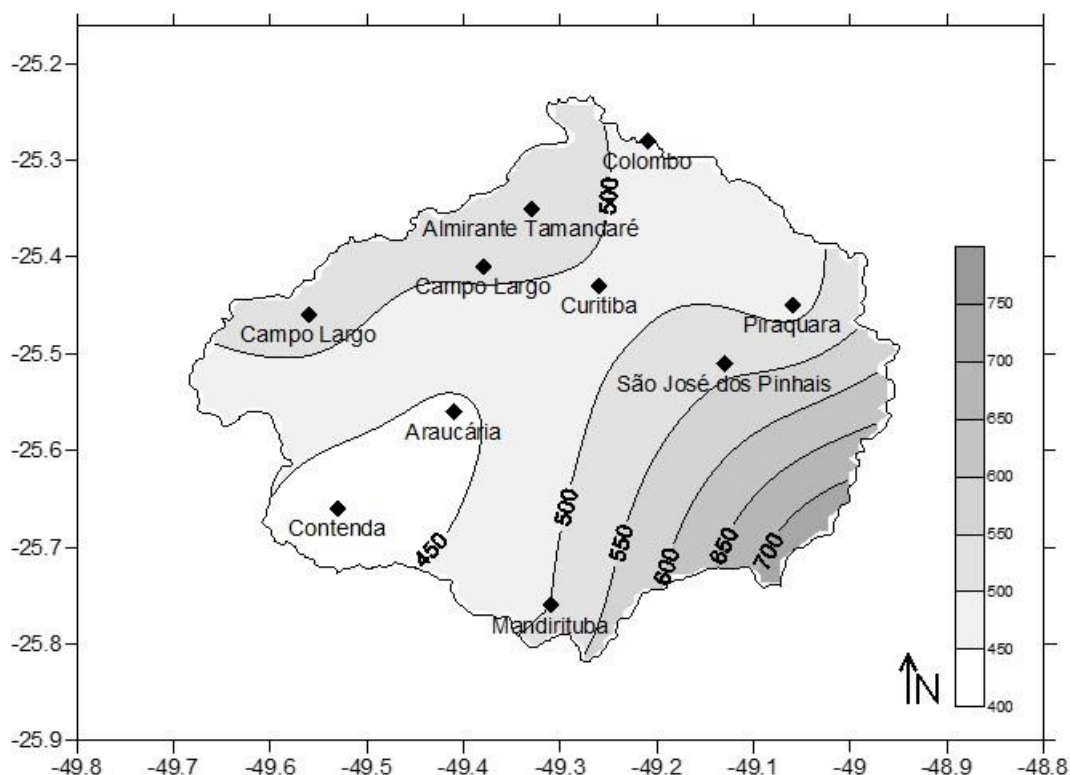


Figura 28 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR: Distribuição espacial média da chuva no verão (1980-2010).

4.1.2 Tendência para o Total Anual

A análise de tendência foi realizada para as 18 estações estudadas. Dessa forma, foi utilizado o teste de Mann-Kendall para verificar possíveis tendências, tanto positiva, quanto negativa, ou mesmo nula. Primeiramente, foi realizado o teste para o total anual e, seguidamente, para os totais sazonais. Posteriormente, foram espacializadas as estações as quais obtiveram tendências.

A identificação de alterações nos registros meteorológicos é de grande importância para os estudos de Climatologia que utilizam as séries históricas, pois tanto as simulações como as aplicações de teorias de probabilidade são realizadas com a hipótese de que as séries históricas são homogêneas, isto é, que não apresentem tendências. A tendência climática é uma mudança caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro. A mudança climática abrupta é uma mudança abrupta e permanente, durante longo

período de registro, de um valor médio para outro. O problema da existência ou não de tendência nas séries de precipitação pluvial na Região Metropolitana de Curitiba tem sido objeto de muitas especulações, principalmente devido às enchentes que ocorreram nas décadas de 80 e 90. A dificuldade no estabelecimento de existência de tendência está na grande variabilidade natural dos dados meteorológicos. Dessa forma, o trabalho visa usar a análise estatística para identificar tendências anuais e diárias da precipitação pluvial.

Primeiramente foram analisados os totais anuais de precipitação. O teste (Tabela 7) revelou que apenas uma estação apresentou tendência positiva, com significância de 90%, a de Palmeira/Colônia. Nota-se que este resultado representa apenas 5,5% dos resultados.

Tabela 7 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Anual (mm)

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Significância.
Almirante	1980	2010	31		0,92	
Araucária	1980	2010	31		-0,20	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-0,65	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		1,36	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,48	
Campo Largo/Don	1980	2010	31		0,85	
Colombo	1980	2010	31		-1,00	
Contenda	1980	2010	31		-0,88	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		0,78	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		0,95	
Mandirituba	1980	2010	31		1,24	
Piraquara	1980	2010	31		-0,78	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		1,39	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		0,34	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,82	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		1,87	+
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		1,09	
Lapa	1980	2010	31		0,34	

Nota-se, segundo o Gráfico 1, que o aumento dos totais pluviométricos, para esta estação se dá na década de 1990, destacando os anos de 1996, 1997 e 1998, sendo que anos de 1997 e 1998 foram registrados anos de El Niño forte.

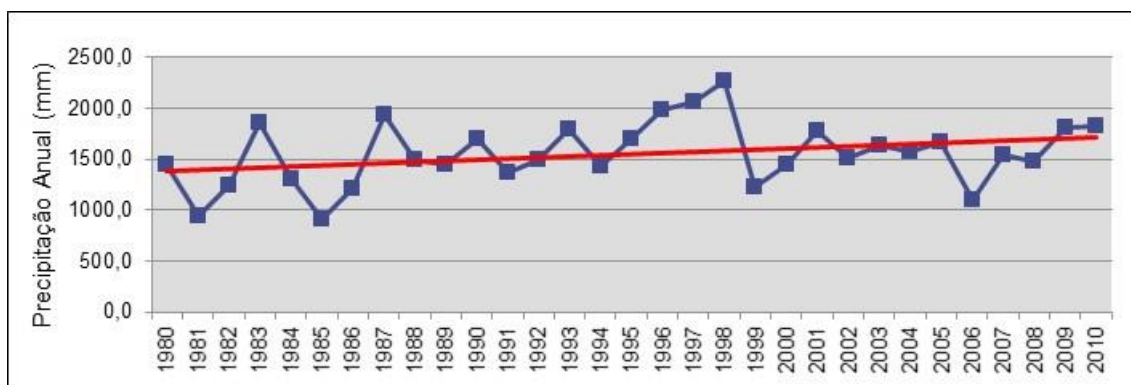


Gráfico 1 - Palmeira-Colônia: Tendência pluvial total anual (1980-2010)

4.1.3 Tendência para o Total Sazonal

Foram aplicados testes estatísticos de análises não paramétricas por meio do teste Sazonal de Mann-Kendall para verificar a ocorrência de tendências estatisticamente significativas nas séries de dados temporais. A visualização dos totais das variáveis selecionadas corresponde à análise exploratória do padrão temporal dos dados de precipitação. Na Tabela 8 está apresentado o cálculo da estatística Sazonal de Mann-Kendall para verificar se há tendência estatisticamente significativa nas séries temporais de dados de precipitação registrados no posto meteorológico.

Tabela 8 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Primavera (mm)

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Significância.
Almirante	1980	2010	31		1,14	
Araucária	1980	2010	31		1,16	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		0,68	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		2,11	*
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		0,34	
Campo Largo/Don Colombo	1980	2010	31		1,33	
Contenda	1980	2010	31		-0,14	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		1,46	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		1,36	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		0,99	
Mandirituba	1980	2010	31		2,53	*
Piraquara	1980	2010	31		0,27	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		1,97	*
SJP/Guaricana	1980	2010	31		0,82	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,88	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		2,11	*
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		1,60	
Lapa	1980	2010	31		1,29	

A primavera apresentou 04 estações com tendência positiva de precipitação, com significância de 95% para ambas as estações, como pode ser observado na Figura 29. Estas tendências correspondem aos municípios de Campo Largo/Itaqui, Mandirituba, São José dos Pinhais/Fazendinha e Palmeira/Colônia e correspondem a 22,2% do total analisado. Nota-se, que as estações encontram-se na parte oeste, sul e sudeste da Bacia, ambas as estações encontram-se acima dos 900m de altitude e próximas a Serra do Mar e a Escarpa de São Luiz do Pununã, com exceção da estação de Mandirituba. É de grande importância salientar que a estação da Primavera, segundo Grimm *et al.* (1998), possui grande variabilidade climática, com significativas oscilações interanuais de chuva em razão dos episódios de El Niño – Oscilação Sul (EN) e La Niña (LN).

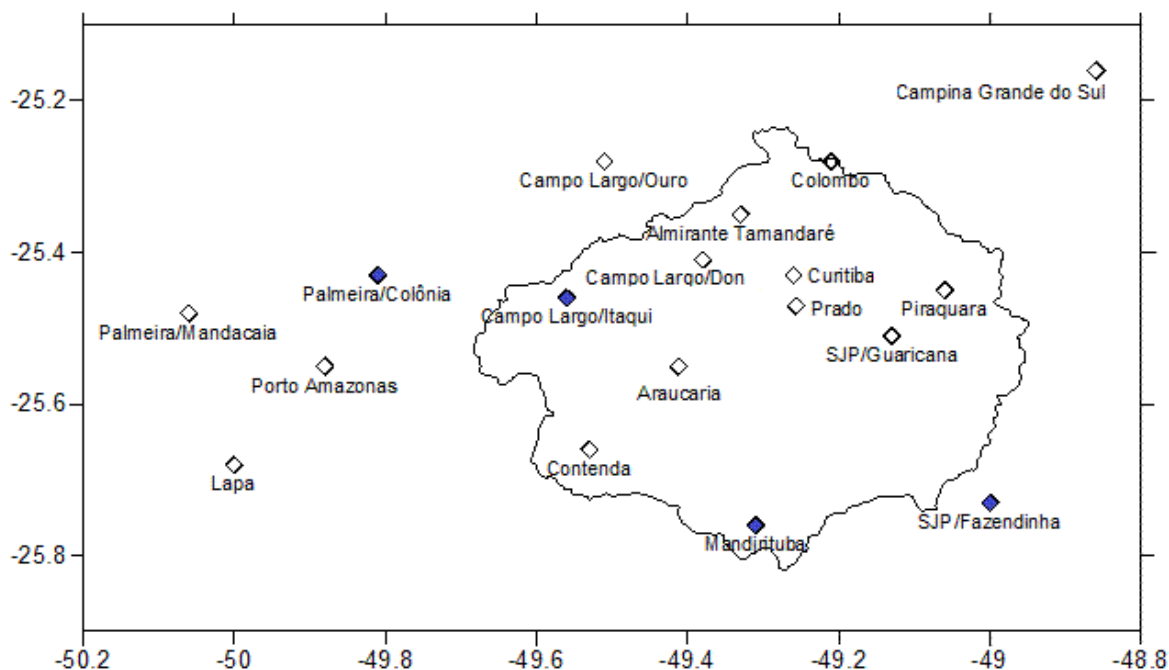


Figura 29 – Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para o Total Sazonal Primavera

Analisando os gráficos abaixo, nota-se que para ambas as cidades, as maiores médias ocorrem em anos de El Niño Forte, como os anos de 1982, 1993, 1997, 1998 e 2005 e 2009 (EN Fraco). Relacionando este fato com as tendências apresentadas, verifica-se, segundo CPTEC, que a década de 80 apresentou quatro anos com episódios de EN, sendo dois episódios fortes (1982 e 1983) e dois moderados (1986 e 1988). Já a década de 90, apresentou 06 episódios, sendo dois fortes (1994 e 1995) e quatro moderados (1990, 1993, 1997 e 1998). A década de

2000 apresentou 08 episódios, sendo dois moderados (2002 e 2003) e seis fracos (2004, 2005, 2006, 2007, 2009 e 2010).

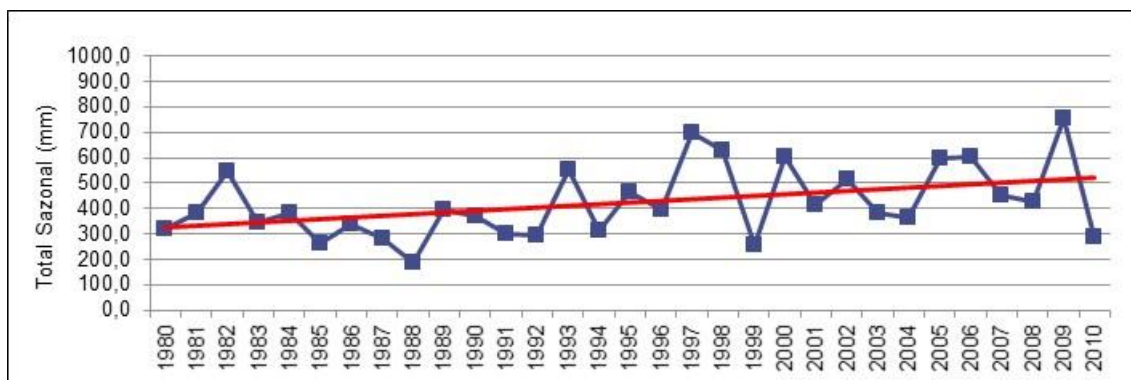


Gráfico 2 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluviométrica total sazonal primavera (1980-2010)

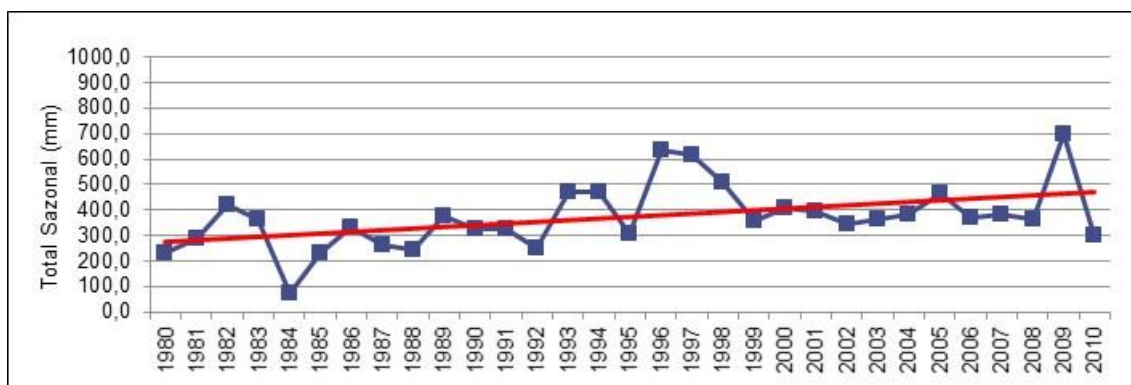


Gráfico 3 - Mandirituba: Tendência pluviométrica total sazonal primavera (1980-2010)

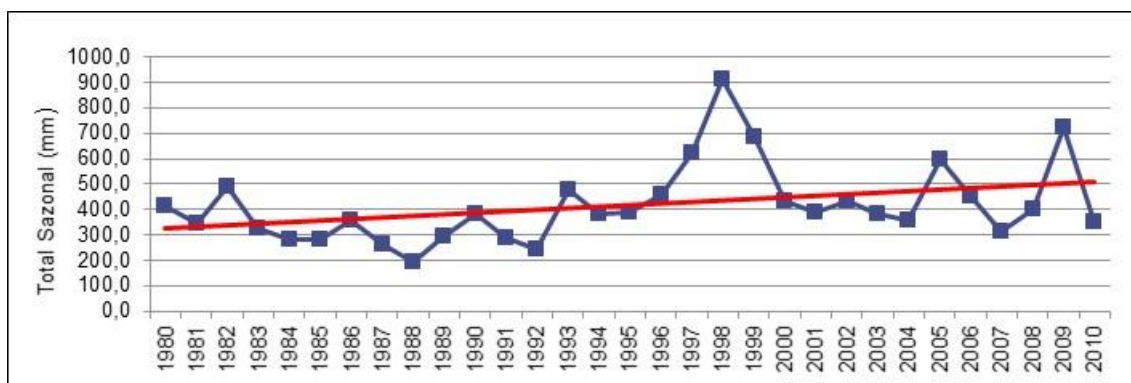


Gráfico 4 - SJP/Fazendinha: Tendência pluviométrica total sazonal primavera (1980-2010)

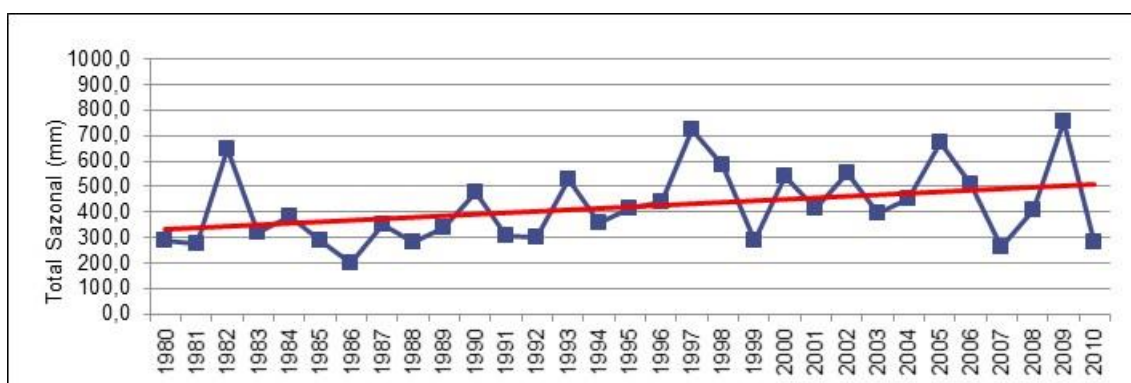


Gráfico 5 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica total sazonal primavera (1980-2010)

Durante os episódios de verão, apenas a estação de Mandirituba apresentou tendência positiva com significância de 95% para os eventos de precipitação (Tabela 9). É importante ressaltar que a dinâmica climática para as estações de primavera e verão são diferenciadas. Conforme comentado acima e na bibliografia, a primavera é a estação do ano que está sob influência dos episódios de EN, já o verão está sob influências de outros tipos de sistemas, como as ZCAS e Massa Tropical Atlântica, além de outros sistemas.

Tabela 9 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Verão (mm)

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Significância.
Almirante	1980	2010	31		0,65	
Araucária	1980	2010	31		-1,02	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-0,24	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		0,24	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		0,31	
Campo Largo/Don Colombo	1980	2010	31		-0,10	
Contenda	1980	2010	31		-1,16	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		-0,24	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		0,31	
Mandirituba	1980	2010	31		0,51	
Piraquara	1980	2010	31		2,01	*
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		-0,88	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		0,99	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,41	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		0,27	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		0,88	
Lapa	1980	2010	31		0,48	
					-0,10	

Analisando o Gráfico 6, nota-se que os anos com as maiores médias foram em anos de EN, como 1995, 1997, 1998, 2007 e 2010. Segundo Carvalho (2002), existe uma relação entre os eventos de ZCAS durante episódios de El Niño. O autor resalta que, durante os meses de verão, em anos de El Niño, registram-se as maiores ocorrências de eventos com convecção intensa. Além disso, existe uma maior frequência de convecção intensa sobre a parte continental da ZCAS associada a períodos neutros e de LN quando comparado a ZCAS oceânica (Carvalho 2004). Isso é mais evidente quanto maior a persistência temporal dos eventos.

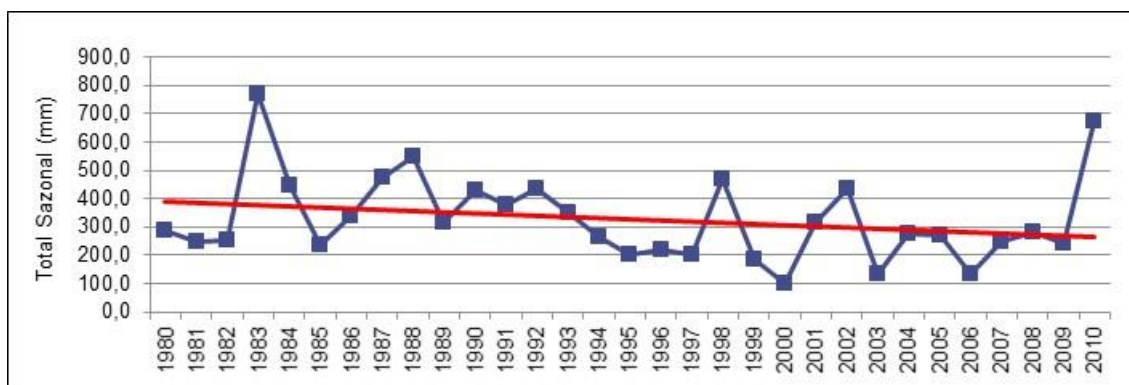


Gráfico 6 - Mandirituba: Tendência pluvial total sazonal verão (1980-2010)

Durante a estação do outono, apenas a estação de Campina Grande do Sul apresentou tendência negativa de precipitação para o total sazonal, com significância de 90%, conforme a Tabela 10 e o Gráfico 7. Esta tendência representa apenas 5,5% do total analisado, não sendo, assim, uma avaliação representativa para a área de estudo.

Tabela 10 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Outono (mm)

Time series	First year	Last Year	n	Test		Significância.
				S	Test Z	
Almirante	1980	2010	31		-0,48	
Araucária	1980	2010	31		-1,16	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-1,73	+
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		0,17	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,68	
Campo Largo/Don	1980	2010	31		0,32	
Colombo	1980	2010	31		-0,71	
Contenda	1980	2010	31		-0,68	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		0,03	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		-0,92	
Mandirituba	1980	2010	31		-0,73	
Piraquara	1980	2010	31		-0,12	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		-0,24	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		-0,82	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,02	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		0,58	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		-0,20	
Lapa	1980	2010	31		-0,70	

Analisando o Gráfico 7, nota-se que a partir da década de 90 as médias sofrem decréscimo.

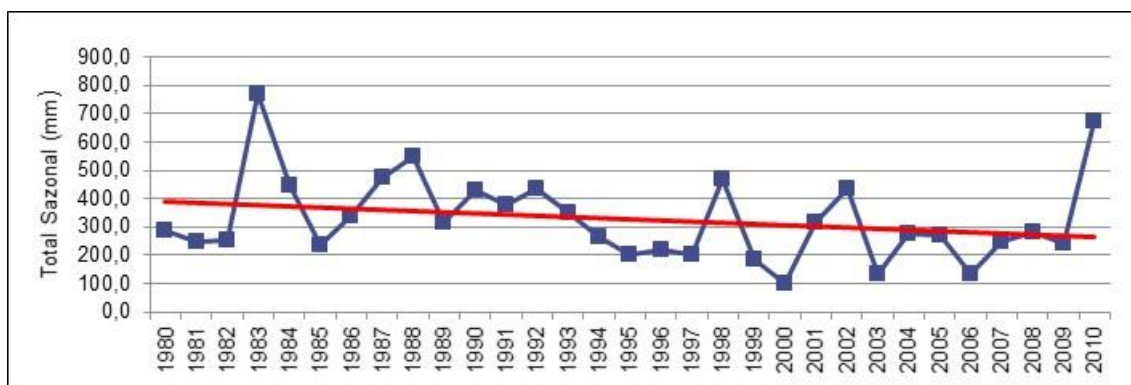


Gráfico 7- Campina Grande do Sul: Tendência pluvial total sazonal outono (1980-2010)

A análise dos meses de inverno mostra, segundo a Tabela 11, que não houve tendência durante esta estação do ano. Sendo assim, o total pluviométrico para os meses de inverno não apresentou desvio para nenhuma das estações analisadas.

Tabela 11 - Teste Estatístico de Mann-Kendall para o Total Sazonal Inverno (mm)

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Significância.
Almirante	1980	2010	31		0,14	
Araucária	1980	2010	31		-0,58	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-0,99	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		0,17	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,99	
Campo Largo/Don	1980	2010	31		0,14	
Colombo	1980	2010	31		-0,78	
Contenda	1980	2010	31		-1,19	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		-0,37	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		-0,27	
Mandirituba	1980	2010	31		-0,42	
Piraquara	1980	2010	31		-0,51	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		0,14	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		-0,24	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,20	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		0,17	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		-0,37	
Lapa	1980	2010	31		-0,54	

4.2 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA

4.2.1 Frequência total

O estudo da análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo de chuvas, devido à grande variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial, que não pode ser prevista com bases puramente determinísticas. Dessa forma, os índices relacionados com a frequência da precipitação nos ilustram sobre a velocidade com que se sucedem os eventos chuvosos em certo intervalo temporal. Sendo assim, tomou-se como índices de frequência o número de dias de chuva acima de 0,1 mm.

Desse modo, com o intuito de compreender a dinâmica espacial dos eventos de pluviosidade, foram analisados e classificados os eventos de pluviosidade com o objetivo de compreender a dinâmica pluviométrica. Dessa forma, a frequência dos eventos foram classificadas em: chuva ligeira, moderada, intensa, muito intensa e extrema, segunda a classificação de Herrezuello (2003), a qual possibilitou observar a variabilidade espacial dos eventos.

Primeiramente, foi analisado e mapeado o número total de dias com chuva e, posteriormente, o número total de dias com chuva para cada uma das estações do ano entre 1980 a 2010. Nesta primeira análise, foram considerados todos os eventos de chuva acima de 0,1 mm.

Dessa forma, considerando a Figura 30, para a frequência total, nota-se que a dinâmica ocorre com maior frequência na porção leste da Bacia, registrando 5700 casos na estação de Guaricana, mais precisamente no município de São José dos Pinhais. A cidade de Curitiba, ao norte da Bacia, apresentou-se com aproximadamente 5200 casos, estando atrás somente da estação de Guaricana. Nota-se que a porção oeste registrou os menores valores, mais precisamente nos municípios de Campo Largo, Balsa Nova, Araucária e Contenda, registrando entre 2900 a 3400 eventos.

Analisando sazonalmente a frequência dos eventos totais, nota-se que a primavera foi responsável por 25,9% do total analisado. A dinâmica climática se mostra de leste/oeste, sendo novamente a estação de Guaricana com o maior número de registros, com 1567. A porção norte, mais precisamente os municípios de Curitiba

e Colombo, também se destacaram, com 1272 e 1163 registros. A porção oeste, mais precisamente onde estão localizados os municípios de Contenda, Campo Largo e Araucária, registraram as menores frequências, respectivamente 769, 741 e 779.

Analisando a frequência dos eventos totais de verão, nota-se que esta estação apresentou o maior número de registros, entre 900 a 1600 casos, representando, proporcionalmente, uma média de 32,6% do total. As isolinhas apresentam-se no sentido leste/oeste, assim como o mapa dos totais. Essa dinâmica ocorre por conta dos sistemas atmosféricos atuantes nos meses do verão. Seguidamente, a primavera foi a segunda estação do ano com o maior frequência de eventos de pluviosidade.

O outono mostrou-se como a terceira estação com o maior número de eventos, estando entre 600 a 1300 casos, representando uma média de 23,6% dos totais analisados. A dinâmica mostrou-se equivalente às abordadas acima, porém nesta estação do ano, a cidade de Curitiba se sobressai juntamente com a estação de Guaricana/São José dos Pinhais, com o maior número de registros.

Já o inverno apresentou, em média, com 18% dos totais de eventos analisados, registrando entre 500 a 900 registros. A dinâmica encontra-se marcada de leste/oeste, com ênfase para as cidades de Curitiba, Colombo e São José dos Pinhais, registrando, 990, 864 e 970. Ao oeste, os menores registros encontram-se nas cidades de Contenda, Araucária e Campo Largo, marcando 560, 512 e 500 (Estação Don Pedro).

No que concerne à variabilidade sazonal, constata-se o predomínio das precipitações no verão (32,6% em média) e primavera (25,9%), em detrimento dos meses de outono (23,6%) e inverno (18%). Ressalta-se que estes processos relacionam-se aos sistemas atmosféricos que atuam sobre a Bacia. Segundo Grimm (2009), no âmbito do verão e primavera, as principais massas atuantes são a Tropical Atlântica (TA), Equatorial Continental (EC), atrelada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Tropical Continental (TC), as quais se alternam com a Polar Atlântica (PA), enfraquecida. Nesta época, as precipitações são mais intensas devido aos aportes de umidade, geradores de instabilidades na atmosfera em face das convecções.

Durante o inverno e outono, destacam-se as massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica, esta última pode ser observada durante o ano todo, embora mais frequente no âmbito do inverno, apresentando descontinuidades evidenciadas pela Frente Polar Atlântica, a qual culmina em intensas nebulosidades e chuvas. Este período é

marcado por precipitações frontais, preponderantemente. Nas estações de transição, salientam-se também os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), sendo responsáveis por grande parte das precipitações no período (GRIMM, 2009).

Além da variabilidade espacial e sazonal, há também a variabilidade climática, com significativas oscilações interanuais de chuva em razão dos episódios de El Niño – Oscilação Sul (EN) e La Niña (LN). De acordo com Grimm *et al.* (1998), o EN impacta fortemente a frequência de eventos extremos de precipitação sobre o Sul do Brasil, ao passo que diminuem consideravelmente em anos de LN.

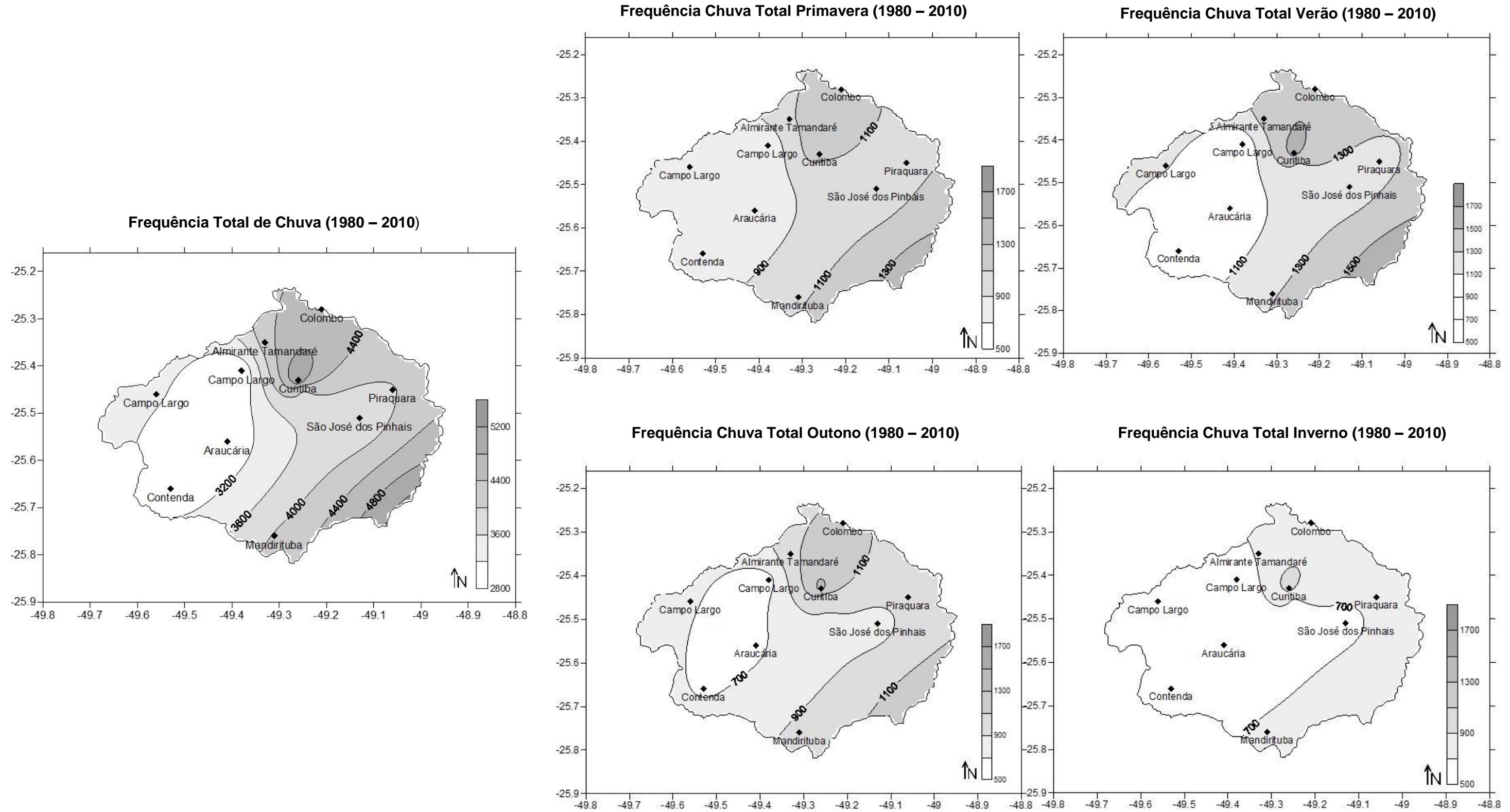


Figura 30 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010)

4.2.2 Frequência Categoria Ligeira

Nesta categoria, foram considerados os eventos compreendidos entre 0.1mm a 2.5mm/24h. Dessa forma, primeiramente, foi realizada a análise das chuvas totais e, posteriormente, sazonais, conforme a Figura 31. Nota-se que esta classe de precipitação ocorre com maior frequência na porção norte da Bacia, variando entre 1000 a 2400 casos. Nesta porção, estão compreendidas as cidades de Almirante Tamandaré, Curitiba e Colombo. A ocorrência do número de frequência decresce na parte oeste, apresentando em média 600 casos, mais precisamente nos municípios de Campo Largo, Balsa Nova, Araucária e Contenda.

A análise sazonal obedece a mesma dinâmica da análise dos totais. A primavera representou em média 23,9% do total analisado. A estação de Curitiba/Curitiba apresentou a maior frequência, com 537 registros, seguido por Colombo, com 425; ambas as estações estão localizadas ao norte da Bacia. Os municípios ao oeste da Bacia registraram as menores frequências, como Contenda, Araucária e Campo Largo/Don, com 146, 144 e 100 registros.

O verão registrou, em média, 29,7% do total da frequência analisada. Em relação ao número de registros, a cidade de Curitiba/Curitiba e Colombo apresentaram os maiores registros, com 624 e 508 eventos. Já os municípios de Campo Largo/Don, Contenda e Araucária apresentaram os menores registros. Já o outono foi responsável por 27,1% do total da frequência analisada, a cidade de Curitiba apresentou o maior número de eventos, com 750 dias. Vale ressaltar que para esta categoria analisada, a estação de outono mostrou-se significativa, estando somente atrás do verão. A dinâmica espacial mostrou-se parecida, sendo a porção norte com o maior registro de frequência e a porção oeste com o menor número.

O inverno apresentou 19,1% dos totais dos eventos analisados. A dinâmica climática apresentou-se de forma semelhante, sendo o norte com o maior número de eventos e o oeste com o menor número. Dessa forma, os registros foram entre 240 a 440 no inverno, entre 360 a 680 no outono, 280 a 440 na primavera e 320 a 560 no verão. Vale ressaltar que as condições do sítio urbano de Curitiba favorecem a entrada e permanência da umidade, visto que a cidade situa-se entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana. Desse modo, a umidade proveniente do oceano, atrelada à Massa Tropical Atlântica (MTA) é barrada pelo relevo, configurando um predomínio de dias nublados e com chuvas na classe ligeira, entre 0,1 e 2,4 mm/ 24h.

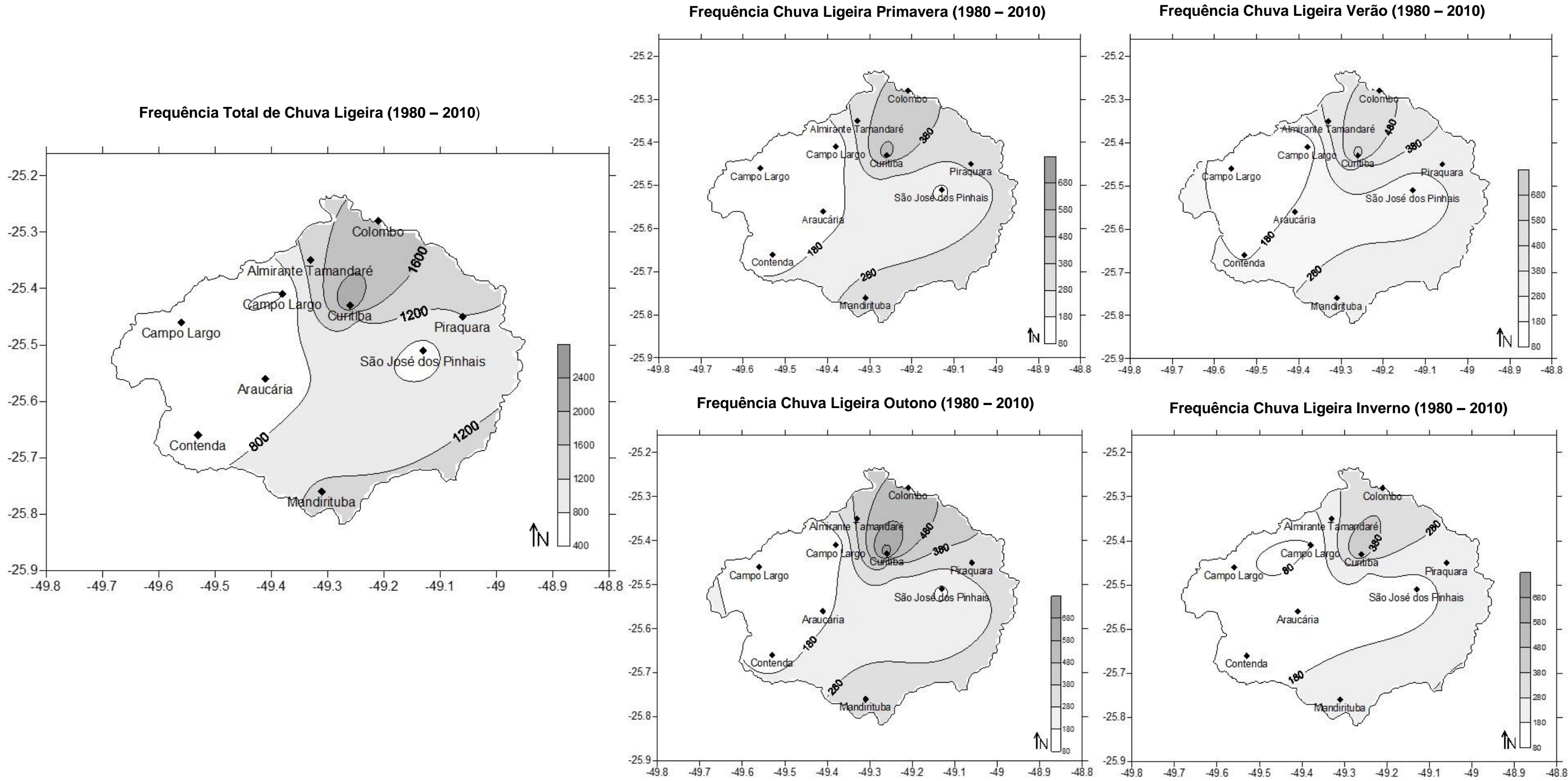


Figura 31 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Ligeira

4.2.3 Frequência Categoria Moderada

As chuvas dispostas na categoria moderada apresentam precipitação entre 2,5 mm a 7,5mm/24h e estão dispostas na Figura 32. O mapa total de chuva moderada apresentou distribuição crescente de eventos de leste para oeste, os maiores valores se concentram nos municípios próximos à Serra do Mar, como São José dos Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e Fazenda Rio Grande; já a parte central da Bacia apresenta valores médios variando entre 1050 a 1150, onde estão compreendidos os municípios de Curitiba, Pinhais Colombo e Almirante Tamandaré. Os valores mais baixos, entre 700 a 800 casos, estão localizados na parte sudoeste e pertencem ao municípios de Contenda, Araucária e Campo Magro.

Os mapas de frequência sazonal apresentaram características semelhantes aos mapas de frequência total. O inverno registrou o menor número de casos, decrescendo de leste para oeste, variando entre 246 casos em São José dos Pinhais a 113 em Araucária. O outono apresenta distribuição semelhante ao inverno, porém com maior número de registros; os maiores valores foram registrados nos municípios de São Jose dos Pinhais, Colombo e Piraquara, variando entre 404, 243 e 267, e a área de ocorrência de menor número de registro mostra-se maior em relação ao mapeamento do inverno, estendendo-se entre Araucária e Campo Largo, registrando 164 e 177 eventos.

Os maiores valores registrados na primavera apresentam-se na parte leste e as menores na porção oeste. Os menores valores encontram-se nos municípios de Araucária, Campo Largo e Contenda, e o maiores valores estão nos municípios de São Jose dos Pinhais, Piraquara e Mandirituba. Já os meses de verão compreenderam os maiores valores registrados e obedecem a mesma distribuição espacial ocorrida nos outros meses de análise. Os municípios próximos à Serra do Mar, porção leste, apresentam maior número de registro para esta classe de precipitação; já o centro da Bacia, onde estão localizados os municípios de Curitiba, Colombo, Mandirituba e Fazenda Rio Grande, apresenta valores médios entre 300 a 350 e a parte oeste apresenta os menores valores, principalmente os municípios de Campo Largo, Contenda e Araucária.

Nota-se que esta classe de precipitação ocorre com menor frequência que a classe de precipitação ligeira. O maior valor observado na classe ligeira total foi de

1911 registros na estação de Curitiba, enquanto para esta classe foi observado 1564 registros na estação de Guaricana em São José dos Pinhais.

Outro fato importante é que a amplitude da frequência aumenta conforme o aumento do número dos registros, neste caso as menores amplitude foram registradas no mês de inverno, com amplitude de 143 casos, outono com 216, primavera com 257 e verão com 273.

Para esta categoria, observa-se uma estreita relação entre os níveis de precipitação e a orografia, sendo que, de acordo com apontamentos de Silva (2006, p.12), “o regime de precipitação da região Leste do Estado do Paraná é regulado pela orografia e pela brisa marítima, portanto, chove mais em maiores altitudes”. Neste sentido, Nery *et al.* (2002) constataram que a maior frequência de dias com chuva ocorre na porção leste do estado. Estas condições são também observadas em Curitiba, uma vez que o predomínio das precipitações, em todas as classes, ocorre principalmente nas porções nordeste e leste do município, que apresentam as maiores altitudes, dada a proximidade com a Serra do Mar.

Destaca-se ainda, o fato do vento em 850 hPa apresentar componente predominantemente de norte, enquanto a média na superfície tende a ser de leste/nordeste, favorecendo a entrada de umidade e as precipitações nestas porções do município (GRIMM, 2009).

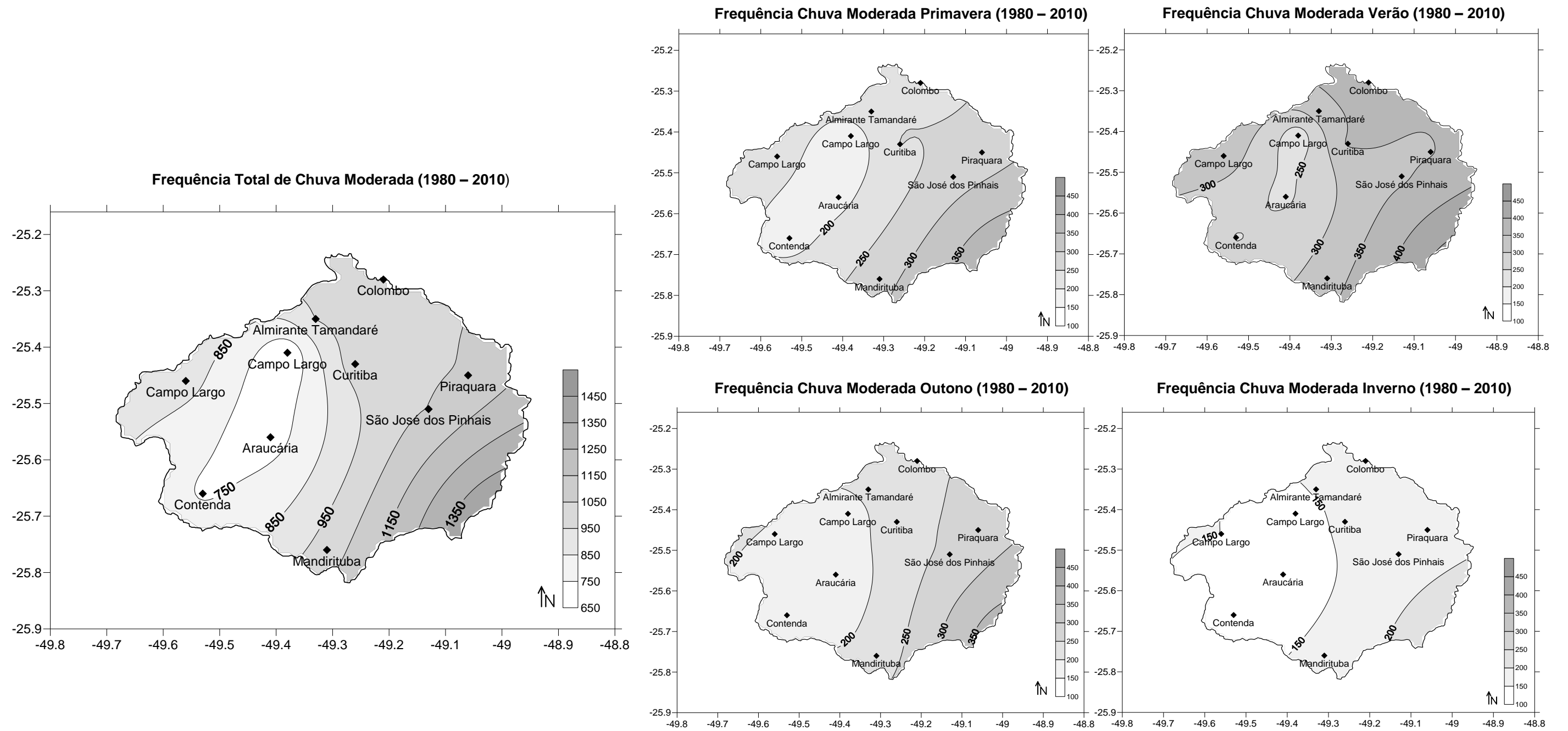


Figura 32 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Moderada

4.2.4 Frequência Categoria Intensa

A classe de frequência de chuva intensa está compreendida entre 7,5 mm a 15,0 mm/24h de pluviosidade. Esta classe de chuva ocorre com menos frequência e apresenta dinâmica climática espacial semelhante às analisadas acima. A Figura 33, compreende a frequência total de chuva intensa e apresenta os maiores registros na parte sudeste da Bacia, precisamente nos municípios de São José dos Pinhais, porém a parte noroeste registra um valor sobressalente em Campo Largo (Itaqui). Desta forma, a dinâmica apresenta-se menos estratificada de leste para oeste, porém ainda evidente. Os municípios localizados ao leste da Bacia possuem maior frequência de chuva, no entanto, os municípios com menor frequência estão localizados pontualmente ao sudoeste da Bacia, como Contenda, Araucária e Balsa Nova.

Analisando os mapas sazonalmente, nota-se que existe variabilidade entre eles, diferentemente dos demais analisados, onde a característica marcante é a disposição dos dados de leste para oeste. Esta disposição ainda pode ser vista nas estações de transição como outono e primavera, porém possuem menores diferenças nos meses de inverno e verão.

O inverno apresenta valores entre 99 (Araucária) a 172 dias de chuva (São José dos Pinhais – Guaricana) e os maiores registros estão dispostos na parte sul e sudeste da Bacia; já a parte com menor frequência está localizada nos municípios de Contenda e Araucária. O outono apresenta amplitude de frequência maior que o inverno e os menores valores estão concentrados nas cidades de Araucária (138), Contenda (135) e Campo Largo (Colônia - 135), já os maiores valores pertencem a Campo Largo (Ouro Fino – 200), São Jose dos Pinhais (Guaricana – 274) e Mandirituba (182).

A primavera apresenta maior homogeneidade dos dados, apresentando uma menor amplitude entre eles. Os maiores valores estão localizados na parte sudeste e os menores na parte sudoeste/nordeste. O fator marcante desta estação é a homogeneidade espacial contida entre os valores 200 a 250, estando localizados no corredor sudoeste/nordeste da Bacia. O verão configurou-se de forma semelhante à primavera, apresentando a formação de um corredor de eixo sudoeste/nordeste com baixa frequência, diferente do outono e inverno, onde os núcleos apresentam-se concentrados na parte sudoeste da Bacia.

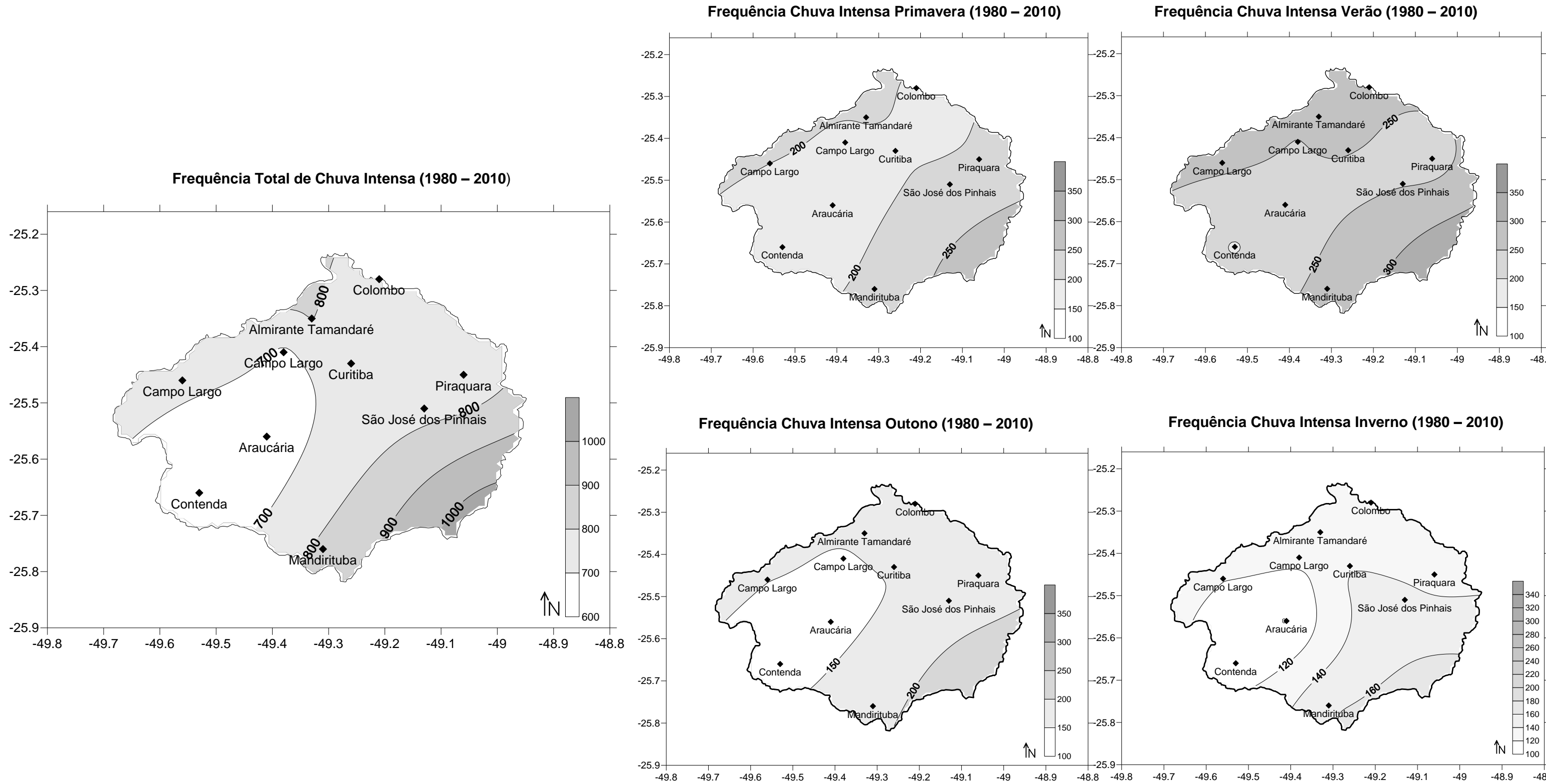


Figura 33 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Intensa

4.2.5 Frequência Categoria Muito Intensa

A classe de frequência de chuva muito intensa está compreendida entre 15,0 mm até/igual o valor do percentil 95% para cada uma das estações utilizadas. Esta classe de chuva ocorre com menor frequência e apresenta dinâmica climática espacial diferenciada. A Figura 34, na qual está compreendido o mapa de frequência total de chuva muito intensa apresenta os maiores registros na parte sudeste da Bacia, precisamente nos municípios de São José dos Pinhais, e os menores registros ao sudoeste e nordeste da Bacia, mas precisamente nos municípios de Contenda, Araucária, Mandirituba, Colombo e Piraquara.

Nota-se, na análise deste mapa, assim como dos dados da tabela (em anexo), que a estação de Guaricana/São José dos Pinhais, registrou o maior número de eventos, com 998, registrando quase o dobro das outras estações meteorológicas. Isso ocorre pois esta estação está inserida dentro da Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, estando localizada ao sopé da Serra do Mar.

Analisando os mapas sazonalmente, nota-se que existe variabilidade entre eles. Durante os meses de primavera, os maiores registros estão localizados a sudeste, no município de São José dos Pinhais/Guaricana, com 265 registros; já os menores estão localizados ao sudoeste, nos municípios de Mandirituba, com 102 registros, e Araucária com 109 eventos. Já o verão apresenta dinâmica parecida com a primavera, porém com maior número de registros. Nota-se que os maiores valores das isolinhas estão presentes nas porções leste e oeste da Bacia, com ênfase para os municípios de São José dos Pinhais/Guaricana, com 342 e 201 em São José dos Pinhais/Fazendinha, seguido por Almirante Tamandaré com 162 registros e Campo Largo/Itaqui com 158. Já os menores registros foram em Araucária, Contenda e Colombo, com 141, 145 e 144, respectivamente

Ressalta-se que estes processos relacionam-se aos sistemas atmosféricos que atuam sobre a cidade, como já dito anteriormente. Durante episódios de verão e primavera, as precipitações são mais intensas devido aos aportes de umidade, geradores de instabilidades na atmosfera em face das convecções.

Já o outono e o inverno apresentaram dinâmicas distintas das outras estações do ano. Durante o outono, os maiores registros foram encontrados no município de São José dos Pinhais, mais precisamente na estação de Guaricana, com os respectivos valores de 243 registros e os menores registros foram encontrados em

Araucária e Mandirituba. Já durante o inverno, nota-se novamente a formação de um corredor sudoeste/nordeste, sendo novamente o município de Araucária com o menor registro, 56 casos, seguido por Curitiba e Mandirituba, com 68 e 75 registros.

Durante o inverno e outono, destacam-se as massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica; este período é marcado por precipitações frontais, preponderantemente. Nas estações de transição, salientam-se também os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), sendo responsáveis por grande parte das precipitações no período (GRIMM, 2009).

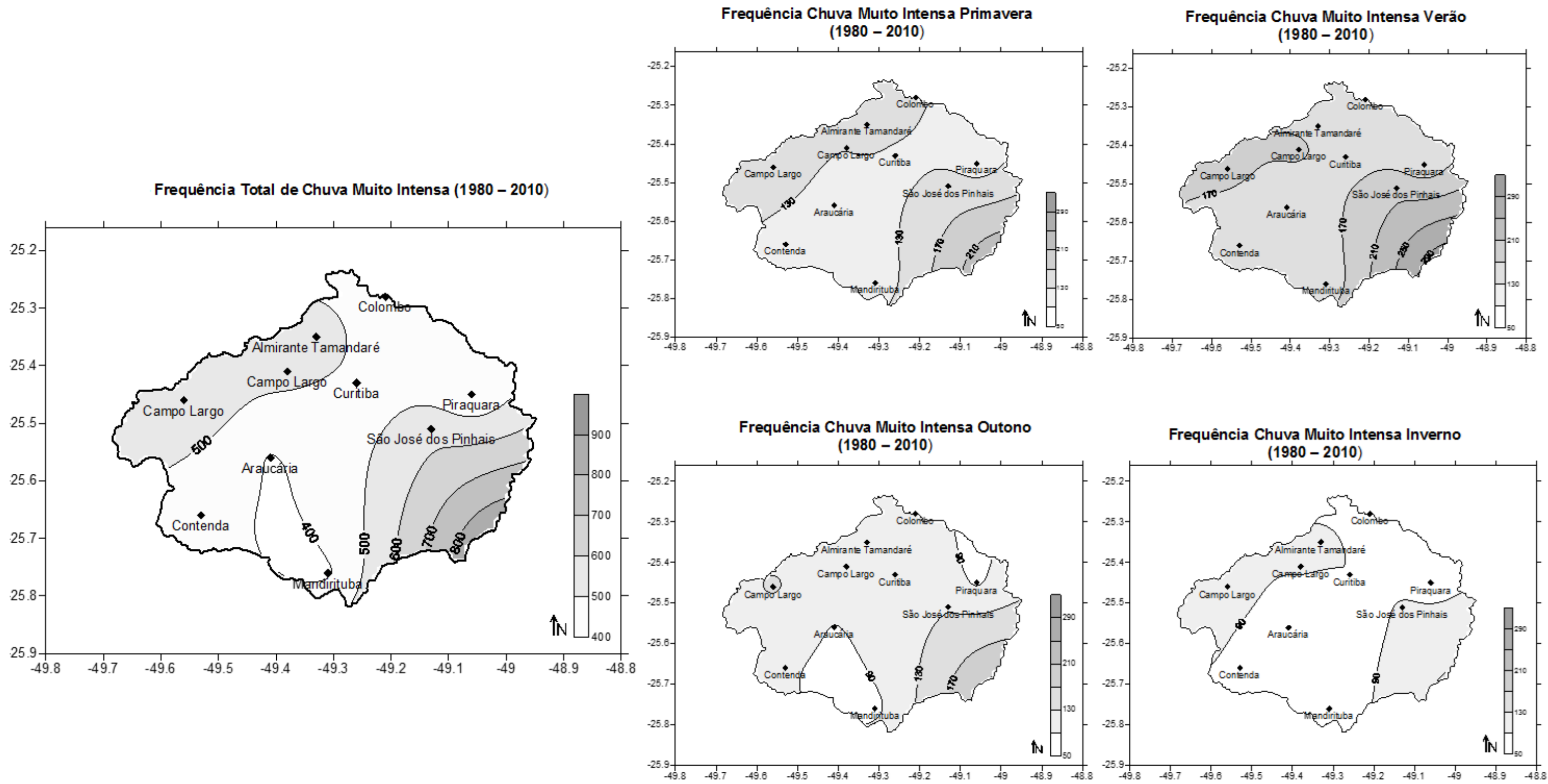


Figura 34 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Muito Intensa

4.2.6 Frequência Categoria Extrema

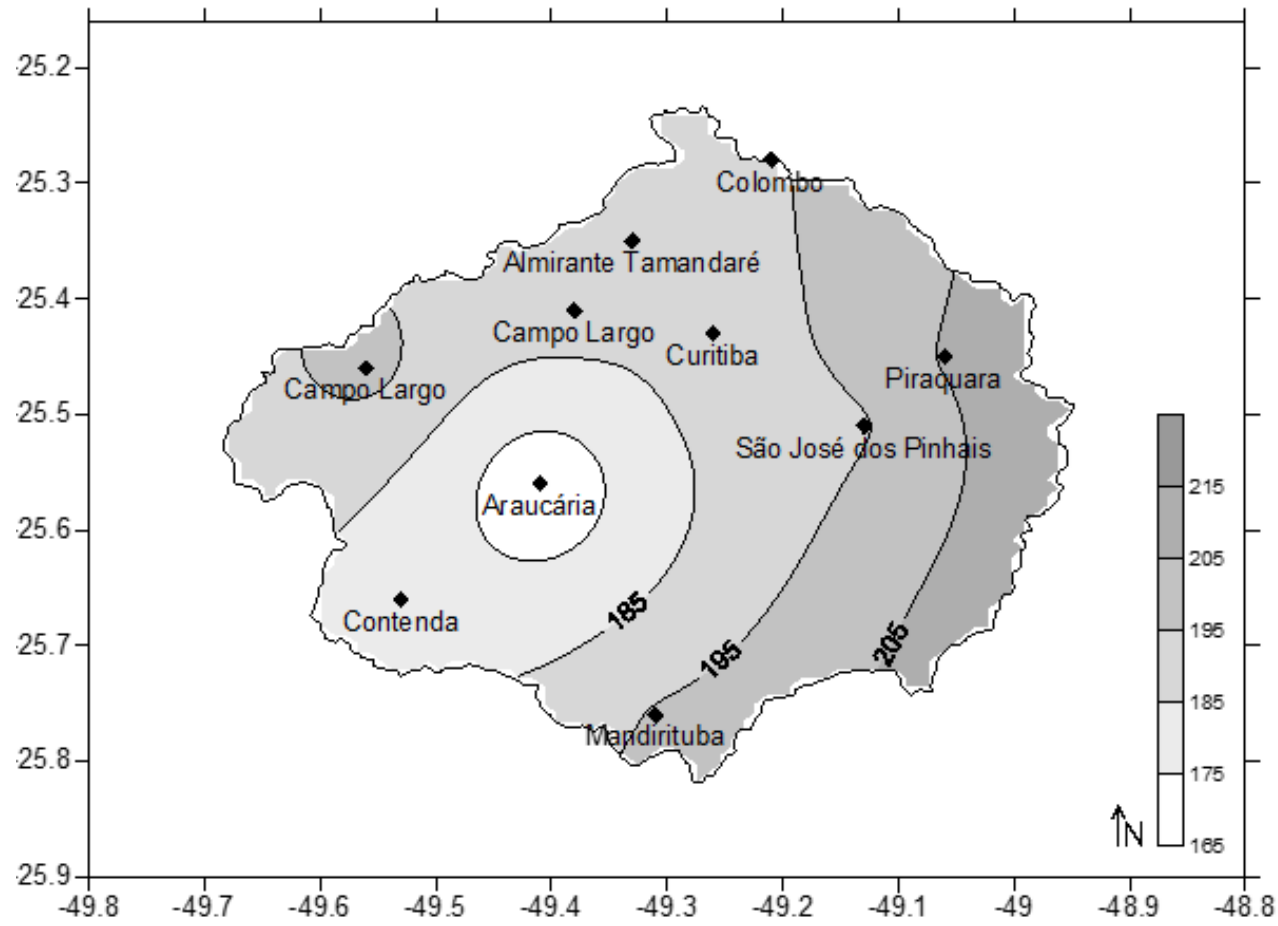
Analisando primeiramente o mapa das chuvas extremas totais, consideradas acima do percentil 95%/24h, nota-se que as isolinhas estão dispostas de leste/oeste, sendo a porção leste com o maior número de eventos. Observa-se, na Figura 35, que o município que apresentou o menor registro foi Almirante Tamandaré, com 549 eventos e, posteriormente, não houve muita variação de dados, sendo São José dos Pinhais/Fazendinha, com 567, e Campina Grande do Sul, com 606 eventos.

Realizando análise sazonal nota-se que há grande variabilidade da frequência das chuvas extremas no espaço analisado. Durante os meses da primavera, os eventos mostram-se com pouca variabilidade, sendo a estação de Colombo com o maior número de registros, 174 no total, representando 29,2% do total eventos anuais; já a estação de Almirante Tamandaré apresentou o menor registro, com 114 eventos, representando 20,8% dos totais analisados. Analisando os meses do verão, nota-se que a dinâmica apresentou-se distinta da análise da primavera, sendo a parte leste da Bacia com o maior número de eventos. A estação meteorológica de Guaricana, em São José dos Pinhais, apresentou o maior número de eventos, com 215, representando 37,7% do total dos dados analisados; já a estação de Araucária apresentou o menor registro, com 166 registros, representando 28,9% dos dados analisados. Desta forma, analisando o mapa para os meses do verão, observa-se que a frequência dos eventos extremos para o verão ocorrem de leste para oeste, sendo a porção sudoeste, mais precisamente as cidades de Araucária e Contenda, apresentando os menores registros.

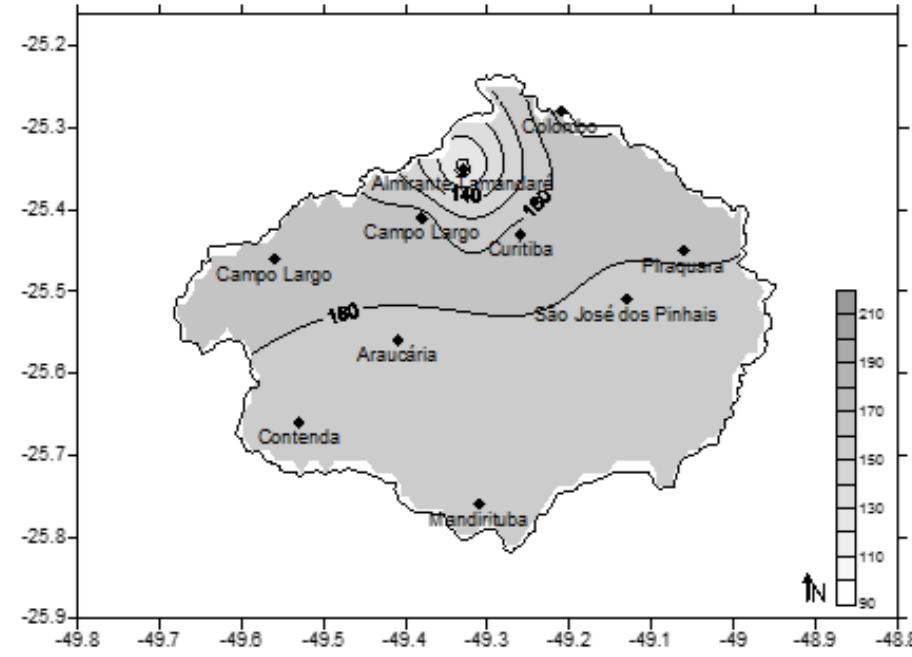
Analisando os mapas do outono, nota-se que a parte norte da Bacia, apresentaram a maior frequência para eventos extremos no outono, registrando 131, 130 e 126 eventos, correspondendo a 23,9%, 21,9% e 21,7%, respectivamente.

A dinâmica dos eventos ocorridos no inverno apresentaram-se diferenciados dos eventos ocorrentes nas outras estações e possuem uma dinâmica particular. A porção sudoeste da Bacia apresentou-se com o maior número de eventos, especialmente a estação de Araucária, com 136, representando 23,7% do total analisado, superando o outono, com 116 eventos. Já a estação de Guaricana, em São José dos Pinhais, apresentou o menor registro, com 87 eventos, representando apenas 15,2% do total dos dados analisados. Este fato ocorre por conta da dinâmica climática do inverno.

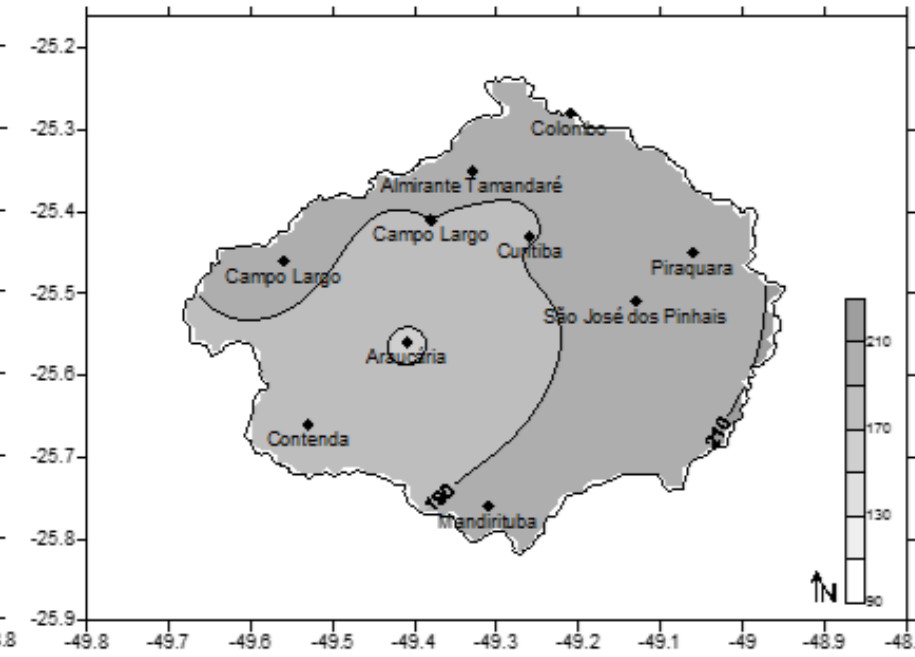
Frequência Total Chuva Extrema (1980 – 2010)



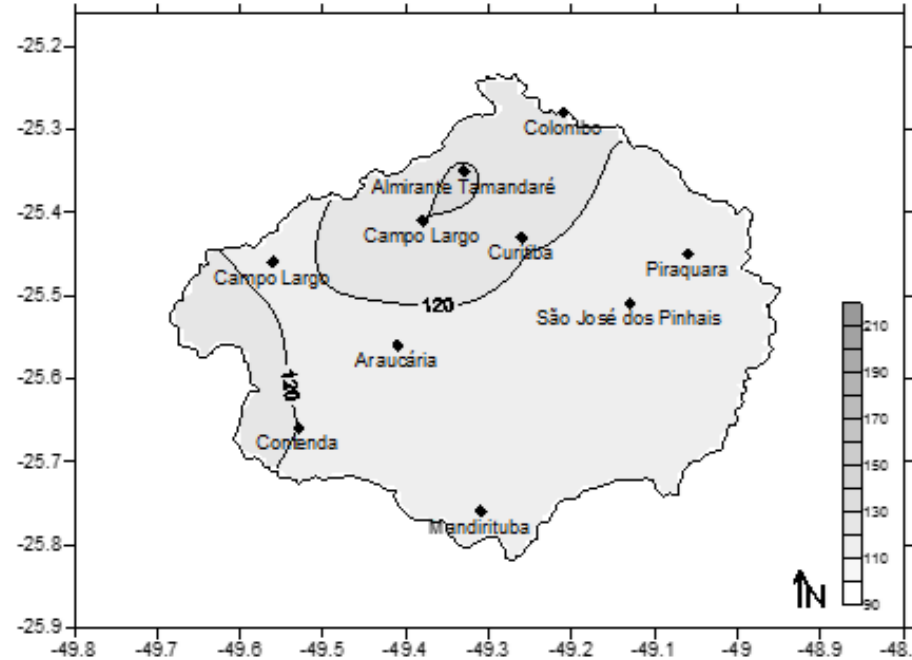
Frequência Chuva Extrema Primavera (1980 – 2010)



Frequência Chuva Extrema Verão (1980 – 2010)



Frequência Chuva Extrema Outono (1980 – 2010)



Frequência Chuva Extrema Inverno (1980 – 2010)

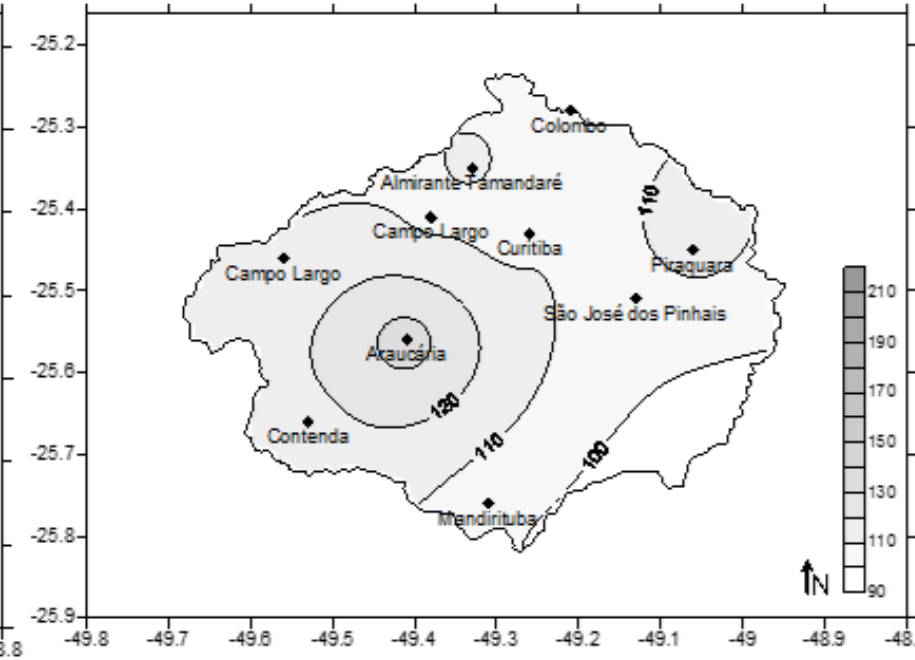


Figura 35 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Extrema

4.3 INTENSIDADE

4.3.1 Intensidade total

Os índices relacionados à intensidade da precipitação expressam a quantidade de água que se registra em cada evento chuvoso e servem como complemento ao estudo da frequência. Dessa forma, foi trabalhado, primeiramente, a quantidade de chuva acumulada e estacional em cada uma das categorias definidas anteriormente (chuva ligeira, moderada, intensa, muito intensa e extrema). Dessa maneira, a análise deste índice trará a compreensão sobre a estrutura da precipitação e sua evolução sobre a Bacia do Alto Iguaçu.

Analisando a Figura 36, na qual primeiramente foi analisada a intensidade total, nota-se que o volume de água concentra-se na porção oeste da bacia, mais precisamente nos municípios de campo largo e araucária. Comparando este mapa com o mapa de frequência, nota-se que esta porção apresentou o menor número de dias com precipitação, porém, apresentou os maiores índices de intensidade, dessa forma conclui-se que nesta região as chuvas são mais concentradas.

Essa dinâmica configura-se para todas as estações do ano. Durante a primavera, a porção oeste apresenta os maiores índices de intensidades, registrando 16,8 mm para Campo Largo/Don e 14,5 mm para Contenda. Os menores índices foram registrados em Curitiba, com 9,4 mm. Já o verão apresentou-se mais homogêneo, sendo novamente a porção oeste, mais precisamente a estação de Campo Largo/Don, com o maior registro (16,7 mm) e a porção norte com os menores registros (Curitiba 9,6 mm).

Durante o outono e o inverno, a configuração espacial, mostrou-se semelhante às outras estações do ano. A região norte apresentou os menores índices e a porção oeste apresentou os maiores índices. É de grande importância salientar que embora exista uma variabilidade de registros intrasazonais, esta variabilidade foi pequena. A primavera e o verão foram responsáveis pelos maiores índices, seguidos pelo inverno e, posteriormente, pelo outono. Outro ponto importante para análise mostra-se em relação à dinâmica espacial. A porção oeste apresentou os menores índices de frequência, tanto para os totais, como para a análise dos totais sazonais, porém apresentou os maiores índices de intensidade. Dessa forma, conclui-se que nesta região as chuvas apresentam-se mais intensas, porém menos frequentes.

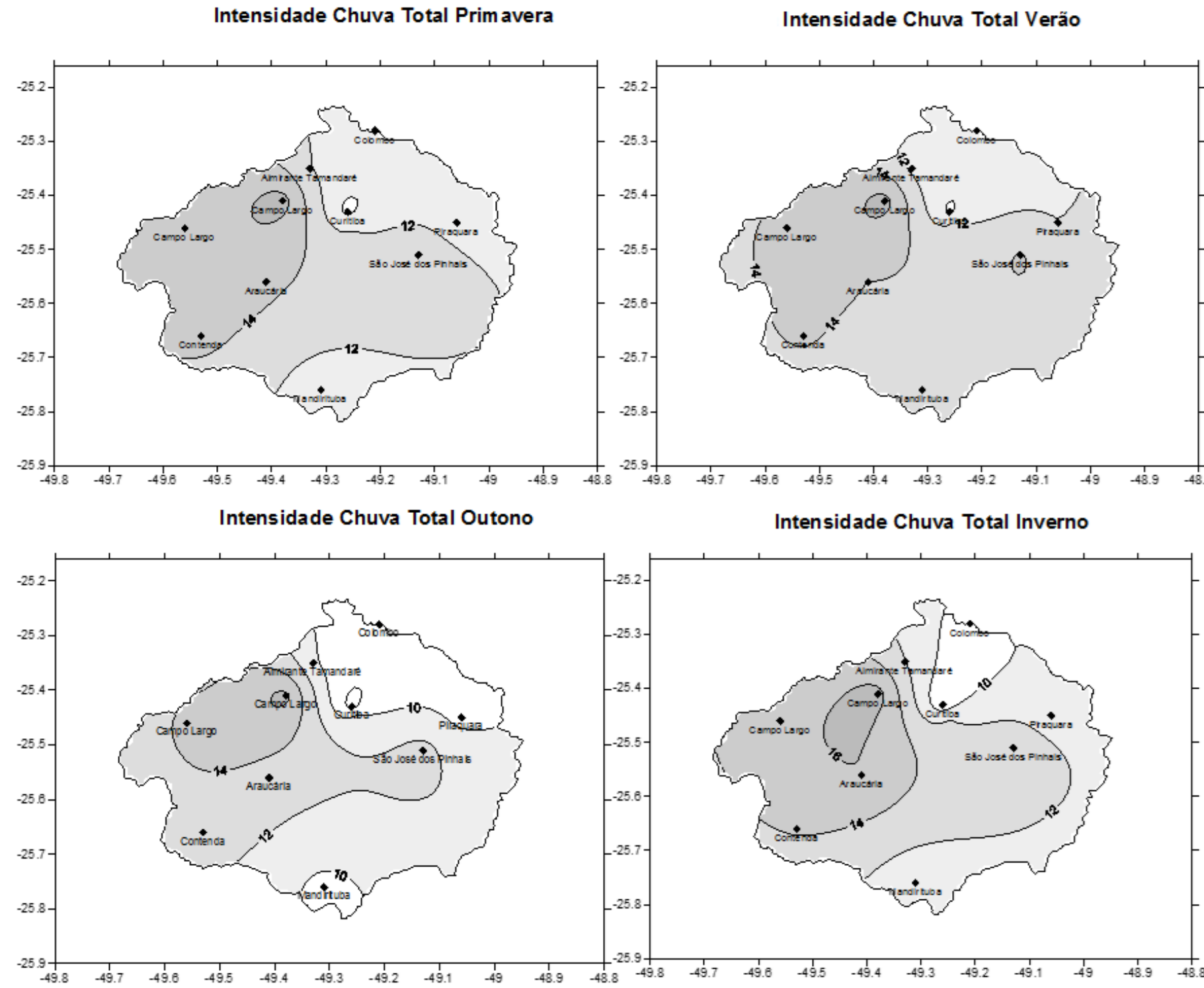
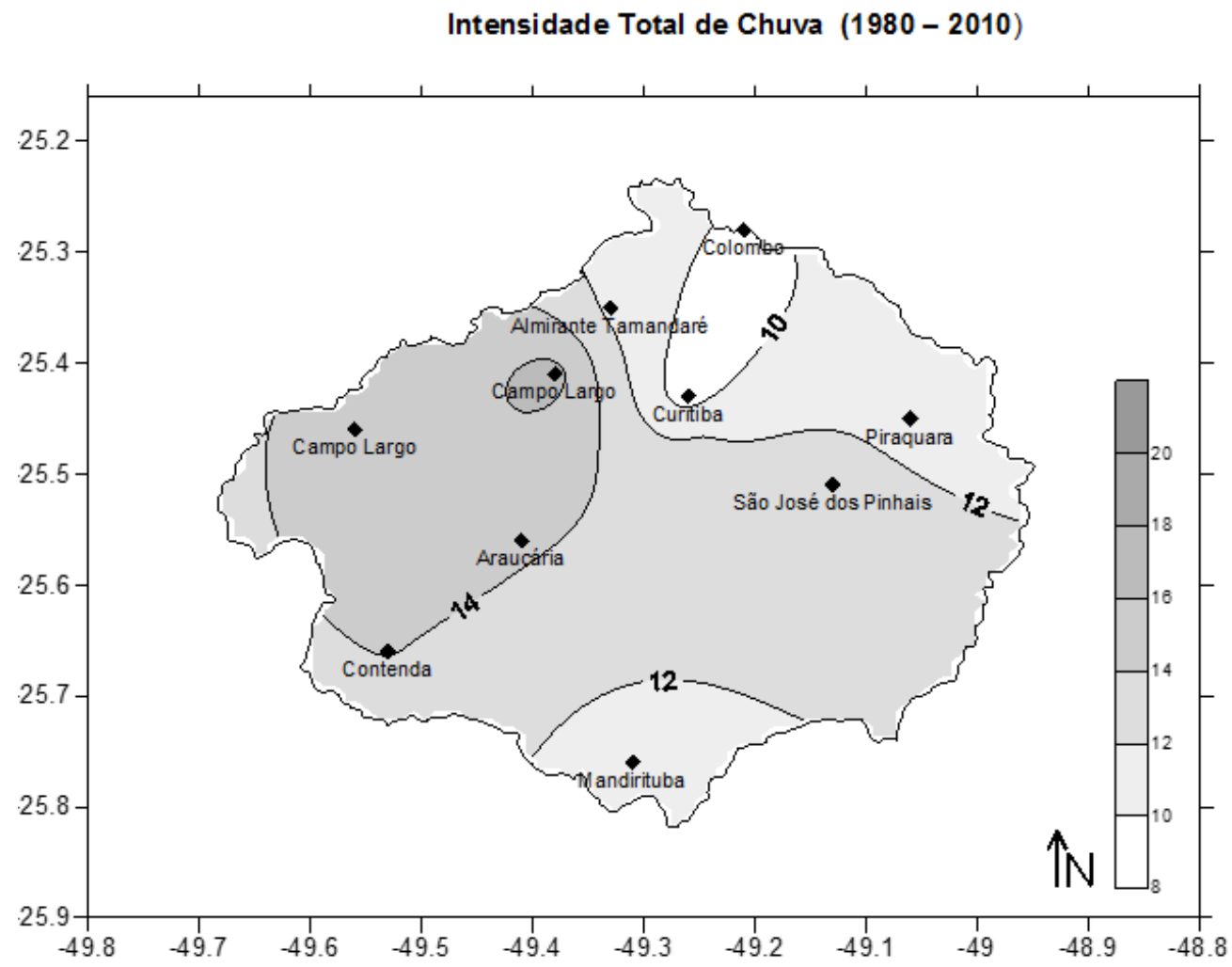


Figura 36 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010)

4.3.2 Intensidade Categoria Ligeira

Analisando a

Figura 37, na qual está compreendida os totais para a intensidade categoria ligeira, nota-se que existe variabilidade de registros, oscilando entre 0,7 mm (Mandirituba) e 1,6 mm (Campo Largo). Porém, a maioria das estações apresentou registros entre 1,0 e 1,3 mm. Dessa forma, os maiores registros estão localizados no município de Campo Largo, com 1,6 mm, e São José dos Pinhais/Fazendinha, com 1,4 mm. Já na porção norte, os municípios de Curitiba e Colombo apresentaram os menores índices, com 0,7 e 0,9 mm. Realizando uma comparação com o mapa de frequência para a mesma categoria, nota-se que estes municípios apresentam os maiores valores, concluindo que os eventos de pluviosidade para esta região apresentam-se com maior frequência, porém com menor intensidade.

Esta análise segue para os mapas de caráter sazonal. Durante os episódios de primavera e verão, a dinâmica espacial mostra-se similar: o norte e sudoeste apresentam-se com os menores índices, mais precisamente os municípios de Curitiba, com 0,8 mm para a primavera e o verão, e Colombo, com 0,8 e 0,9, respectivamente. Já a porção nordeste apresentou os maiores índices, mais precisamente os municípios de Campo Largo, com 1,6 mm, 1,5 mm e 1,9 mm para as estações de Itaquí, Ouro Fino e Colônia Don Pedro, durante a primavera. Já para o verão, estas estações apresentaram também os maiores índices, com 1,6 mm, 1,5 mm e 1,4 mm, respectivamente.

Durante as estações de outono e inverno, a dinâmica mostrou-se de forma distinta, onde o leste e oeste apresentaram os maiores índices, havendo a formação de um corredor norte-sul com os menores índices, com ênfase para a município de Curitiba, registrando 0,6 mm para o outono e 0,7 mm para o inverno. Os maiores índices foram observados no município de Campo Largo e São José dos Pinhais/Fazendinha, com 1,6 mm e 1,4 mm.

Nota-se nesta análise para esta categoria, que a intensidade dos eventos não possui tanta sazonalidade ao longo do ano, diferentemente da análise da frequência, onde foi observado que há maiores registros desta categoria durante o verão e o outono e menor frequência durante a primavera e o inverno. Dessa forma, conclui-se que a sazonalidade está relacionada à frequência dos eventos e não à intensidade.

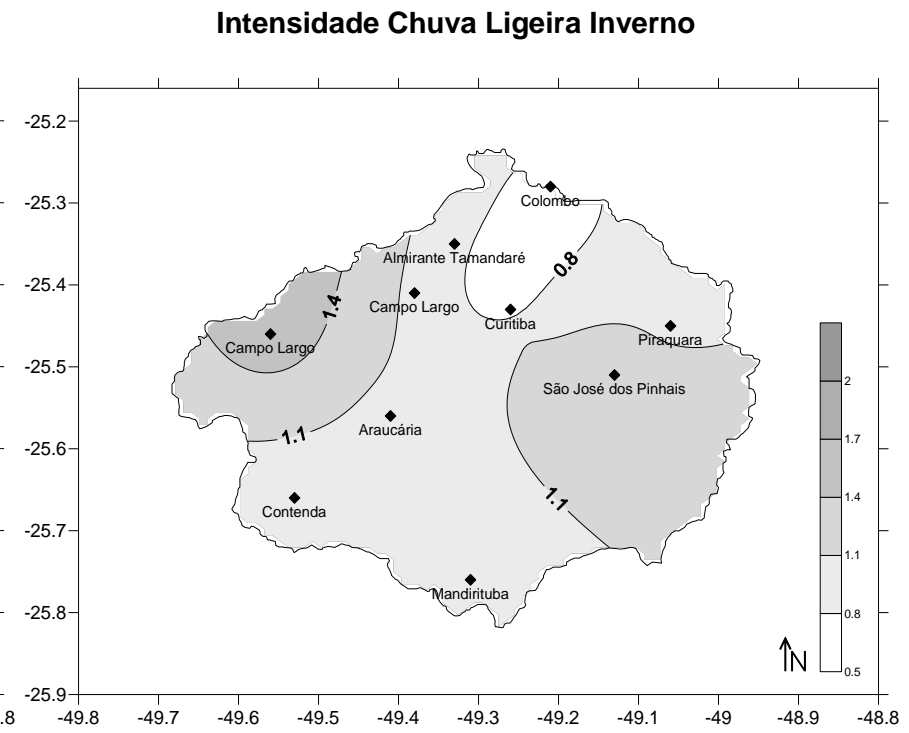
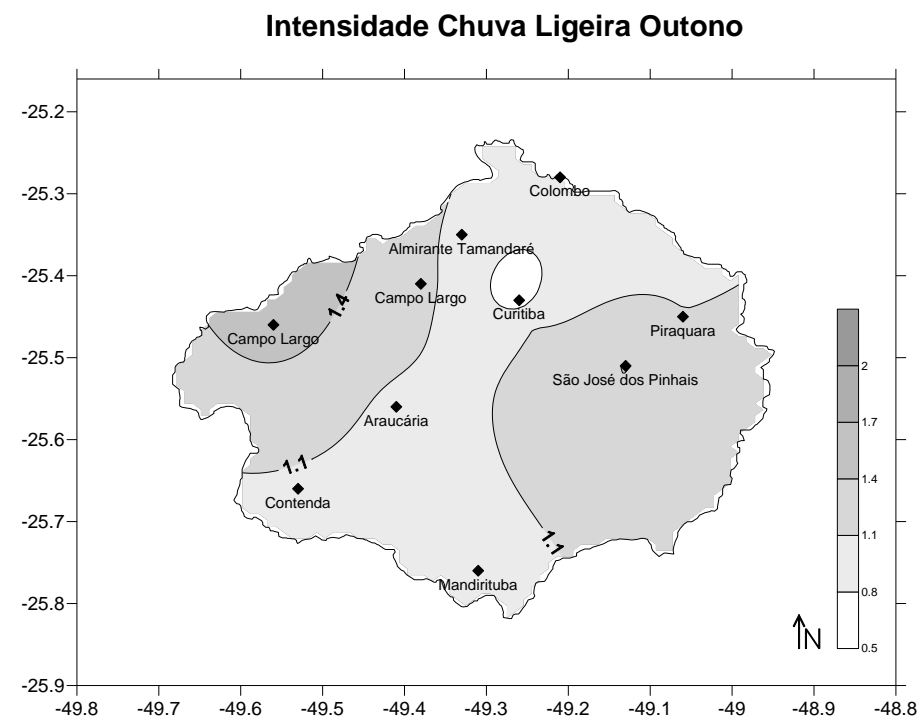
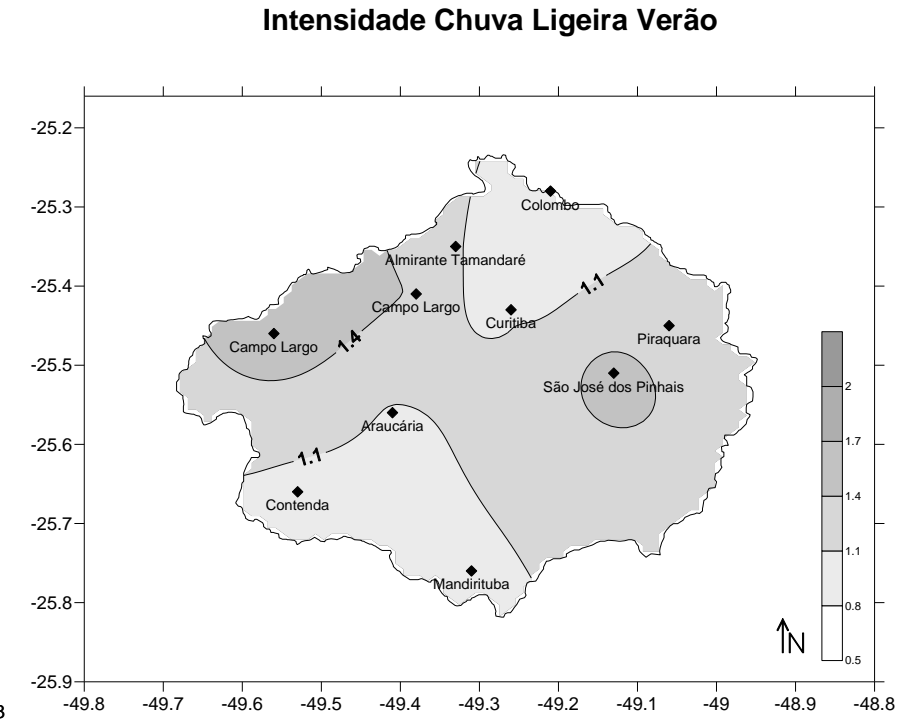
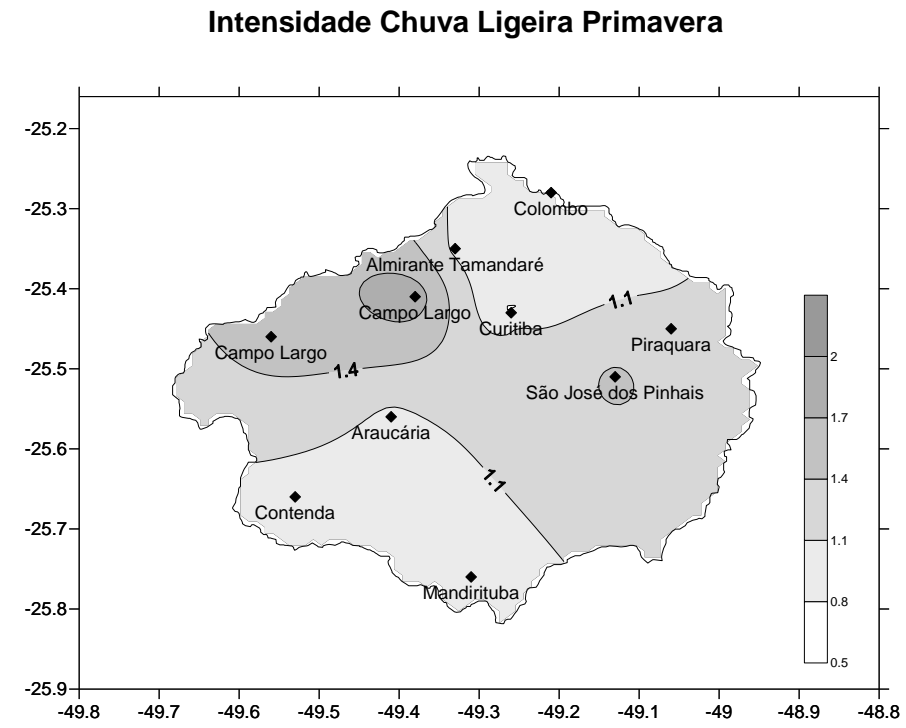
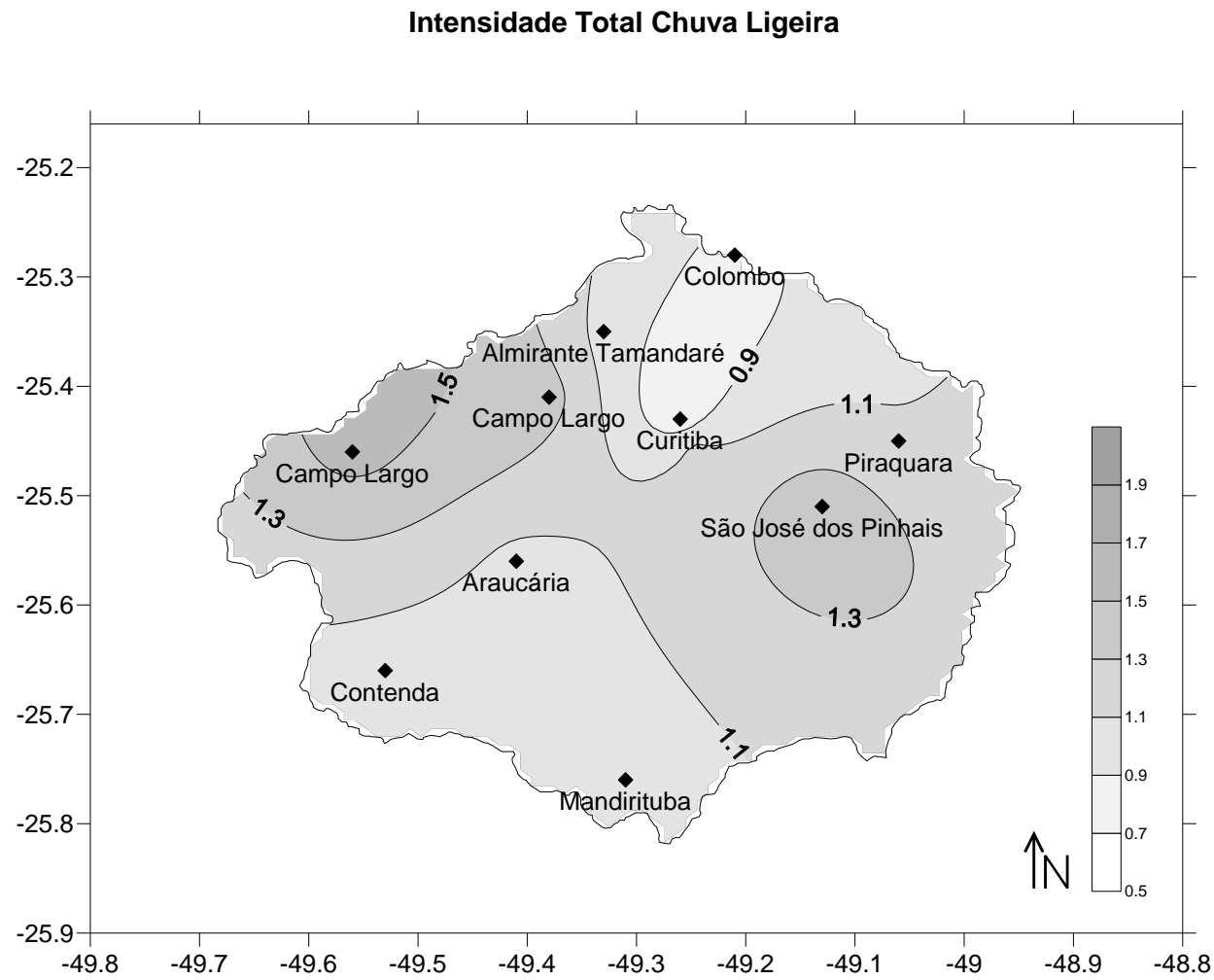


Figura 37 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Ligeira

4.3.3 Intensidade Categoria Moderada

As chuvas compreendidas na categoria moderada estão entre 2,5 e 7,5 mm. Dessa forma, analisando a Figura 38, o mapa dos totais, nota-se que para esta categoria não existe grande variabilidade, estando os dados dispostos entre 4,5 e 5,2 mm. Os maiores registros concentram-se nas porções oeste e nordeste, mais precisamente no município de Campina Grande do Sul, com 5,2 mm. Já o menor registro está localizado no município de Campo Largo/Don, com 4,5 mm. Realizando uma comparação entre os dados de frequência e intensidade para os totais, nota-se a estação de Campo Largo/Don apresentou os menores índices de frequência, assim como os menores registros de intensidade, sendo assim, esta estação possui poucos episódios de chuva com pouco intensidade em cada um dos eventos

Analisando sazonalmente os mapas, nota-se que existe uma dinâmica diferenciada para cada uma das estações, porém não muito clara. Durante a primavera, os maiores registros concentram-se na parte nordeste da Bacia, mais precisamente no município de Campina Grande com Sul, com 6,6 mm, e os menores nos municípios de Mandirituba, Contenda e Campo Largo, com 4,7 mm, 4,7 mm e 4,6 mm. Relacionando com os dados de frequência, nota-se que a porção sudoeste, onde estão localizados os municípios de Contenda e Campo Largo, também apresentaram os menores índices de frequência, sendo esta região, para ambos os índices, o local com os menores registros.

Já o verão apresentou os maiores registros na porção oeste da Bacia, mais precisamente no município de Campo Largo/Itaqui, com 4,9 mm, e os menores na porção norte, no município de Curitiba e Colombo, com 4,5 mm e 4,6 mm.

Durante o outono, nota-se que não existe uma dinâmica clara para a análise das isolinhas. A porção sul, mais precisamente o município de São José dos Pinhais/Fazendinha, apresentou o maior registro com 4,9 mm e o menor ocorreu no município de Campo Largo/Don com 4,1 mm. Já o inverno apresentou os maiores índices na porção oeste, no município de Campo Largo/Itaqui, com 4,9 mm, e os menores na porção leste, nos municípios de Piraquara de São José dos Pinhais/Guaricana, com 4,5 mm e 4,6 mm, respectivamente.

É de grande importância salientar que para a análise da intensidade, categoria moderada, não existe grande variabilidade sazonal, sendo regulares os valores ao

longo do ano. Esta categoria não apresenta uma dinâmica espacial definida, principalmente durante o outono e inverno. Realizando uma comparação com os dados de frequência, nota-se que estes estão dispostos de leste/oeste, em todas as estações do ano, diferentemente da dinâmica apresentada, onde não existe uma regularidade.

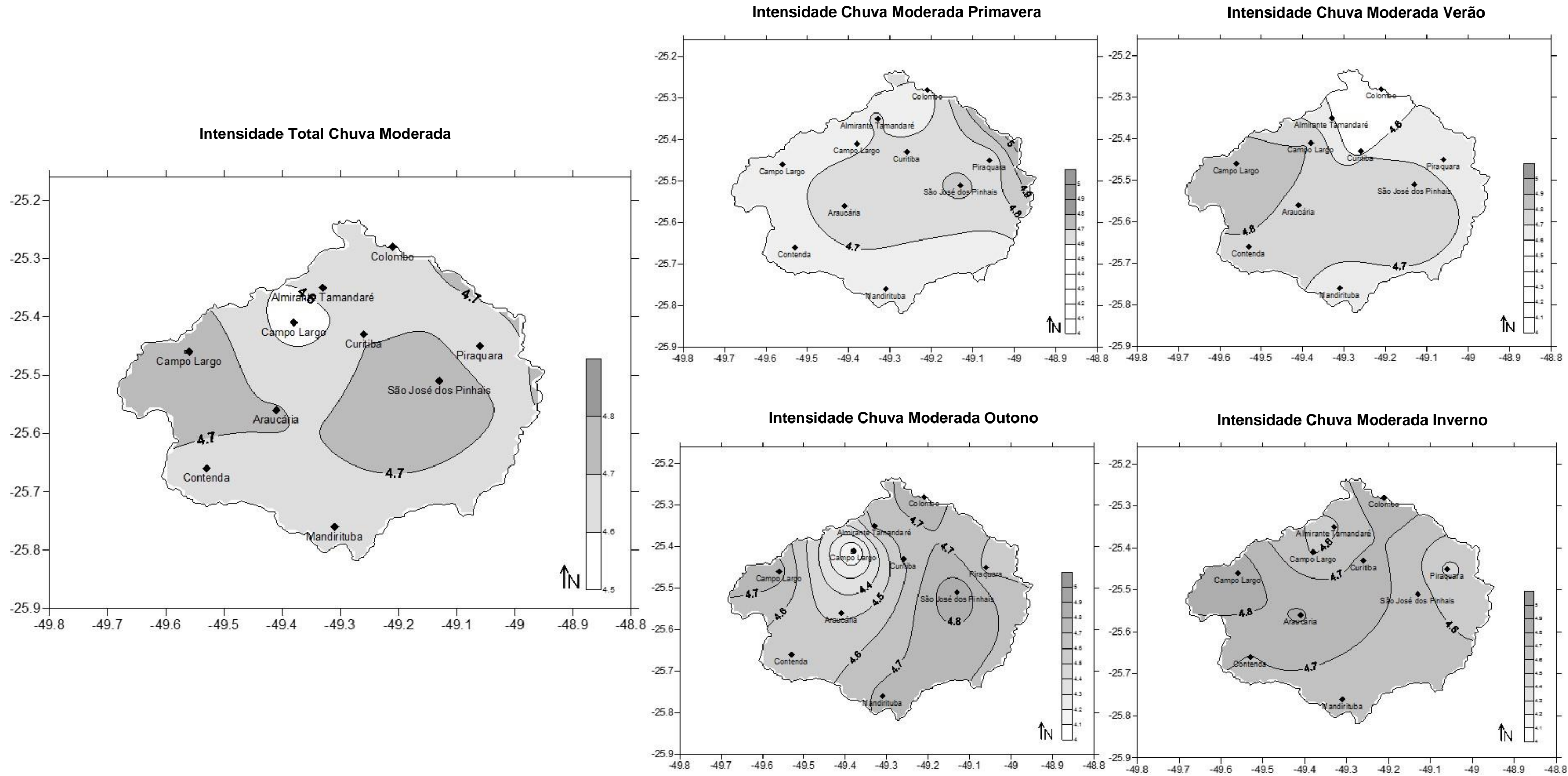


Figura 38 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Moderada

4.3.4 Intensidade Categoria Intensa

Observando a Figura 39, onde estão apresentados os mapas total e sazonais para a categoria intensa, estando dispostos entre 7,5 e 15 mm, nota-se que não há grande variabilidade entre os dados, estando entre 10,5 mm em Campo Largo/Itaqui e 11,1 mm em Campo Largo/Ouro. Nota-se que a porção com os maiores registros encontra-se nas cidades de Curitiba, com 10,9 mm, e São José dos Pinhais/Fazendinha, com 10,9 mm. Observa-se que os menores registros foram encontrados nos municípios de Araucária, Colombo, Contenda, Campo Largo/Itaqui/Don e São José dos Pinhais/Guaricana, com 10,5 mm para estação de Itaqui e 10,7 mm para todas as outras. Sendo assim, é de grande importância ressaltar que a estação de São José dos Pinhais/Guaricana apresentou os maiores índices de frequência e as outras apresentaram os menores índices de frequência. Dessa forma, a estação de Guaricana caracteriza-se, para esta categoria, com alta frequência de eventos, porém com menor pluviosidade, e as outras se caracterizam por possuir poucos eventos com pouca pluviosidade.

Analisando sazonalmente, nota-se que os mapas da primavera e do verão se assemelham em alguns aspectos. Durante a primavera, o município de São José dos Pinhais/Fazendinha apresentou os maiores índices, com 11,1 mm, já o município de Araucária apresentou os menores, com 10,5 mm, assim se assemelhando com os dados de frequência, onde esta região apresentou os menores índices também. Já durante o verão, os municípios de Curitiba e São José dos Pinhais/Fazendinha apresentaram os maiores índices, com 10,9 mm e 11,1 mm. É importante ressaltar que, para a análise de frequência, esses municípios apresentaram os menores índices.

Durante o outono, nota-se que a porção nordeste, mais precisamente os municípios de Piraquara e São José dos Pinhais/Fazendinha, os quais apresentaram os maiores índices para a primavera e o verão, para esta estação apresentaram os menores, sendo 10,5 mm e 10,6 mm, respectivamente. Já a porção sudoeste, a qual apresentou os menores índices de frequência, apresentou os maiores para a intensidade, registrando 11 mm para o município de Contenda.

O inverno apresentou os maiores valores na porção central da Bacia, mais precisamente os municípios de São José dos Pinhais/Fazendinha, Curitiba e

Araucária, todos com 11 mm. Já os menores índices foram encontrados, pontualmente, no município de Campo Largo/Itaqui, com 10,7 mm, e Campo Largo/Don, com 10,6 mm. Nota-se que o município de Araucária apresentou os menores índices de frequência e um dos maiores índices de intensidade, dessa forma, apresentou-se como uma estação com chuvas mais intensas.

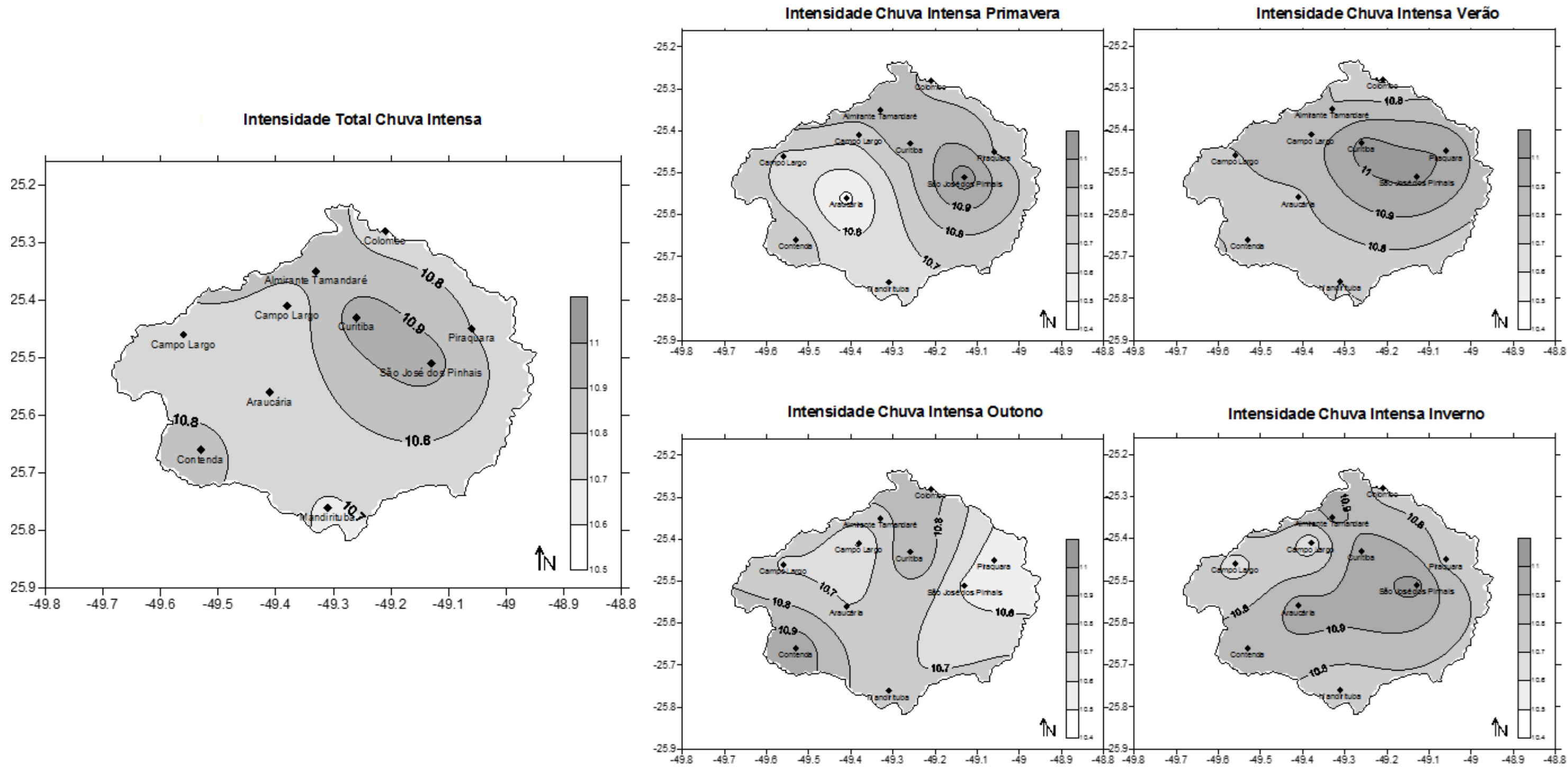


Figura 39- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Intensa

4.4.5 Intensidade Categoria Muito Intensa

A categoria de precipitação muito intensa está compreendida entre 15 mm até o valor do percentil 95% de cada uma das estações. Dessa forma, esta categoria compreende alguns episódios mais intensos de precipitação. Sendo assim, nota-se a existência de uma dinâmica leste/oeste para o mapa totais, assim como para os mapas sazonais, assemelhando-se, dessa forma, com os mapas de frequência. Analisando, primeiramente, o mapa dos totais, observa-se que os maiores valores estão localizados na porção leste, mais precisamente no município de São José dos Pinhais/Guaricana, com 20,9 mm; já os menores, estão localizados ao sul, mais precisamente no município de Mandirituba, com 18,1 mm. Correlacionando os mapas de frequência e intensidade para os totais, nota-se que as áreas que apresentaram os maiores índices de frequência também apresentaram os maiores índices de intensidade, dessa forma, conclui-se que a porção sudeste da bacia apresenta eventos de pluviosidade frequentes e intensos para esta categoria.

Observando os mapas de caráter sazonal, nota-se que a dinâmica da primavera e do verão apresentam-se semelhantes. A porção leste apresentou os maiores valores tanto para a primavera, quanto para o verão, registrando 21,3 mm na primavera e 21 mm para o verão para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana. Já a porção sul da Bacia apresentou os menores índices, mais precisamente os municípios de Mandirituba e Contenda, com 18 mm e 18,7 mm para a primavera, e 18,2 mm e 18,5 mm para o verão. Nota-se que existe semelhanças entre os mapas de frequência e intensidade, sendo a porção leste com os maiores índices e a porção sul com os menores.

O outono apresentou os maiores índices nas porções leste e oeste, mais precisamente nos municípios de Campo Largo/Itaqui/Don e São José dos Pinhais/Fazendinha/Guaricana, já o município de Mandirituba registrou o menor índices, assim como os municípios ao nordeste, como Colombo e Piraquara. O inverno apresentou semelhança com a dinâmica do outono, sendo as porções leste e oeste com os maiores valores e ao sul e nordeste os menores valores. O município de São José dos Pinhais/Fazendinha/Guaricana apresentou 20,1 mm e 20,8 mm e Campo Largo/Don apresentou 20 mm. Já os municípios ao nordeste e sul apresentaram os menores índices, Piraquara, com 18 mm, e Mandirituba, com 18 mm. Relacionando a

dinâmica da intensidade com a análise de frequência, nota-se que esta categoria apresentou semelhanças relacionadas à dinâmica leste/oeste, assim como espaciais, sendo que as áreas que apresentaram os maiores registros de intensidade também foram as áreas que apresentaram as maiores frequências de eventos.

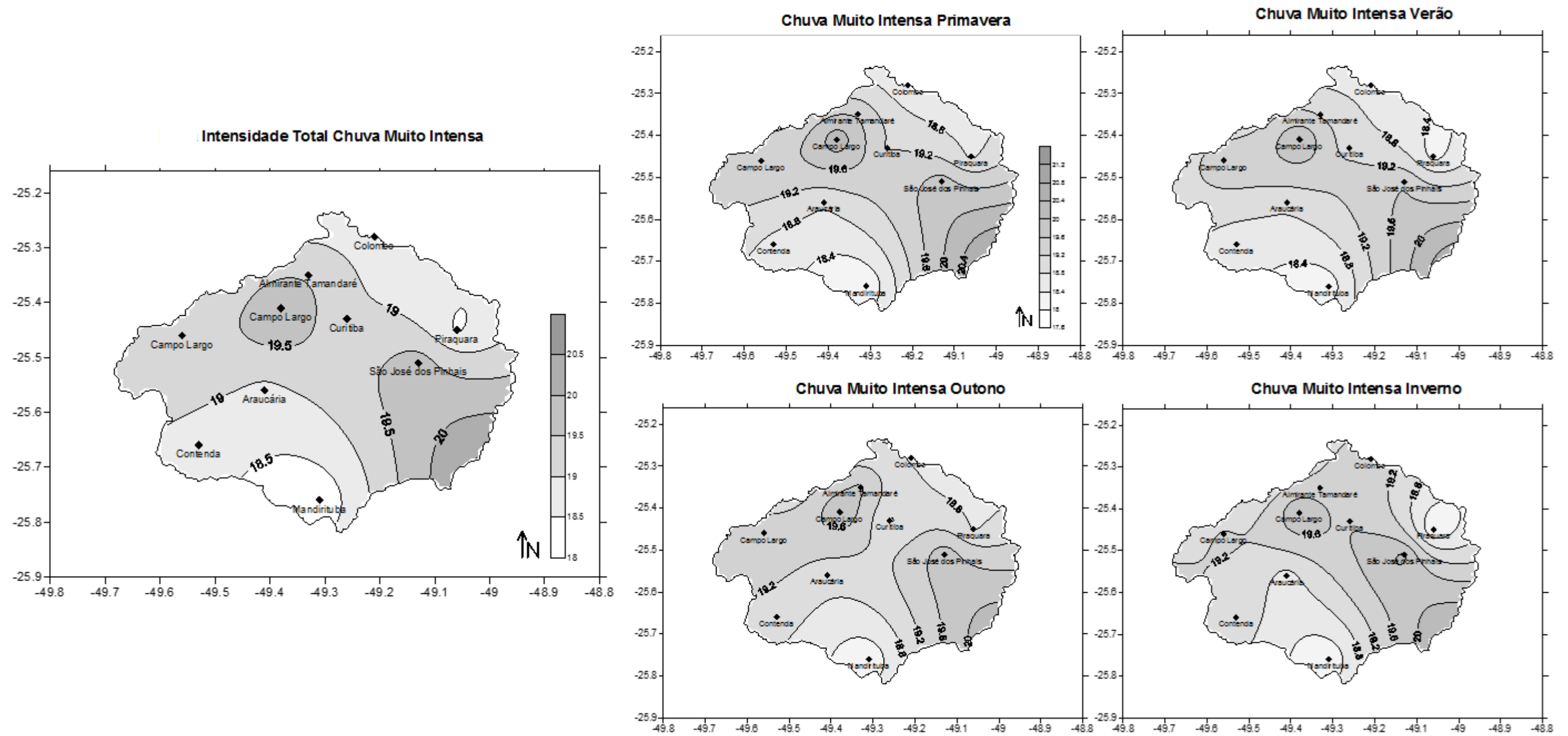


Figura 40 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010)
Categoria Muito Intensa

4.3.6 intensidade Categoria Extrema

Analisando a intensidade para a categoria extrema, na qual os valores estão compreendidos acima do percentil 95%, observa-se, na análise dos totais, que a dinâmica está representada de leste/oeste, conforme a Figura 41. Os maiores valores estão localizados na porção sudeste na Bacia, mais precisamente no município de São José dos Pinhais/Guaricana, com o valor de 49,2 mm. Já as porções nordeste e sul apresentou os menores valores, registrando em Piraquara 36,9 mm, 39,1 mm em Contenda e 39,3 em Mandirituba. Associando este mapa ao de frequência para a mesma categoria, nota-se que existem algumas similaridades. O município de São José dos Pinhais/Guaricana apresentou as maiores frequências, assim como os maiores valores de intensidade, desta forma, esta estação apresentou a maior quantidade de eventos extremos, assim como as maiores intensidades para estes eventos. Em compensação, o município de Piraquara apresentou alta frequência, porém pouca intensidade, dessa forma, conclui-se que para esta estação, a frequência de eventos é maior que a intensidade.

Analisando sazonalmente os mapas, nota-se que a primavera apresentou uma dinâmica particular em comparação às demais estações do ano. A porção norte apresentou os maiores registros, mais precisamente o município de Almirante Tamandaré, com 53,4 mm e, novamente, o município de Piraquara apresentou o menor registro, com 35,1 mm. Realizando uma comparação com os valores da frequência, nota-se que esta região apresentou os menores valores, dessa forma, esta porção apresentou baixa frequência, porém os eventos mostram-se mais intensos. Para o verão, a dinâmica mostrou-se parecida com o mapa dos totais, novamente a porção leste apresentou os maiores valores, como a estação de Fazendinha, com 42,2 mm, e os menores registros em Contenda, com 39,2 mm, e Colombo, com 38,9 mm.

Durante o outono e o inverno, nota-se que a porção leste, mais precisamente o município de São José dos Pinhais, apresentou os maiores valores tanto para outono, quanto para o inverno, já os municípios de Piraquara, Contenda e Mandirituba apresentaram os menores valores.

Relacionando os mapas de frequência e intensidade para os meses de outono e inverno, nota-se que as regiões que apresentaram os maiores índices de intensidade foram as áreas que apresentaram as menores frequências, como a porção leste, mais precisamente o município de São Jose dos Pinhais. Dessa forma,

conclui-se que as regiões que apresentam as maiores intensidade de eventos, apresentam as menores frequências e que as regiões que apresentam maiores frequências apresentam as menores intensidade.

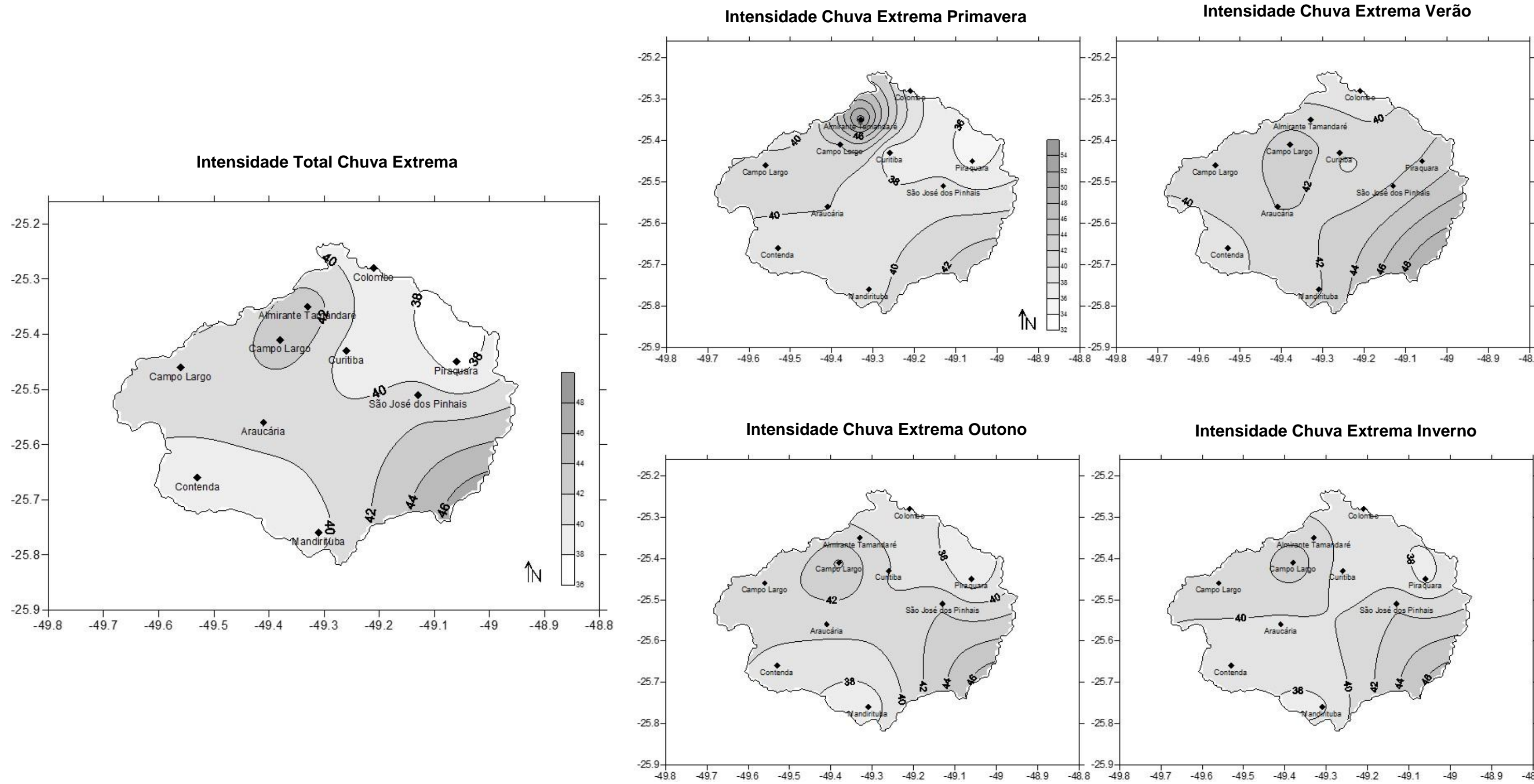


Figura 41 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR – Intensidade dos Totais Anuais e Sazonais de Precipitação (1980-2010) Categoria Extrema

4.4 CONCENTRAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO (CI)

Entender o comportamento e a concentração da precipitação diária é de grande interesse para a planificação do território e para a gestão e conservação dos recursos naturais. Dessa forma, os padrões de precipitação diário estão cada vez mais influenciados pelo aquecimento global, cada vez mais aceito pela comunidade científica, a qual considera que os eventos climáticos extremos, provavelmente ocorreram com mais frequência. Consequentemente, o nível de agressão da precipitação sobre o solo em meio natural, esta diretamente relacionado à intensidade e à distribuição temporal das chuvas (LUIS, 1997). Assim, a intensidade e a quantidade de precipitação possuem uma relação direta sobre a erosão do solo, ocasionando maior vulnerabilidade, produzindo alterações nas estratégias do uso, entre outras coisas (SCHOLZ, 2008).

Sendo assim, a análise da precipitação na resolução diária da irregularidade e a concentração da precipitação diária podem ser o primeiro passo para conhecer a estrutura da precipitação em um escala temporal fina. Observa-se que as distribuições das frequências das quantidades diárias de precipitação são, em geral, ajustadas mediante às distribuições exponenciais negativas (BROOKS & CARRUTHERS, 1953). Sendo assim, as quantidades diárias de precipitação se distribuem em classes da mesma amplitude e suas frequências absolutas decrescem exponencialmente a partir da mesma classe. Dizendo de outro modo, existem mais dias de precipitação com pequenas quantidade do que com grandes quantidades, porém estas pequenas quantidades de precipitação diária podem ter um considerável peso na porcentagem total da chuva em um determinado lugar e podem ter um efeito decisivo sobre a porção hídrica anual do mesmo.

Dessa forma, este capítulo tem como finalidade quantificar as características da estrutura das quantidades acumuladas de precipitação, contribuído pelo número de dias acumulados de chuva, mediante o cálculo do índice de concentração (CI) (MARTÍN-VIDE, 2004). Este índice calcula as diferenças entre as porcentagens de precipitação contribuídas pelas diferentes classes. Entre outras coisas, o índice CI é um indicador confiável da intensidade e erosividade da precipitação.

4.4.1 Índice de Concentração da Precipitação (CI)

Na Figura 42, estão representados os valores do índice de concentração da precipitação (CI); os valores abaixo de 0,50 podem ser considerados de concentração baixa da precipitação, entre 0,50 e 0,60 moderados, entre 0,60 a 0,70 alto, e acima de 0,70 muito alto. Nota-se que para todo o período, o maior valor encontrado foi no município de Curitiba, com 0,65, porém outras duas estações apresentaram índices altos, como o município de Colombo e Porto Amazonas, representando 22,2% do total. Já a maioria das estações apresentaram valores entre 0,50 a 0,60, valores considerados moderados. Estas estações representaram 77,8% do total analisado.

Analisando a figura, nota-se que as maiores concentrações da precipitação diária encontram-se ao norte da Bacia, mais precisamente nos municípios de Curitiba, Colombo e Campina Grande do Sul, oscilando entre 0,59 a 0,65.

Os menores valores encontram-se ao noroeste da Bacia, mais precisamente nos municípios de Campo Largo, registrando 0,53 de concentração. Os outros municípios encontram-se com distribuição moderada da concentração diária da precipitação, entre 0,54 a 0,58.

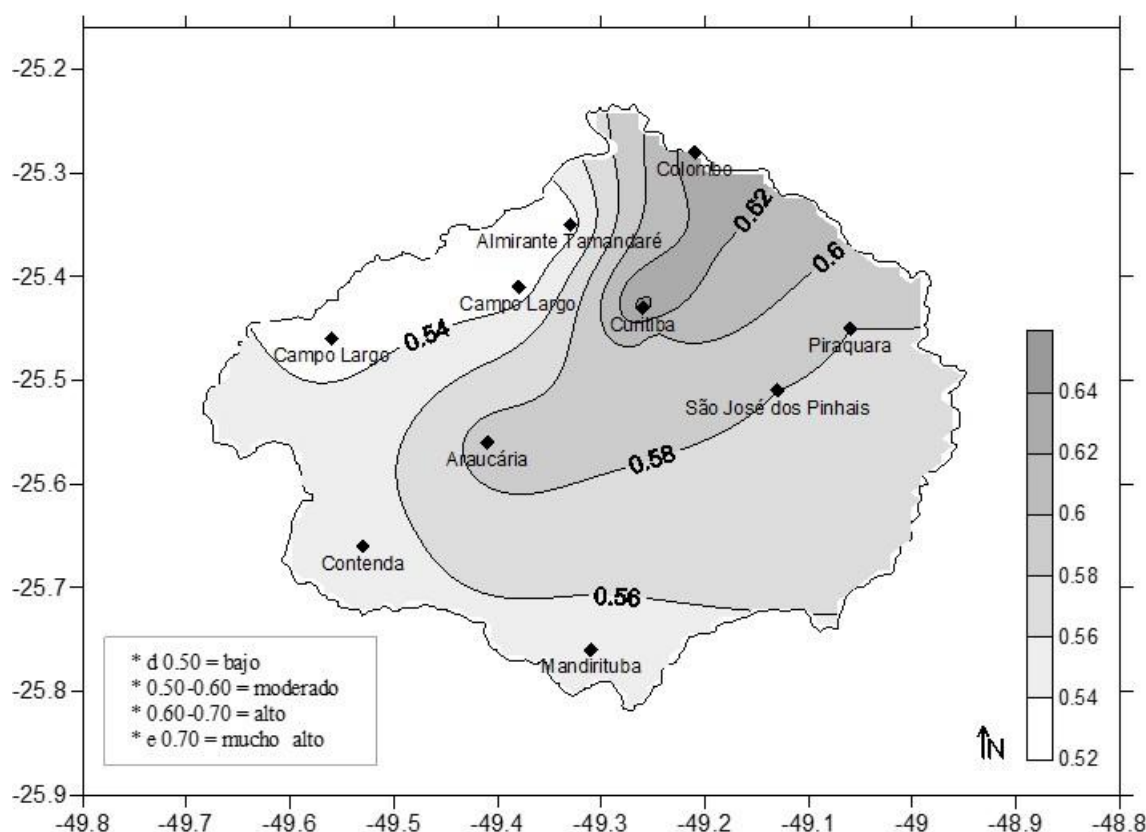


Figura 42 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação (1980 a 2010)

4.4.1 Índice de Concentração da Precipitação (CI)/Primavera

Analisando a Figura 43, observa-se que apenas as cidades de Colombo e Curitiba apresentaram concentrações da precipitação acima de 0,60, dessa forma este município apresentou concentração alta para a primavera. O município de Campo apresentou os menores índices, com 0,53 para a estação de Itaquí e 0,52 para as estações de Ouro e Don Pedro. Já a maioria dos municípios manteve o índice entre 0,54 e 0,58 que perante a classificação, é considerada concentração moderada.

Comparando a concentração da precipitação para a primavera com os dados anuais, nota-se que o município de Porto Amazonas não apresentou concentração alta para a primavera e que a maioria dos dados oscilaram 0,1 de CI.

Analisando a Figura 43, nota-se que a concentração da precipitação para a primavera está localizada ao norte da Bacia, mais precisamente nos municípios de Curitiba e Colombo, e a menor concentração está localizada ao noroeste na Bacia, no município de Campo Largo. Nota-se, na Figura 42, que este município também apresentou os menores valores para a análise anual, assim como o norte apresentou os maiores valores. Diferentemente da análise dos totais, o sul da Bacia apresentou-se mais homogêneo, com valores que oscilam entre 0,54 a 0,55. Dessa forma, a análise total e a análise sazonal (primavera) não apresentaram muitas discrepância espacial.

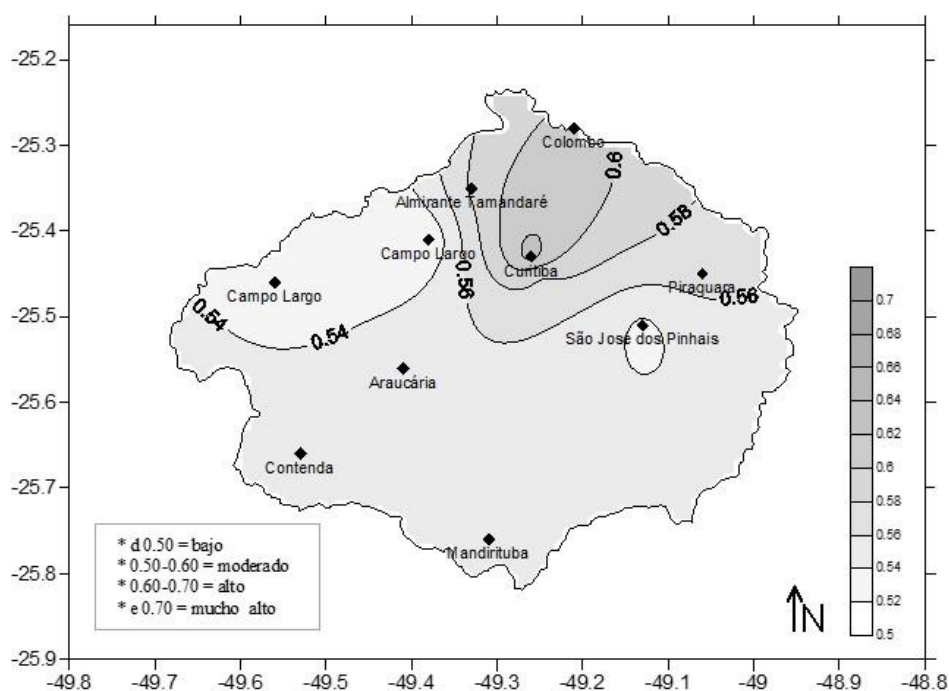


Figura 43 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para a primavera (1980 a 2010)

4.4.2 Índice de Concentração da Precipitação (CI)/Verão

Analisando a Figura 44, observa-se que a concentração da precipitação para os meses de verão oscilam entre 0,53 a 0,61, diferentemente da primavera, onde os dados oscilaram entre 0,52 a 0,63. Novamente os municípios de Curitiba e Colombo apresentaram índices acima de 0,60, sendo considerados altos. Os municípios de Almirante Tamandaré, Piraquara e Porto Amazonas registraram, respectivamente, 0,59, 0,58 e 0,58, apresentando índices próximos a 0,60. Novamente os menores índices foram observados no município de Campo Largo, registrando 0,53 para a estação de Itaqui e 0,53 para a estação de Don Pedro.

Realizando uma comparação com os dados da primavera, nota-se que o verão apresentou maior concentração da precipitação que a primavera, como exemplo, podemos citar os municípios de Campina Grande do Sul, Campo Largo/Ouro e São José dos Pinhais/Guaricana, registrando respectivamente para a primavera, 0,54, 0,52 e 0,55, e para o verão, 0,56, 0,55 e 0,58. Porém alguns municípios apresentaram valores semelhantes de concentração, como Colombo, Contenda, Curitiba e Mandirituba.

Analisando a Figura 44, nota-se que a porção norte da Bacia, onde estão localizados os municípios de Curitiba e Colombo, apresentam as maiores concentrações da precipitação e a porção noroeste, as menores concentrações, igualmente para a Figura 42 e Figura 43.

Nota-se que o sul da Bacia apresenta-se homogêneo, porém a porção leste apresenta concentração de 0,58 para o município de São José dos Pinhais, estação de Guaricana, diferenciando-se assim dos mapas analisados acima.

Dessa forma, nota-se que, espacialmente, a concentração da precipitação para as estações de primavera e verão apresentam-se semelhantes, diferenciando-se pouco sazonalmente.

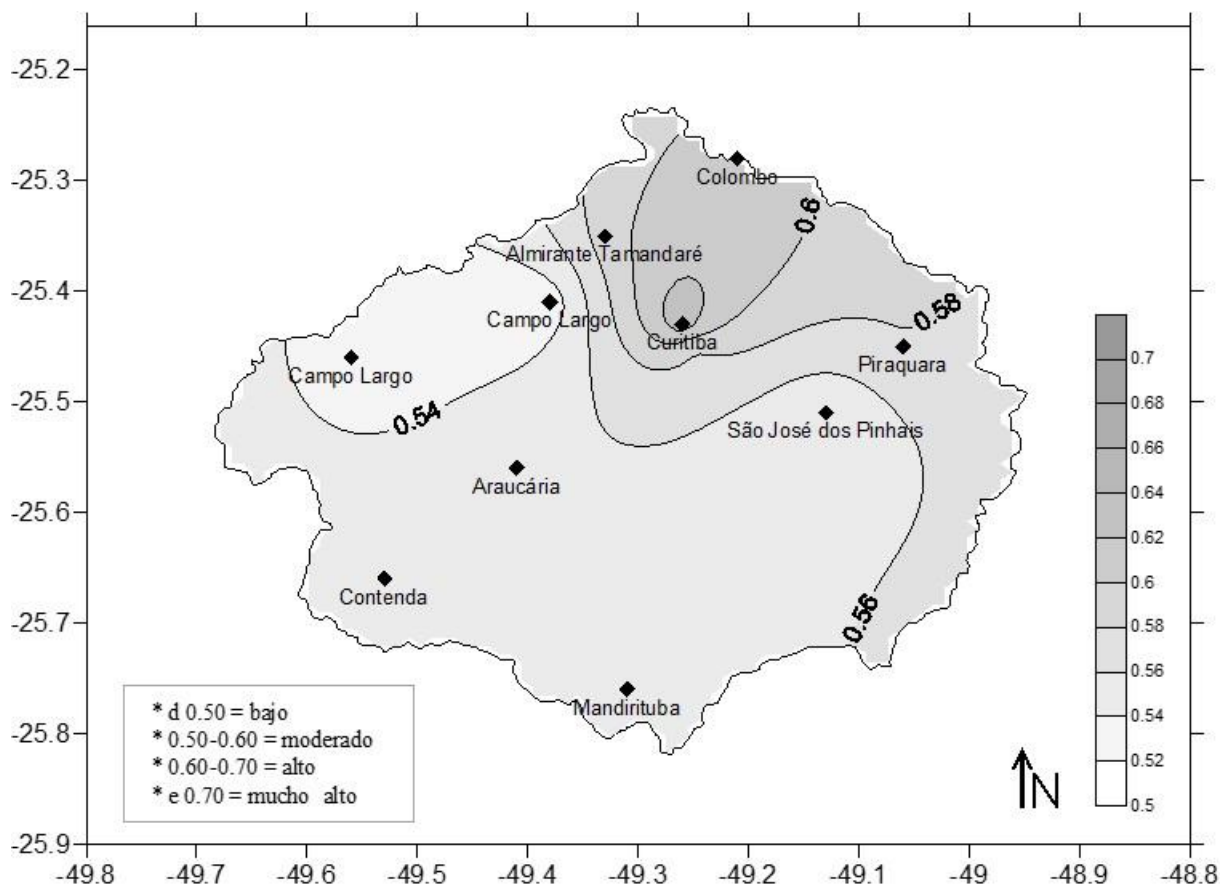


Figura 44 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o verão (1980 a 2010)

4.4.3 Índice de Concentração da Precipitação (CI)/Outono

Analisando a Figura 45, nota-se que a concentração da precipitação para os meses do outono oscila entre 0,54 e 0,69, diferentemente da primavera e o verão, onde os dados oscilaram entre 0,53 a 0,61 e 0,52 a 0,63. Dessa forma, nota-se que, para o outono, os valores encontram-se mais alto praticamente para todas as estações analisadas, sendo assim, a precipitação encontra-se mais concentrada nestes meses.

Os municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Curitiba, Piraquara e Porto Amazonas apresentaram índices acima de 0,60, sendo considerados de concentração alta. A estação de Curitiba apresentou o maior valor da série histórica analisada, com 0,69, sendo índices acima de 0,70, considerados muito alto.

Já a maioria das estações apresentaram índices moderados, estando entre 0,54 e 0,59. O município de Campo Largo apresentou os menores índices, registrando 0,54 para a estação de Itaqui e 0,55 para a estação de Ouro Fino.

Observando a figura, nota-se que a precipitação encontra-se concentrada na porção norte da Bacia, mais precisamente nos municípios de Piraquara, Curitiba, Almirante Tamandaré e Colombo, variando entre 0,60 a 0,69. Realizando uma comparação com as outras estações do ano, nota-se que a dinâmica se assemelha, porém o outono apresenta maiores valores.

Novamente, a porção ao noroeste apresenta os menores valores, oscilando entre 0,54 a 0,56 no município de Campo Largo. O município de Mandirituba apresentou índice de concentração baixo em comparação às outras estações analisadas, registrando 0,54 de concentração.

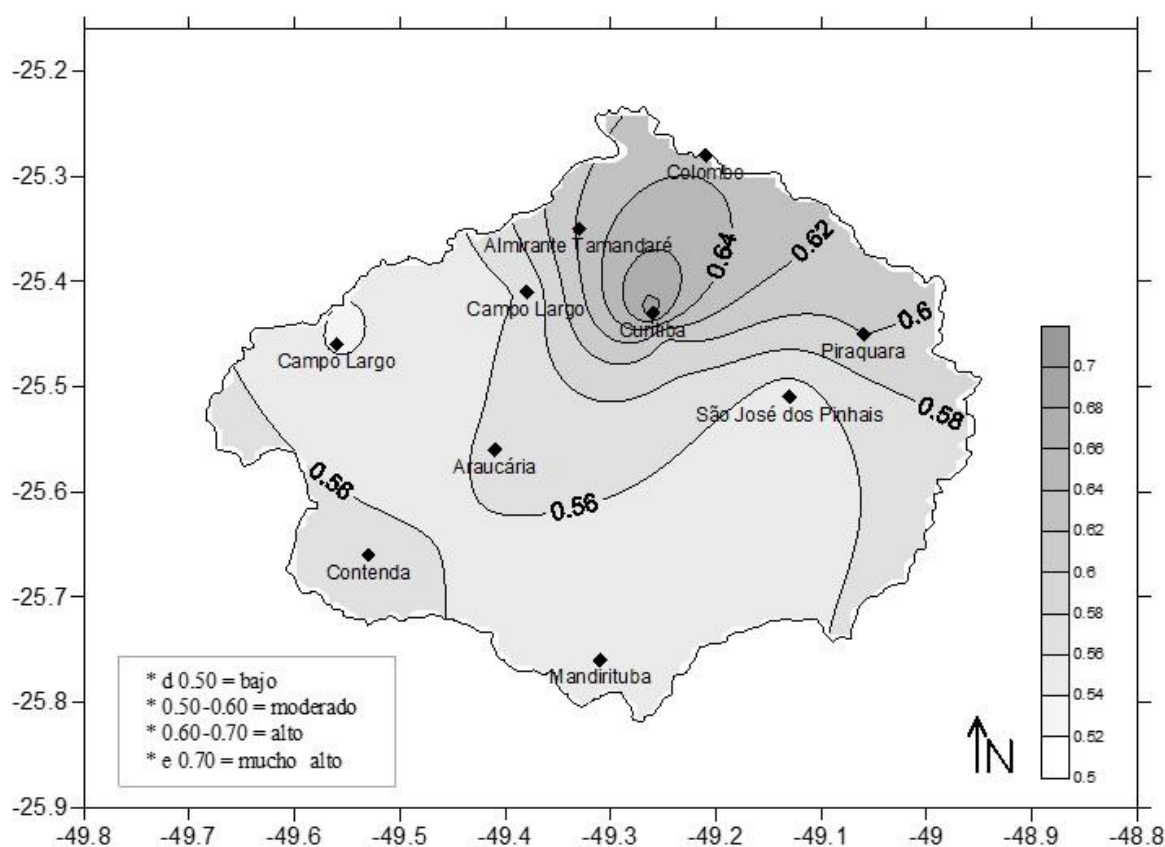


Figura 45 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o outono (1980 a 2010)

4.4.4 Índice de Concentração da Precipitação (CI)/Inverno

Observando a Figura 46, nota-se que os valores da concentração da precipitação para o outono encontram-se registrados entre 0,53 e 0,67, sendo que, para o outono, os registros oscilaram entre 0,54 e 0,69; para a primavera entre 0,53 e 0,61; e para o verão entre 0,52 e 0,63. Os municípios de Almirante Tamandaré,

Curitiba, Piraquara e Porto Amazonas apresentaram índices acima de 0,60, sendo considerados alto. Já a maioria das estações apresentaram valores moderados, entre 0,53 a 0,59.

Novamente o município de Campo Largo apresentou os menores índices, registrando 0,55 para a estação de Itaquí, 0,53 para a estação de Ouro Fino e 0,55 para a estação de Don Pedro. Realizando uma comparação com os outros meses de análise, o inverno apresentou a segunda maior concentração da precipitação, estando atrás somente do outono, onde os registros apresentaram-se superiores. Apenas as estações de Mandirituba e São José dos Pinhais/Guaricana apresentaram valores superiores durante o inverno, em comparação com o outono.

Analisando espacialmente os dados de concentração da precipitação para o inverno, Figura 46, nota-se que a dinâmica apresenta-se semelhante às outras estações do ano, sendo o que as diferenciam são os valores apresentados. Durante o inverno, novamente, o norte da Bacia apresenta os maiores valores, mais precisamente os municípios de Curitiba, Almirante Tamandaré e Colombo. A porção centro-oeste apresenta os menores valores, como os municípios de Araucária, São José dos Pinhais/Fazendinha e Campo Largo.

É de grande importância salientar que a análise sazonal da concentração da precipitação apresentou dinâmica espacial semelhante para ambas as estações, a porção norte apresentou os maiores valores e a porção noroeste apresentou os menores índices. As maiores diferenças foram encontradas em relação aos valores apresentados para cada uma das estações do ano analisadas, o outono e o inverno apresentaram os maiores índices, sendo considerados altos; já a primavera e o verão apresentaram os menores índices, dessa forma pode-se concluir que a concentração da precipitação é maior durante o outono e a inverno, apresentando chuvas menos intensas, porém mais constantes.

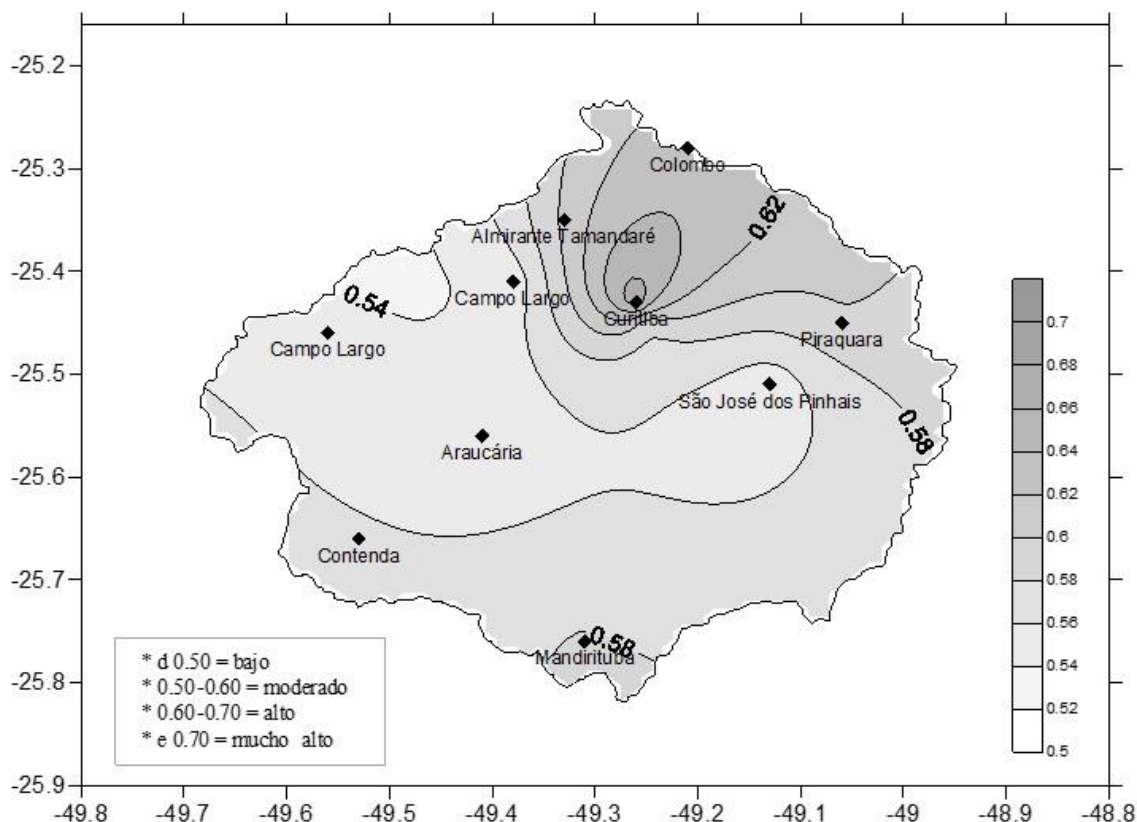


Figura 46 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Índice de concentração da precipitação para o inverno (1980 a 2010)

4.5 PERSISTÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA

Neste capítulo, foram contabilizados o número de sequências chuvosas e sua duração na área de estudo. Define-se sequência ou racha uma sucessão contínua de um estado previamente determinado, neste caso, precipitação diária acima de 0,1 mm. Sendo assim, considerou-se uma sequência chuvosa a sucessão de dias de precipitação, antecedida e finalizada por um dia seco. Por exemplo, uma sequência de dois dias chuvosos se representam da seguinte forma: 0-1-1-0, e uma sequência de três dias chuvosos: 0-1-1-1-0, onde "1" é dia com precipitação e "0" dia sem precipitação ou dia seco.

Dessa forma, primeiramente foi calculada a duração média, em dias, das sequências chuvosas. Seguidamente, foram representadas as sequências chuvosas máximas registradas em cada uma das estações meteorológicas e, posteriormente, foi contabilizado e espacializado o número total de sequências chuvosas igual/superior a 2, 4, 7 e 10 dias de duração.

4.5.1 Duração Média das Sequências Chuvosas

Analisando a Figura 47, nota-se que as maiores médias estão localizadas ao leste da Bacia, no município de São José dos Pinhais, com a média de 3,3 dias, seguido de Curitiba, com 2,6 dias.

As estações que apresentaram as menores médias foram as localizadas a centro-oeste da Bacia, como Araucária, Campo Largo/Don e Contenda, registrando 1,9 1,7 e 1,9 dias. É interessante apontar que os mapas de frequência para as categorias total, moderada, intensa, muito intensa, e os mapas de intensidade para as categorias muito intensa e extrema apresentaram a mesma dinâmica de leste/oeste, sendo a porção leste com os maiores índices, e a porção centro-oeste com os menores valores. Dessa forma, pode-se afirmar que a frequência, número total de dias com precipitação, está associada à duração média das sequências chuvosas e, em consequência, apresentam mapas com dinâmicas muito semelhantes.

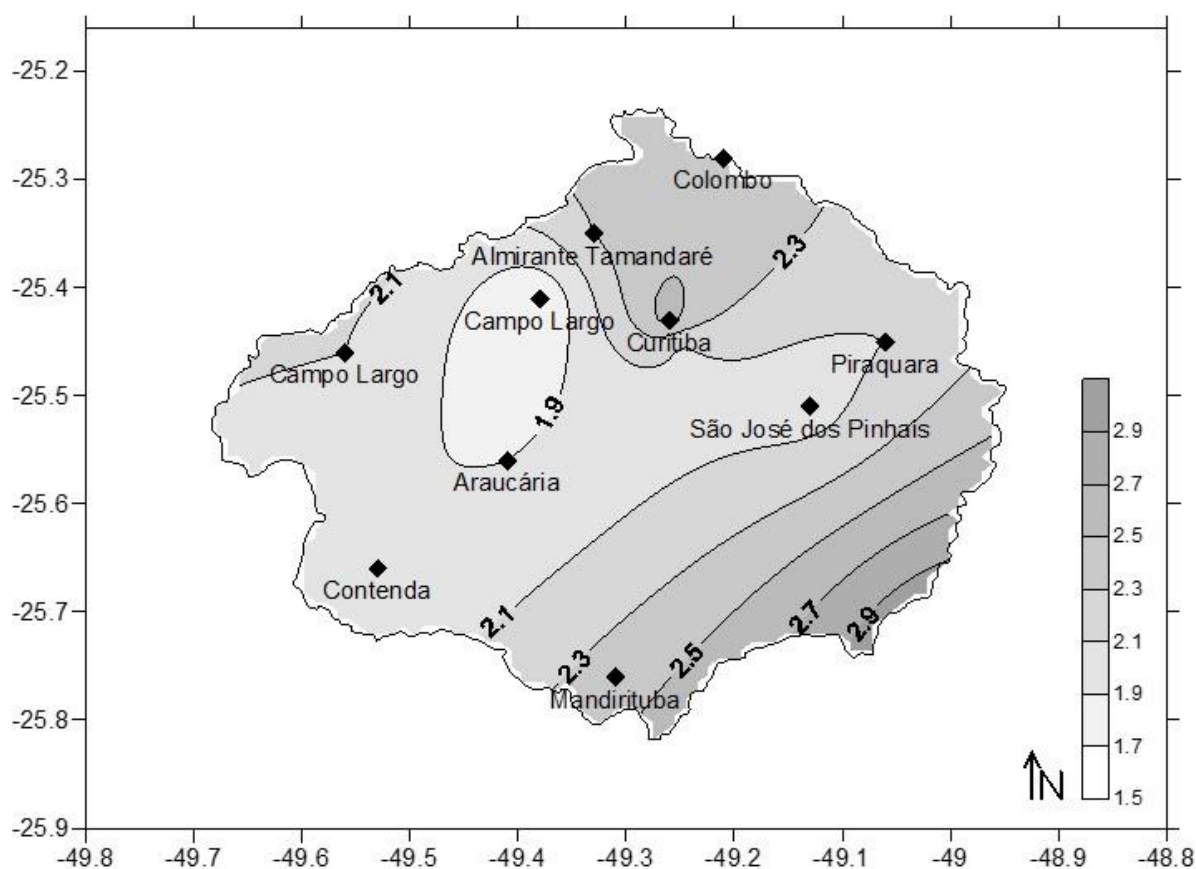


Figura 47 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Duração Média das Sequências Chuvosas (1980 a 2010)

4.5.2 Duração Máxima Das Sequências Chuvosas

Analisando a Tabela 12, a qual apresenta as sequências chuvosas de maior duração, nota-se que a maioria das sequências ocorreu durante os meses de verão da década de 1980 e 1990. As sequências chuvosas mais extensas oscilaram com o valor máximo de 30 dias para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana, e o valor mínimo de 11 dias na estação de Campo Largo/Itaqui. Grande parte da área de estudo apresentou sequências chuvosas com duração média de 2 a 3 semanas. A segunda sequência máxima mais larga se encontra no mesmo município, estação Fazendinha, com 27 dias consecutivos de chuva.

Ademais, as estações de Campo Largo/Ouro (26), Curitiba (23 e 22), Mandirituba (27) e Palmeira/Colônia (28) apresentaram sequências chuvosas entre 20 e 30 dias.

Tabela 12 - Número de dias, data e total precipitado, para a sequência máxima de chuva no período de 1980 a 2010.

Estações	Seq Máx	Data Seq Máx	Anos	Quantidade/mm
	Dias	Meses		
Almirante Tamandaré	17	15/01 a 31/01	2008	70,3
Araucária	13	11/02 a 23/02 - 26/11 a 08/12	1985 - 1986	113 e 84,3
Campina Grande do Sul	18	27/12 a 13/01	1988/89	230,5
Campo Largo/ Itaqui	11	20/11 a 30/11	1982	88,4
Campo Largo/Ouro	26	06/01 a 31/01	1990	366
Campo Largo/Don	14	05/1 a 18/01	1990	190,3
Colombo	19	27/12 a 14/01	1989/1990	326
Contenda	16	06/01 a 21/01	1990	247
Curitiba/Prado	23	28/12 a 19/01	1989/1990	293,3
Curitiba	22	28/12 a 18/01	1988/1989	295
Mandirituba	27	28/12 a 23/01	1989/1990	254,3
Piraquara	19	05/01 a 23/01	1981	176
SJP/Guaricana	30	17/01 a 15/02	1994	275
SJP/Fazendinha	27	19/09 a 15/10	1998	423,2
Porto Amazonas	19	05/01 a 23/01	1990	185,3
Palmeira/Colônia	28	23/06 a 19/07	1983	388,3
Palmeira/Mandacaia	19	06/01 a 24/01	1990	268,2
Lapa	16	05/01 a 20/01	1995	298,6

As estações de Almirante Tamandaré (17), Araucária (13), Campina Grande do Sul (18), Campo Largo/Itaqui (11), Campo Largo/Don (14), Colombo (14), Contenda (16), Piraquara (19), Porto Amazonas (19), Palmeira/Mandacaia (19) e Lapa (16) apresentaram sequências chuvosas máximas entre 10 e 20 dias. analisando as datas nas quais ocorreram os eventos, nota-se que praticamente todas ocorreram durante os meses do verão, em especial durante o mês de janeiro.

Analisando espacialmente a duração máxima das sequências chuvosas (Figura 48), nota-se que a porção leste, mais precisamente os municípios de São José dos Pinhais e Mandirituba, apresentaram os maiores valores, igualmente à figura 47, da duração média das sequências chuvosas. Estes eventos com duração de 30 e 27 dias para São José dos Pinhais e 27 dias para Mandirituba foram responsáveis por 275 mm e 423 mm e 254 mm de chuva, respectivamente.

Cabe ressaltar que as sequências das estações de Campo Largo/Ouro e Don, Colombo, Contenda, Curitiba/Prado, Mandirituba, Porto Amazonas e Palmeira ocorreram aproximadamente nas mesmas datas, entre dezembro e janeiro de 1989 a 1990.

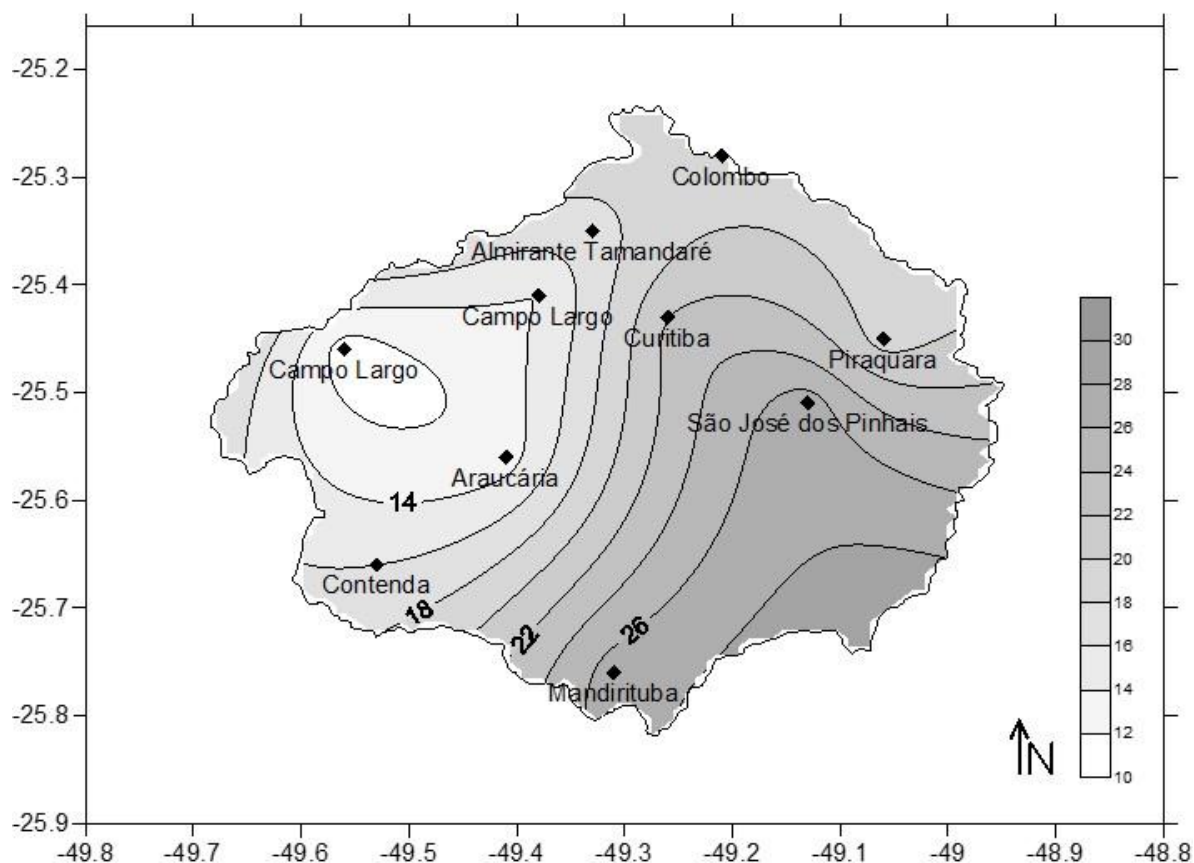


Figura 48 - - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Duração máxima das sequências chuvosas (1980 a 2010)

4.5.3 Distribuição E Duração Das Sequências Chuvosas

4.5.3.1 Sequências chuvosas iguais ou superiores a 4 dias de duração

Analisando as sequências chuvosas iguais ou superiores a 4 dias de duração, nota-se que estas apresentam flutuação de 177 sequências para o município de São José dos Pinhais, estação Guaricana, com o valor máximo e o valor mínimo de 59 sequências para o município de Campo Largo, estação Don Pedro. As estações de Almirante Tamandaré (160), Colombo (169) e Curitiba (170) apresentaram valores superiores a 150 sequências para o período. Já a maioria das estações, como as de Campina Grande do Sul (113), Campo Largo/Ouro (109), Curitiba/Prado (135), Mandirituba (135) Piraquara (131), São José dos Pinhais/Fazendinha (111), Porto Amazonas (119), Palmeira/Colônia (113) e Lapa (112) apresentaram valores entre 100 a 150 sequências. E as estações de Araucária (90), Campo Largo/Itaqui (95), Campo Largo/Don (59), Contenda (72) e Palmeira/Mandacaia (94) apresentaram sequências inferiores a 100.

Observando a Figura 49, constata-se que o norte da Bacia, mais precisamente os municípios de Colombo, Almirante Tamandaré e Curitiba, apresenta as maiores sequências de chuva, todas acima de 150. Outra região que merece destaque seria a porção leste, onde se encontra o município de São Jose dos Pinhais, com sequências superiores a 177 para estação de Guaricana e 111 para a estação de Fazendinha.

A porção oeste apresentou as menores sequências, como os municípios de Campo Largo/Itaqui/Don, Contenda e Araucária, registrando 95, 59, 72 e 90 sequências.

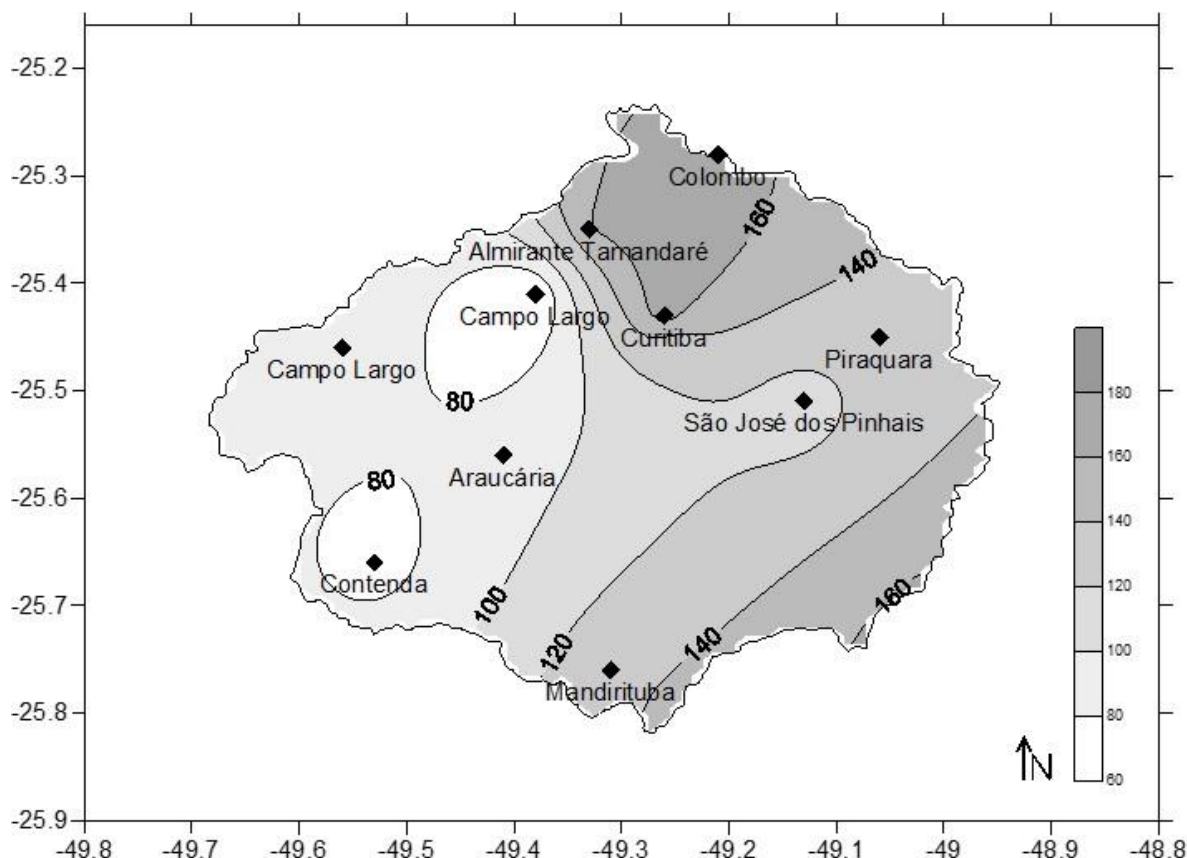


Figura 49 Bacia do Alto rio Iguçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 4 dias de duração (1980 a 2010)

4.5.3.2 Sequências chuvosas iguais ou superiores a 7 dias de duração

Analisando as sequências chuvosas iguais ou superiores a 7 dias de duração, observa-se, na

Figura 50, que os dados flutuam entre 61 sequências para o município de São José dos Pinhais, estação Guaricana, e 05 sequências para o município de Campo Largo, estação Don Pedro. Os municípios de Almirante Tamandaré (31), Colombo (33), Curitiba (33) e Porto Amazonas (31) apresentaram sequências superiores a 30. Nota-se que todas as estações, com exceção Porto Amazonas, apresentaram, também, as maiores sequências para a análise de 4 dias. Já os municípios de Mandirituba (23), Palmeira/Colônia (20) e Lapa (25) apresentaram sequências entre 20 e 30, e os municípios de Campina Grande do Sul (17), Campo Largo/Itaqui/Ouro (13 e 19), Contenda (12), Curitiba/Prado (12), Piraguara (15), São José dos Pinhais/Fazendinha (16) e Palmeira/Mandacaia (15) apresentaram sequências entre

10 e 20. Observa-se que somente os municípios de Araucária e Campo Largo/Don apresentaram valores inferiores a 10 sequências.

Analisando espacialmente o número total de sequências chuvosas iguais ou superiores a 7 dias,

Figura 50, nota-se que este apresenta dinâmica semelhante à Figura 49, onde as porções norte e leste apresentaram os maiores valores e a porção centro-oeste as menores sequências. Novamente, destacam-se os municípios de São José dos Pinhais/Guaricana, ao leste, e Curitiba, Colombo e Almirante Tamandaré, ao norte, com as maiores sequências, e Araucária e Campo Largo/Don com as menores sequências.

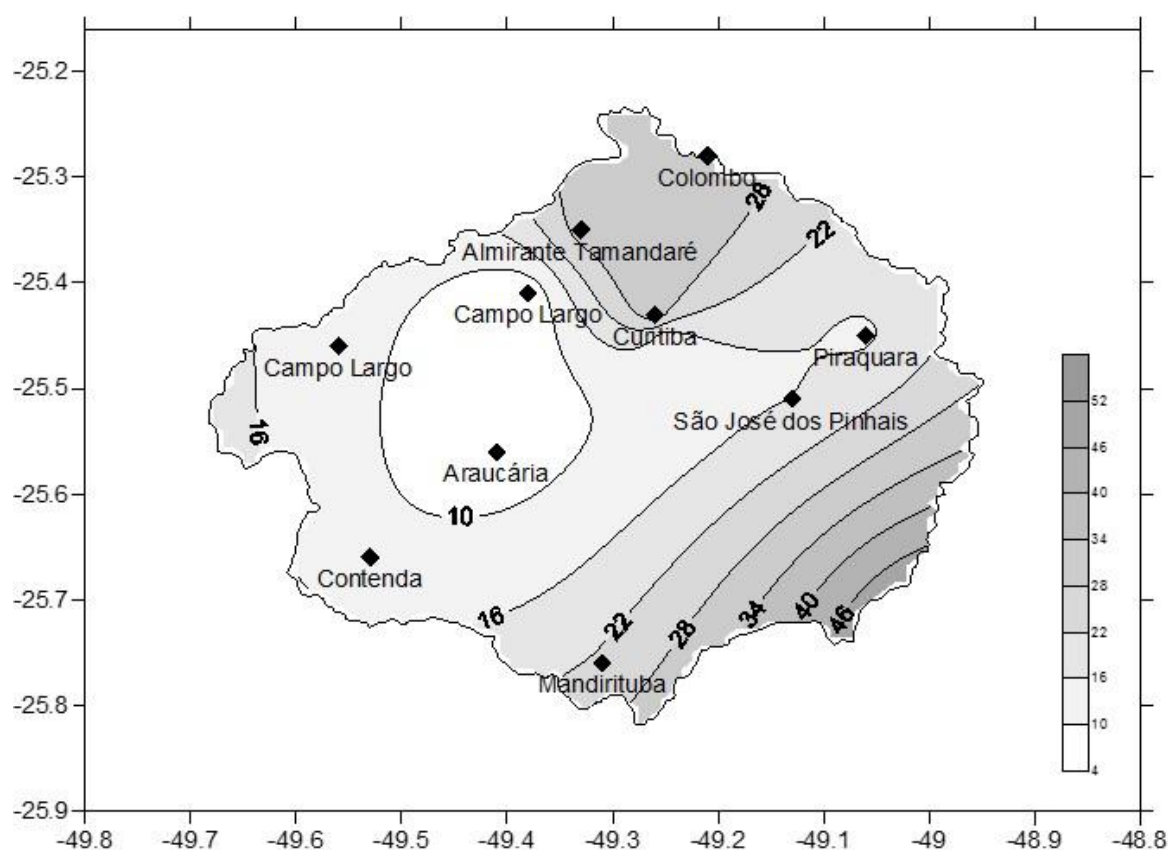


Figura 50 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 7 dias de duração (1980 a 2010)

4.5.3.3 Sequências chuvosas iguais ou superiores a 10 dias de duração

Analisando as sequências chuvosas iguais ou superiores a 10 dias de duração, nota-se, na Figura 51, que os valores variam entre 20 sequências, para o município de São José dos Pinhais, estação de Guaricana, até a inexistência de sequência para o município de Palmeira/Mandacaia. Porém, vale que ressaltar que para esta estação não houve o registro destas sequências específicas, mas a mesma apresentou sequências superiores, registrando dois episódios de 12 dias e um episódio 19 dias consecutivos de chuva.

Sendo assim, somente a estação de Guaricana apresentou registro igual ou superior a 20 sequências e somente a estação de Campo Largo/Ouro apresentou registro igual ou superior a 10 sequências. A maioria dos municípios apresentou registros entre 1 e 10 sequências, como o caso de Almirante Tamandaré (04), Araucária (01), Campina Grande do Sul (04), Campo Largo/Itaqui/Don (03 e 02), Colombo (08), Contenda (02), Curitiba (05 e 06), Mandirituba (07), Piraquara (01), São José dos Pinhais/Fazendinha (05), Porto Amazonas (05), Palmeira/Colônia (04) e Lapa (02).

Analisando espacialmente o número total de sequências chuvosas igual ou superior a 10 dias, nota-se, que o norte e leste da Bacia novamente predominam com os maiores valores, e a cidade de São José dos Pinhais, estação de Guaricana, apresenta a maior sequência, seguido por Colombo e Curitiba. Já as menores sequências encontram-se ao sudoeste e ao leste da Bacia, com os municípios de Contenda, Araucária e Campo Largo.

É de grande importância ressaltar que para a análise do número de sequências chuvosas iguais ou superiores a quatro, sete e dez dias a dinâmica espacial mostrou-se semelhante. Para a análise dos quatro dias, tanto a porção leste como a porção norte apresentaram valores semelhantes e observou-se grande variabilidade entre os dados. Já para a análise da sequência dos 7 dias, a variabilidade entre os dados diminuiu em comparação à classe acima. Já observando a sequência de dez dias com chuvas, nota-se que a maioria dos dados encontraram-se entre 01 e 10 registros, não havendo grande variabilidade.

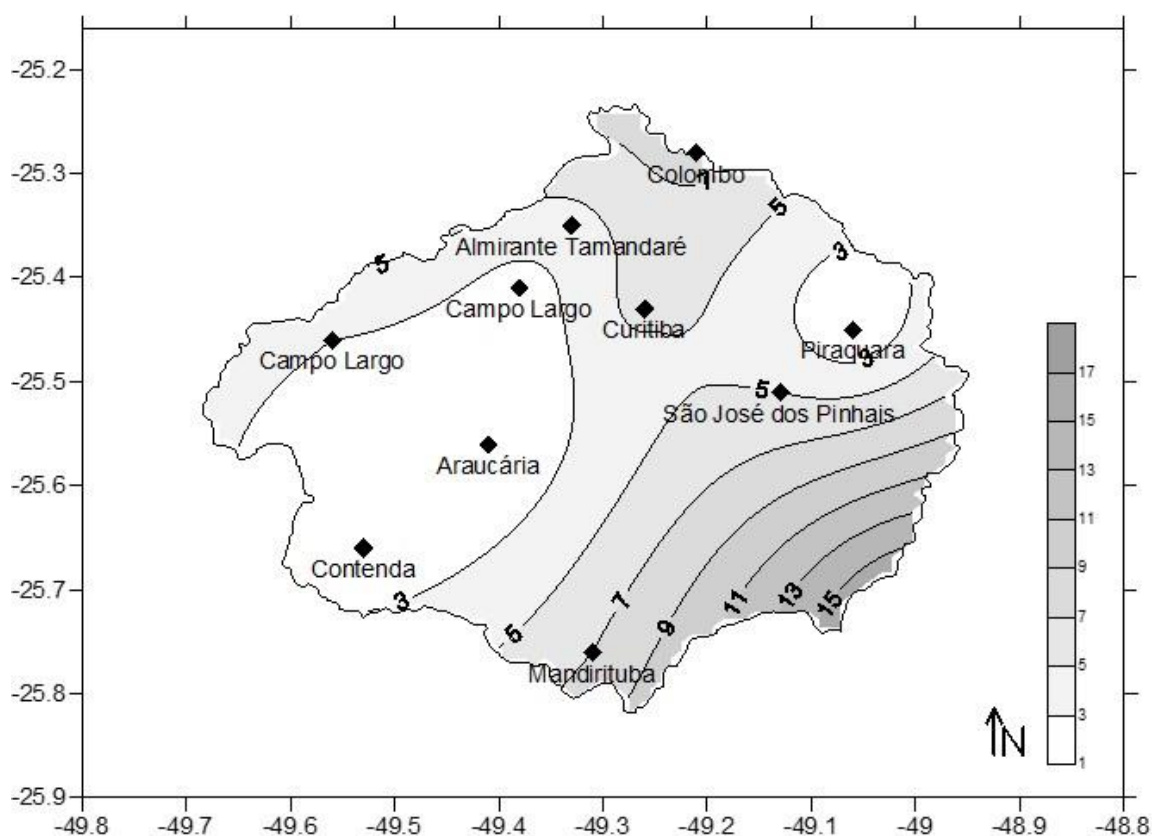


Figura 51 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Número de Sequências chuvosas iguais ou superiores a 10 dias de duração (1980 a 2010)

4.6 TEMPO DE RETORNO

De acordo com Tucci (2001), a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração e distribuição temporal e espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica, além de poder atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros. A precipitação máxima provável (PMP) é definida como a maior coluna pluviométrica correspondente a uma duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma determinada área em uma dada época do ano. O mesmo autor ainda comenta que o estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para se conhecer a vazão de enchente de uma bacia.

O conhecimento da precipitação diária máxima provável é importante para trabalhos de conservação do solo, estradas, barragens e drenagem, para os quais o dimensionamento adequado é necessário para conhecer ocorrências extremas. O fato de os projetos hidráulicos, em geral, serem concebidos considerando o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requer a previsão de grandezas hidrológicas

de grande magnitude, tais como máximas vazões ou precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade.

A teoria de valores extremos, em especial a distribuição de valores extremos do tipo I, também conhecida como distribuição de Gumbel, distribuição tipo I de Fisher-Tippet, ou dupla exponencial, desenvolvida por Gumbel (1958), tem apresentado grande importância em vários campos da pesquisa e tem sido aplicada com grande frequência na análise estatística de variáveis ligadas a fenômenos meteorológicos, entre os quais está a precipitação pluviométrica máxima.

Tendo em vista a grande importância do conhecimento das possíveis precipitações diárias máximas, realizou-se este trabalho com o objetivo de analisar o ajustamento da distribuição de valores extremos do tipo I aos dados agrupados em períodos de um ano e para estimar a precipitação pluvial diária máxima provável com seus respectivos intervalos de confiança para os tempos de retorno de 05, 10, 50, 100, 200 e 500 anos para o período anual para a Bacia do Alto Iguaçu.

A série de precipitações diárias máximas anuais relativas aos anos estudados é apresentada em anexo. Nota-se que poucas precipitações diárias máximas mensais (acumuladas em 24 horas) superaram 100 mm, destacando-se os anos 1993, 1995 e 1999, que registraram precipitações diárias acima de 100 mm/dia.

Na tabela (anexo), são apresentados os valores máximos de precipitação de 24 horas esperados para cada estação e Tempo de Retorno (TR) considerado. Tomando-se os valores extremos apresentados, verifica-se que as diferenças de precipitação máxima de 24 horas entre as estações com valores maiores e menores são de 27,8 mm; 32,4 mm; 46,8 mm; 52,9 mm; 59 mm e 66,9 mm para valores de TR de 5, 10, 50, 100, 200 e 500 anos, respectivamente. Estas diferenças mostram-se expressivas, indicando que a simples extrapolação de dados de uma localidade para outra poderá elevar o risco de rompimento de estruturas, devido ao subdimensionamento, ou aumentar o custo pelo superdimensionamento de obras que venham a utilizar estas informações. Observa-se, também, que as diferenças aumentam com o aumento do período de retorno, as quais, para quaisquer valores de TR, ultrapassam 50% do valor esperado para a localidade com menor valor de precipitação esperada, ressaltando-se, assim, que são valores bastante expressivos.

Analisando a Tabela 13, nota-se que o TR para 5 anos oscila entre 87,9 mm para São José dos Pinhais/Fazendinha e 115,7 para o mesmo município para a estação de Guaricana. Como dito anteriormente, a diferença entre o maior e o menor

valor é de 27,8 mm. Analisando a Figura 52, onde estão dispostas as precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 05 anos, nota-se que as precipitações máximas são esperadas para a porção leste-sudeste e as precipitações mínimas encontram-se ao noroeste e ao nordeste da Bacia, mais precisamente no município de Campo Largo e Piraquara.

Analisando o tempo de retorno para o período de 10 anos, nota-se que o maior valor esperado é para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana, com 131,2 mm e a mínima para a estação de Porto Amazonas com 98,8 mm, registrando uma diferença de 32,4 mm entre a máxima e a mínima apresentada. Nota-se que há uma diferença de 15,5 mm entre o TR para o período de 05 a 10 anos para a estação de Guaricana e este valor aumenta com o acréscimo do tempo.

Observa-se que os valores das precipitações máximas para o tempo de retorno de 50 anos oscilam entre 118,7 mm para o município de Porto Amazonas e 165,5 mm para o município de São José dos Pinhais/Guaricana. Nota-se que a diferença entre o TR de 5 anos para o TR para 50 anos para a mesma estação é de quase 50 mm. Analisando as outras estações, nota-se que a maioria dos dados encontram-se entre 125 mm e 140 mm. Analisando especialmente a, nota-se que a porção leste/sudeste apresenta os maiores valores e a porção noroeste os menores valores, com ênfase para o município de Campo Largo, o qual apresentou índices baixos, registrando 127,5 para a estação de Itaquí, 130,3 mm para estação de Ouro Fino e 122,1 mm para a estação Don Pedro.

Tabela 13 - Estações pluviométricas e precipitações máximas de 24 horas esperadas para diferentes períodos de retorno para os municípios compreendidos na Bacia do Alto Iguaçu

Estações	TEMPO DE RETORNO					
	5	10	50	100	200	500
Almirante Tamandaré	91.2	103	129.1	140.1	151.1	165.1
Araucária	93.7	106	133.2	144.7	156.1	171.2
Campina Grande do Sul	98.2	113.3	146.6	160.6	174.6	193
Campo Largo/ Itaqui	90.6	102.1	127.5	138.3	149	163.1
Campo Largo/Ouro	89.7	102.4	130.3	142	153.8	169.3
Campo Largo/Don	89.2	99.4	122.1	131.6	141.2	153.7
Colombo	93.3	106.4	135.2	147.4	159.6	175.6
Contenda	91.5	103.6	130.2	141.5	152.7	167.5
Curitiba/Prado	92.7	104.3	129.8	140.6	151.4	165.5
Curitiba	97.5	11.7	143	156.2	169.4	186.8
Mandirituba	98.6	114.1	148.1	162.5	176.8	195.7
Piraquara	89.2	102.4	131.6	143.9	156.2	172.4
SJP/Guaricana	115.7	131.2	165.5	180	194.5	213.5
SJP/Fazendinha	87.9	99.6	125.2	136	146.7	161
Porto Amazonas	89.8	98.8	118.7	127.1	135.5	146.6
Palmeira/Colônia	92	103.3	128.2	138.7	149.2	163
Palmeira/Mandacaia	91.4	102.8	127.7	138.2	148.7	162.6
Lapa	89.4	101	126.5	137.3	148.1	162.2

Os valores para o tempo de retorno no período de 100 anos oscilaram entre 127,1 mm para o município de Porto Amazonas e 180 mm para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana, havendo uma diferença de 53,9 mm entre estas duas estações. Analisando espacialmente os dados, nota-se que maioria oscilou entre 135 mm e 160 mm e que novamente as porções noroeste e nordeste da Bacia apresentaram os menores índices, registrando 138,3 mm para o município de Campo Largo/Itaqui, 131,6 mm para a estação de Don Pedro, 143,9 mm para o município de Piraquara e 136 mm para a estação de São José dos Pinhais/Fazendinha. Analisando a dinâmica espacial, nota-se que o TR para 100 anos apresenta-se semelhante aos outros mapas, porém com valores superiores.

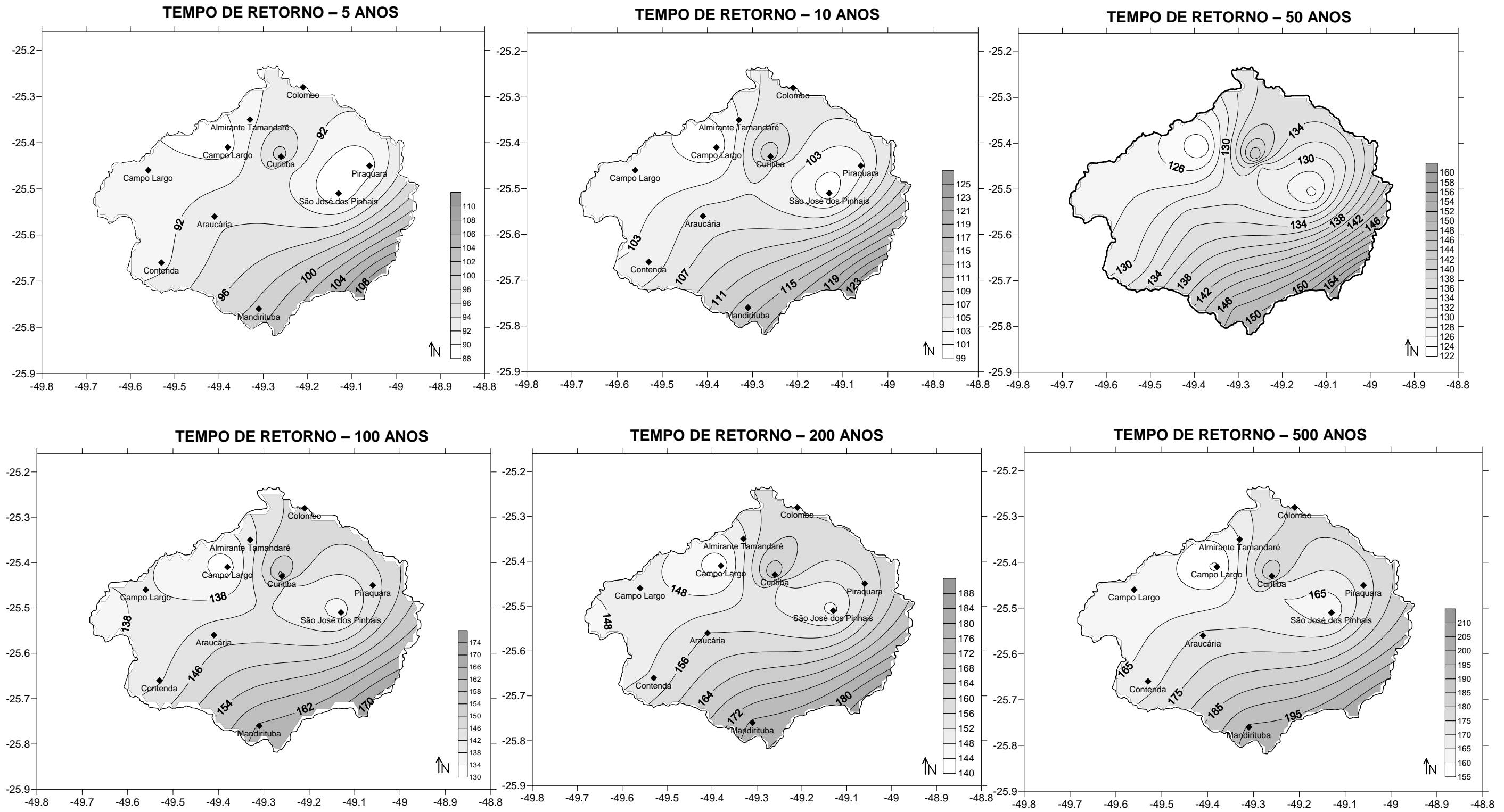


Figura 52 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Precipitações máximas esperadas para o período de 05, 10, 50, 100, 200 e 500 anos.

Analisando o TR para 200 anos, nota-se que os valores oscilam entre 135,5 para o município de Porto Amazonas e 194,5 para o município de São José dos Pinhais, estação de Guaricana. Realizando uma comparação entre os valores máximos do TR 05 anos para TR 200 anos para a estação de Guaricana, a diferença é de 78,8 mm; já para o mesmo período, para a estação de Porto Amazonas, a diferença foi de 45,7 mm. Analisando espacialmente os dados para os valores máximos de TR 200, nota-se que as porções sudeste e sul apresentam os maiores valores, mais precisamente os municípios de São José dos Pinhais (194,5 mm), Curitiba (169,4 mm) e Mandirituba (176,8 mm); já os menores valores encontram-se nos municípios de Campo Largo/Don com 141,6 mm, São José dos Pinhais/Fazendinha com 146,7 mm e Porto Amazonas com 135,5 mm.

Analisando o tempo de retorno para 500 anos, onde foram consideradas as chuvas máximas anuais para cada uma das estações analisadas, nota-se que os valores oscilam entre 146,6 mm para o município de Porto Amazonas e 213,5 mm para a estação de Guaricana, localizada em São José dos Pinhais. Realizando a comparação entre os valores do TR 05 e TR 200, nota-se um acréscimo de 97,8 para Guaricana e 56,8 mm para Porto Amazonas. Observando a Figura 52, nota-se que a dinâmica permanece a mesma, sendo a porção sudeste/leste com as maiores máximas e a porção oeste/noroeste registrando as mínimas.

Dessa forma, conclui-se que a análise do tempo de retorno para a Bacia do Alto Iguaçu possui valores distintos perante a análise dos valores máximos anuais e que estas estimativas fornecem valores mais seguros de precipitações diárias máximas prováveis. A diferença entre os valores extremos de precipitações máximas para diferentes estações pluviométricas para um mesmo TR na área estudada ultrapassou 30% da menor intensidade. Isto evidencia a necessidade do conhecimento da precipitação máxima local para o dimensionamento de obras hidráulicas, as quais podem ser usadas para auxiliar no planejamento de obras de engenharia hidráulica e agrícola na região.

As porções leste e sudeste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas maiores, enquanto as regiões oeste e noroeste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas menores para um mesmo valor de TR.

5.0 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA E TENDÊNCIA PARA PERCENTIL 95% E 99%.

5.1 ANÁLISE DAS MÉDIAS - PERCENTIL 95%

Primeiramente, foram analisados e calculados os percentis 95% e 99% para as dezoito estações utilizadas. Estes índices foram adotados embasados nos estudos da ETCCDMI para trabalhos com chuvas intensas. Um percentil é o ponto da distribuição no qual ou abaixo do qual se situa uma determinada porcentagem de casos. Para realizar este cálculo, considerou-se a precipitação pluvial que representa 95º e 99º percentil de toda a série analisada para cada uma das estações utilizadas. A Figura 53 apresenta os valores dos percentis 95% para cada uma das estações, em milímetros.

Nota-se que os valores encontram-se entre 22 e 30,5 mm, sendo que o menor registro foi encontrado na estação de Ouro Fino/Campo Largo e Mandirituba (22 mm) e o maior valor foi registrado na estação de Guaricana (30,5 mm), em São José dos Pinhais.

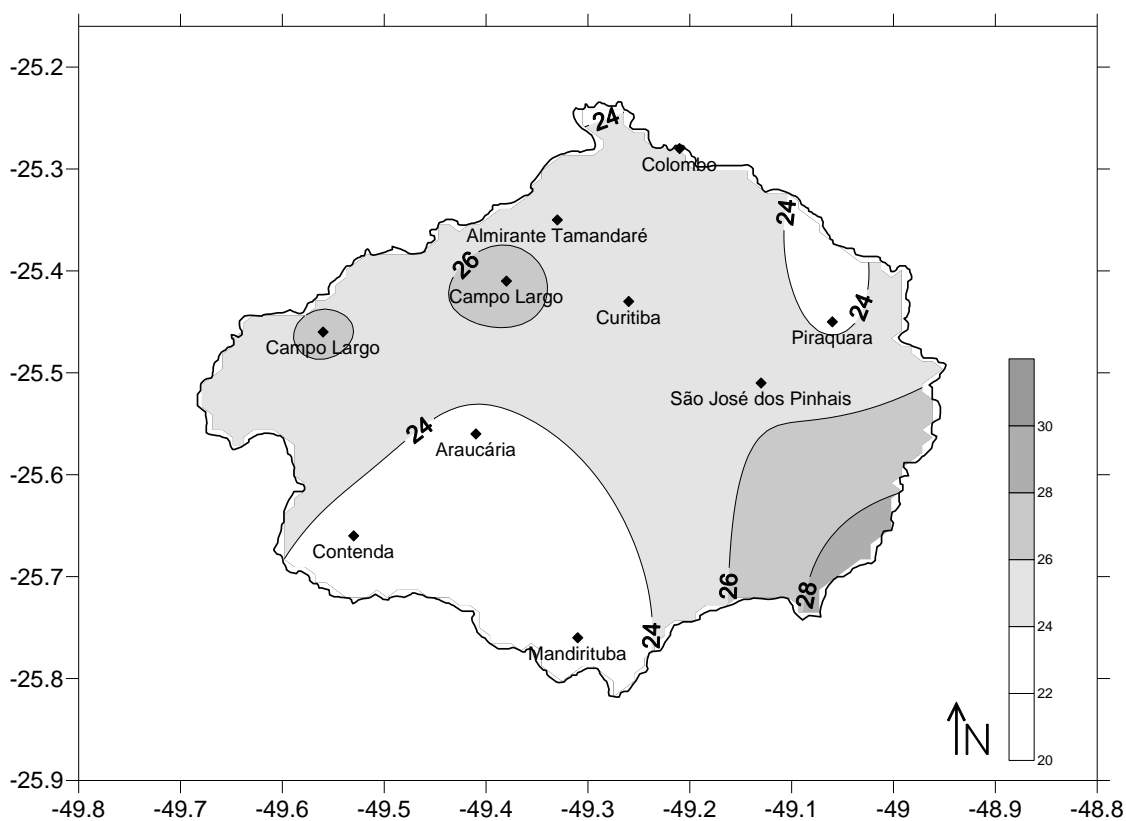


Figura 53 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Média Percentil 95% (1980-2010)

Segundo a espacialização dos dados, nota-se que as estações que apresentam os maiores valores de percentil encontram-se nas partes sudeste e noroeste da Bacia, onde estão localizados os municípios de São José dos Pinhais, ao sudeste, e Campo Largo na porção noroeste. Já as áreas que apresentam os menores valores estão situadas na parte sudoeste, onde estão localizados os municípios de Contenda, Araucária, Mandirituba e, ao nordeste, onde estão situados os municípios de Piraquara, Colombo e Almirante Tamandaré. Nota-se que nas partes central e oeste da Bacia, onde estão localizados os municípios de Quatro Barras, Curitiba, Campo Magro, Fazenda Rio Grande e Balsa Nova, os valores do percentil variam entre 23 mm e 25 mm.

Apesar de exibirem diferenças em seus valores, nota-se que não há grande variabilidade entre os números apresentados. A única estação meteorológica que apresenta valores muito acima da média é Guaricana, localizada no Município de São José dos Pinhais, que registou 30,3 mm. É importante salientar que este ponto de coleta, situa-se após a Serra do Mar e encontra-se na mesma altitude que as outras estações analisadas. Esta estação é representativa, pois denota uma área de transição entre a baixada litorânea e o Primeiro Planalto, encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental de Guaratuba e seu entorno possui áreas verdes.

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para os valores anuais do percentil 95%. Este teste é utilizado e sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliar as tendências positivas, negativas ou nulas na série temporal. A tendência climática pode ser entendida como mudança do clima caracterizada por um contínuo acréscimo ou decréscimo nos valores da variável observada num determinado período. Desta forma, este teste foi aplicado para os 31 anos de análise, assim como para as dezoito estações utilizadas. A Tabela 14 apresenta os resultados do percentil 95% para o teste Z, as representações de significância, bem como os valores de Q.

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	Q
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	1,80	+	0,146
Araucária	1980	2010	31	0,24		0,027
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-1,80	+	-0,172
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	3,16	**	0,255
Campo Largo/Ouro Fino	1980	2010	31	-0,10		-0,010
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	2,45	*	0,310
Colombo	1980	2010	31	-0,48		-0,046
Contenda	1980	2010	31	-0,36		-0,025
Curitiba/Prado Velho	1980	2010	31	1,24		0,133
Curitiba/Curitiba	1980	2010	31	0,36		0,057
Mandirituba	1980	2010	31	2,21	*	0,295
Piraquara	1980	2010	31	-0,78		-0,074
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	1,84	+	0,138
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,37		0,052
Porto Amazonas	1980	2010	31	1,48		0,171
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	3,28	**	0,363
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	1,05		0,082
Lapa	1980	2010	31	1,36		0,130

Observando os resultados do teste de Mann-Kendall, nota-se que das dezoito estações analisadas, seis apresentam tendência crescente significativa de precipitação e apenas uma apresenta tendência significativa decrescente de precipitação. As estações de Campo Largo/Itaqui e Palmeira/Colônia apresentam tendências estatísticas significativas de 99% (muito boa), representando 11,1% do total. Já as estações de Campo Largo/Don Pedro e Mandirituba apresentaram tendências estatísticas significativas de 95% (boa), 11,1% do total. Os municípios de Almirante Tamandaré e São José dos Pinhais/Fazendinha apresentaram tendências estatísticas significativas de 90% (aceitável), representando 11,1% do total. Desta forma, 33,3% das estações analisadas demonstraram tendências significativas de precipitação para o período analisado.

Analisando a Figura 54, nota-se que a maioria das estações que apresentaram tendência positiva de precipitação está localizada ao oeste da Bacia, com exceção para os municípios de Campina Grande do Sul e São José dos Pinhais/Fazendinha.

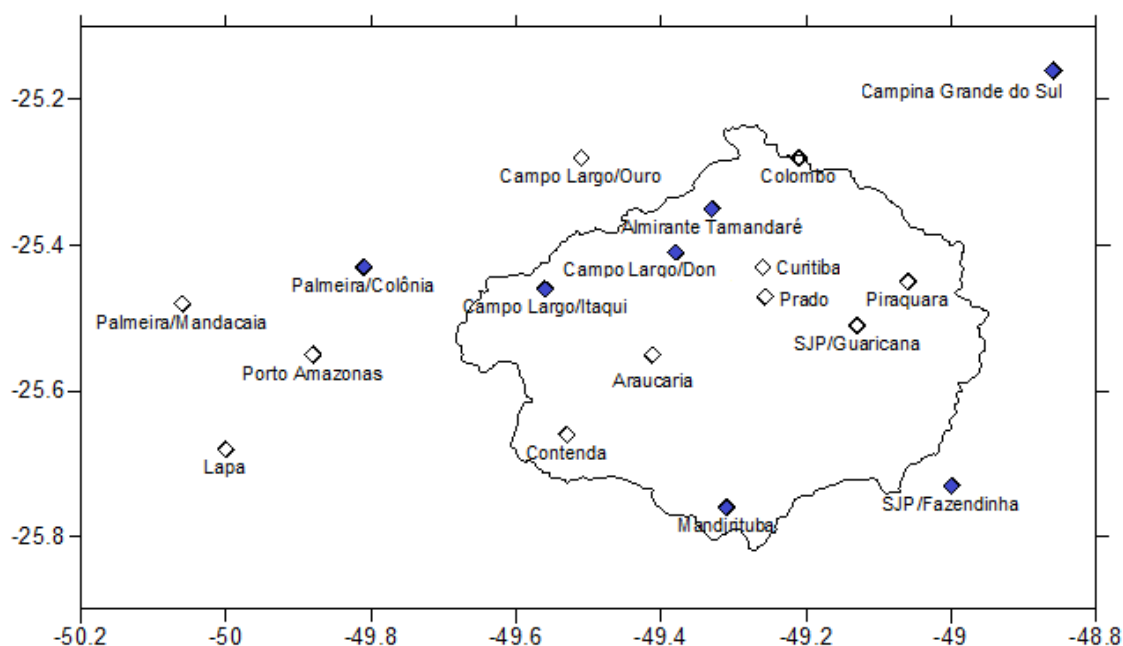


Figura 54– Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a média percentil 95%

Segundo os gráficos de tendências destas respectivas estações, nota-se que a partir da década de 90 há o aumento da tendência da precipitação. Este fato pode estar influenciado pelos valores extremos registrados na década de 90, período em que ocorreram vários episódios de El Niño. Segundo Fontana & Berlato (1997), em anos de ocorrência de El Niño são registrados, no Rio Grande do Sul, valores de precipitação pluvial acima da média para o período de outubro a dezembro. Essa pensamento reforça a ideia de que a mudança na precipitação é apenas uma oscilação de causa natural, não necessariamente associada a uma mudança definitiva nos padrões pluviométricos. Ayoade (1996) ressalta que flutuações no clima em períodos de 30 a 35 anos não podem ser consideradas como mudanças climáticas.

Apenas a estação de Campina Grande do Sul apresentou tendência estatística negativa aceitável (90%). Esta mudança é observada a partir da década de 90 e segue caindo na década de 2000.

Na Tabela 15 estão expostos os resultados do teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para os 31 anos de análise para as dezoito estações. Segundo o teste, apenas uma estação (Palmeira/Colônia) possui tendência crescente significativa aceitável (90%), enquanto todas as outras não possuem tendência significativa crescente ou decrescente.

Correlacionando os dados de tendência total anual de precipitação com os do percentil 95%, nota-se que estas duas variáveis não apresentam igualdade perante os resultados obtidos. Enquanto seis estações (33,3% do total) apresentam tendência positiva significativa para o percentil 95%, apenas uma estação (5%) apresentou tendência em relação ao total anual de precipitação. Este fato revela que houve crescimento dos eventos extremos de chuva, porém isto não refletiu no total de chuva anual.

Tabela 15 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para Precipitação Total Anual

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	Q
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,92		5,353
Araucária	1980	2010	31	-0,20		-1,614
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-0,65		-5,231
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	1,36		9,421
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	-0,48		-4,000
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	0,85		5,936
Colombo	1980	2010	31	-1,00		-6,550
Contenda	1980	2010	31	-0,88		-5,781
Curitiba/Prado	1980	2010	31	0,78		4,637
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,95		5,882
Mandirituba	1980	2010	31	1,24		9,741
Piraquara	1980	2010	31	-0,78		-3,878
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	1,39		6,811
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,34		4,286
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,82		7,025
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	1,87	+	12,562
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	1,09		5,482
Lapa	1980	2010	31	0,34		1,903

Segue abaixo os gráficos das respectivas estações que apresentam tendências significativas e a tabela que apresenta os valores dos totais anuais para o percentil 95%.

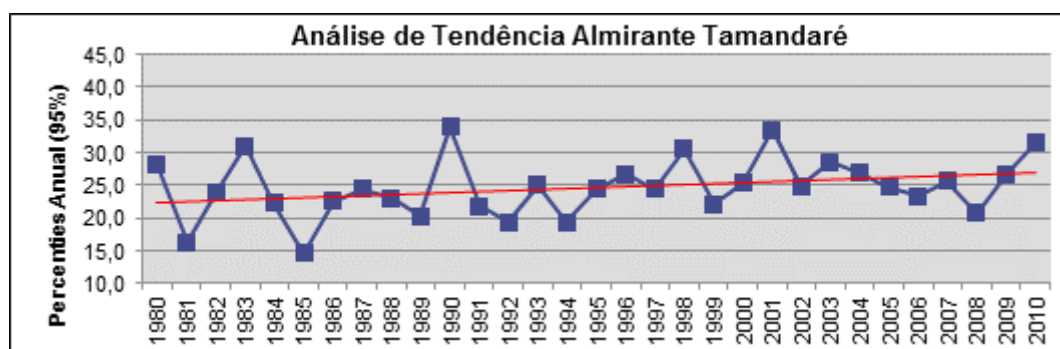


Gráfico 8- Almirante Tamandaré: Tendência pluvial anual percentil 95% (1980-2010)

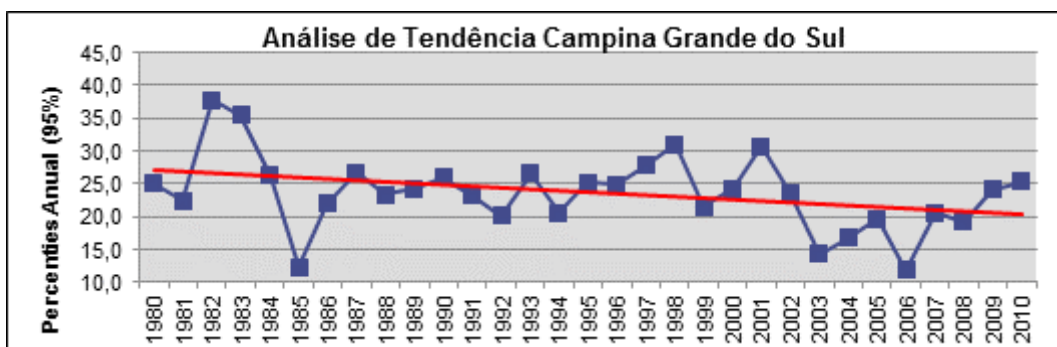


Gráfico 9 - Campina Grande do Sul: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

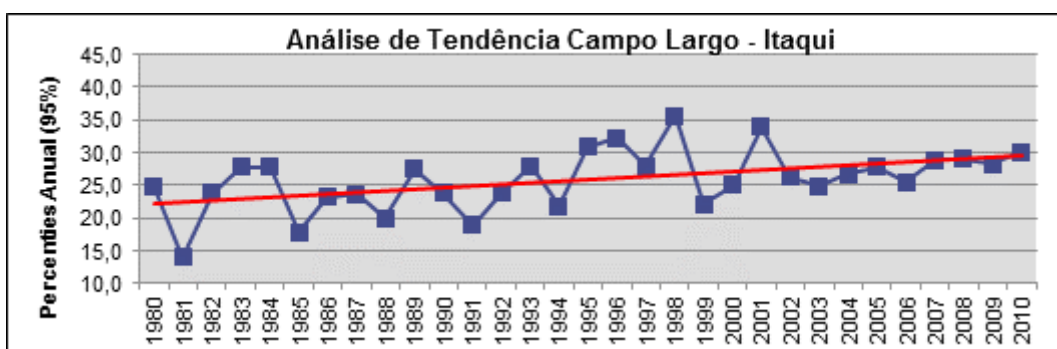


Gráfico 10 - Campo Largo/ Itaquí: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

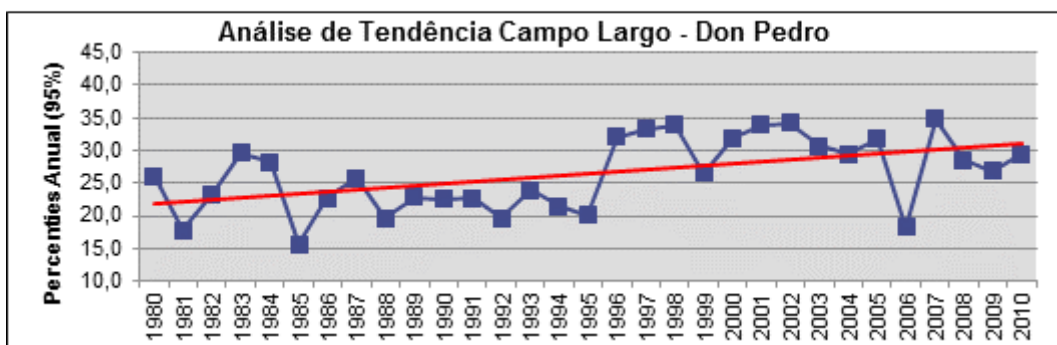


Gráfico 11 - Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

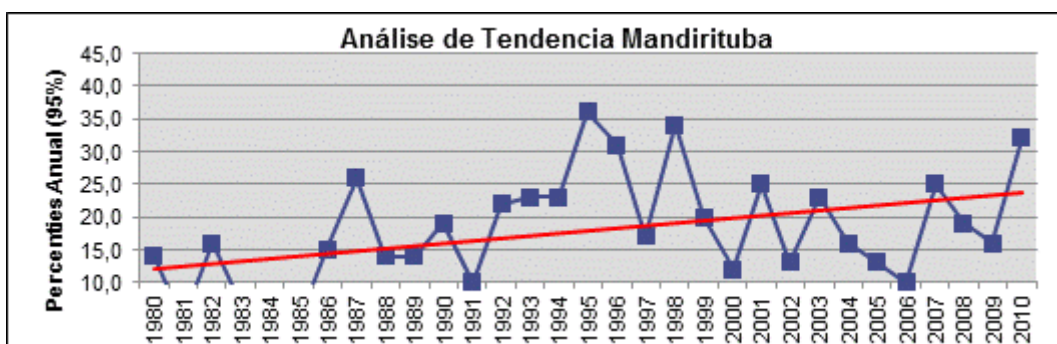


Gráfico 12 - Mandirituba: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

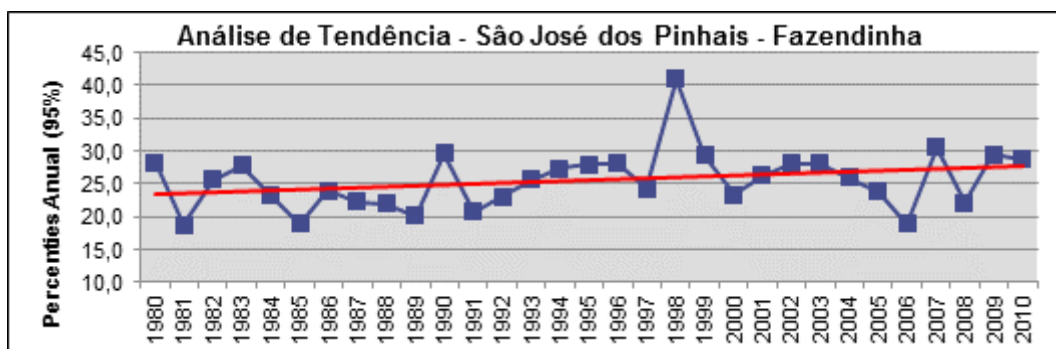


Gráfico 13 - São José dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

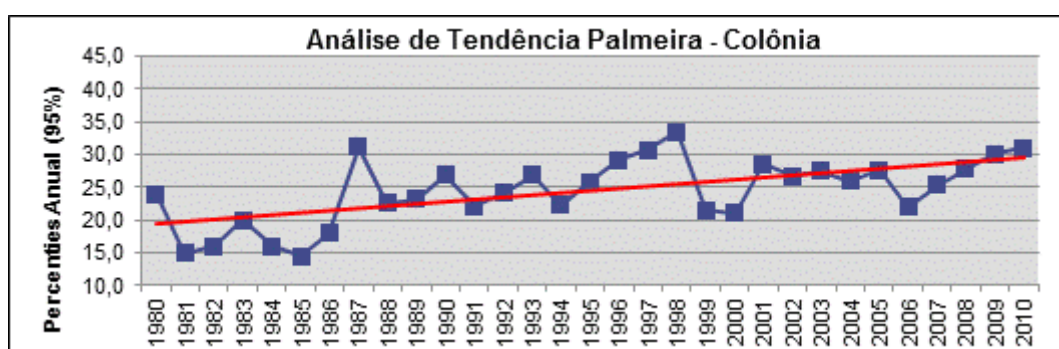


Gráfico 14 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica anual percentil 95% (1980-2010)

5.2 ANÁLISE DAS MÉDIAS - PERCENTIL 99%

Posteriormente, analisando os valores do percentil 99%, na Figura 55, nota-se que os valores encontram-se entre 43 e 60 mm, sendo que o menor registro foi na estação de Ouro Fino (43,6 mm), pertencente à cidade de Campo Largo, e o maior valor foi registrado na estação de Guaricana em São José dos Pinhais (60,5 mm), igualmente aos dados do percentil 95%.

Segundo a espacialização dos dados, Figura 55, nota-se que as estações que apresentam os maiores valores de percentil encontram-se na parte sudeste da Bacia, onde está localizado o município de São José dos Pinhais. Já as áreas que apresentam os menores valores se localizam na parte sudoeste, onde estão localizados os municípios de Contenda, Fazenda Rio Grande e Mandirituba, assim como as partes norte e nordeste, que correspondem aos municípios de Colombo, Quatro Barras, Piraquara e Curitiba, onde os valores do percentil variam entre 46 mm e 48 mm. Nota-se que a distribuição espacial para o percentil 95% e 99% apresentam-se semelhantes, sendo mais marcada nas porções sudeste e noroeste e menos marcada nas porções sul e sudoeste.

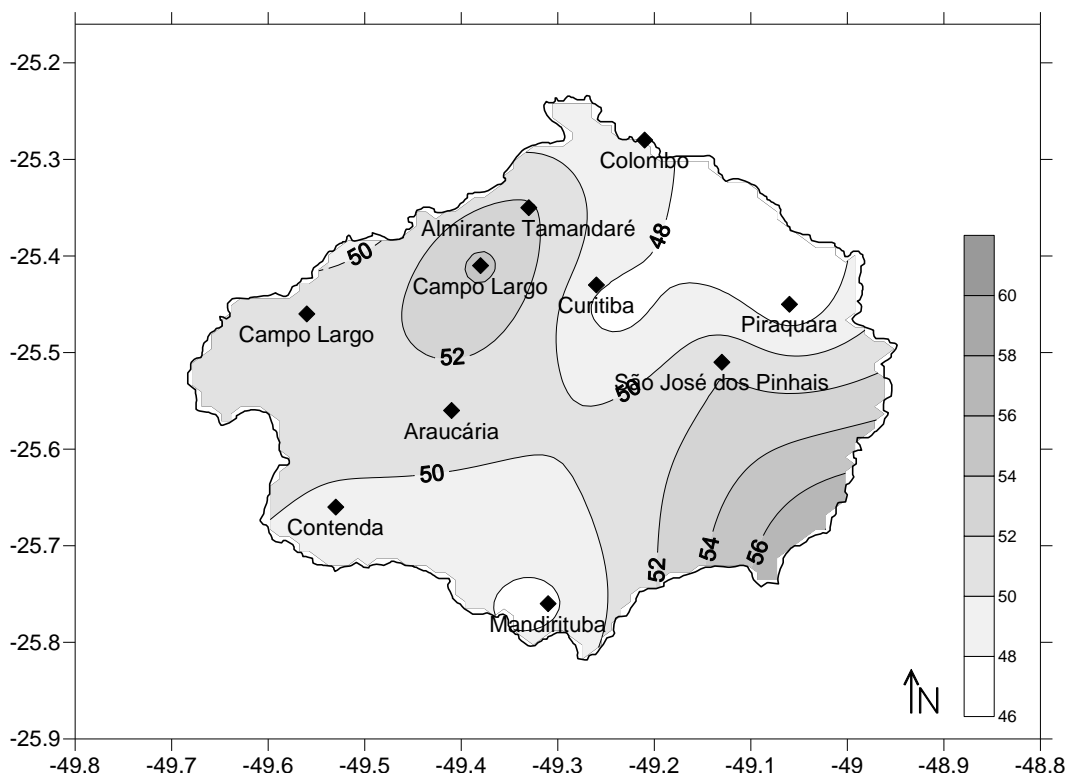


Figura 55 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Média Percentil 99% (1980-2010)

Posteriormente, foi realizado o teste de Mann-Kendall para o percentil 99% com o intuito de avaliar as tendências. Desta forma, foi aplicado para os 31 anos de análise, assim como para as dezoito estações utilizadas. A Tabela 16 apresenta os resultados para o teste Z, as representações de significância, bem como os valores de Q.

Tabela 16- Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para médias de precipitação anual segundo o Percentil 99%

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	Q
Almirante	1980	2010	31	1,43		0,249
Araucária	1980	2010	31	0,85		0,205
Campina	1980	2010	31	-0,37		-0,043
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	0,95		0,198
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	0,31		0,106
Campo Largo/Don	1980	2010	31	-1,63		-0,476
Colombo	1980	2010	31	0,17		0,029
Contenda	1980	2010	31	-1,53		-0,349
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,44		0,197
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,75		0,137
Mandirituba	1980	2010	31	2,04	*	0,537
Piraquara	1980	2010	31	0,03		0,006
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	0,48		0,108
SJP/Guaricana	1980	2010	31	1,09		0,278
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,71		0,115
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	2,18	*	0,565
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	0,85		0,091
Lapa	1980	2010	31	1,53		0,270

Observando os resultados do teste de Mann-Kendall para o percentil 99%, nota-se que das dezoito estações analisadas, apenas duas (Mandirituba e Palmeira/Colônia) apresentam tendência crescente significativa boa (95%), representando 11,1% do total analisado, diferentemente da análise de tendência para o percentil 95%, onde 33,3% das estações apresentaram resultados positivos. Essa relação entre o percentil 95% e 99% demonstra que os eventos muito chuvosos, percentil 95%, apresentam maior tendência significativa positiva que os eventos extremamente chuvosos, percentil 99%.

Constatou-se que nenhuma estação apresentou tendência significativa decrescente de precipitação para a avaliação do percentil 99%, diferentemente da análise do percentil 95%, onde a estação de Campina Grande do Sul apresentou tendência estatística negativa aceitável (90%).

Observando a Figura 56, nota que as duas estações que apresentaram tendências positivas estão localizadas nas partes sul e oeste da Bacia, acompanhando a tendência do percentil 95%, onde a maioria das estações que apresentaram tendências também se localizava ao oeste e ao sul da Bacia. Segundo os gráficos de tendências destas respectivas cidades, nota-se que a partir da década de 80 há o aumento da tendência da precipitação, diferentemente das análises realizadas acima, onde este acréscimo é marcado a partir da década de 90.

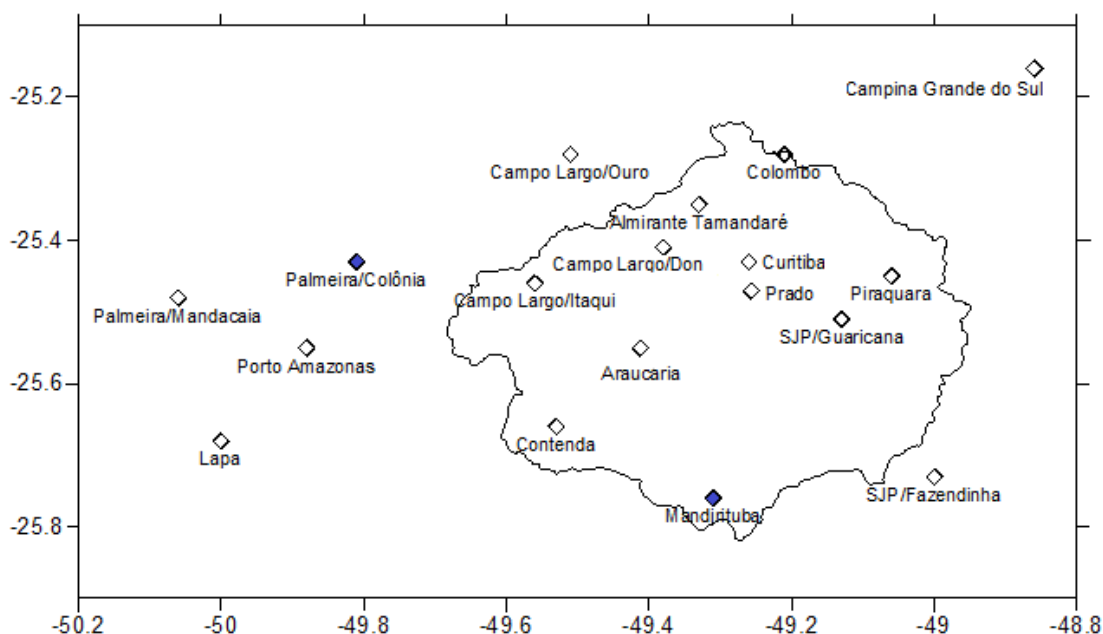


Figura 56- Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a média percentil 95%

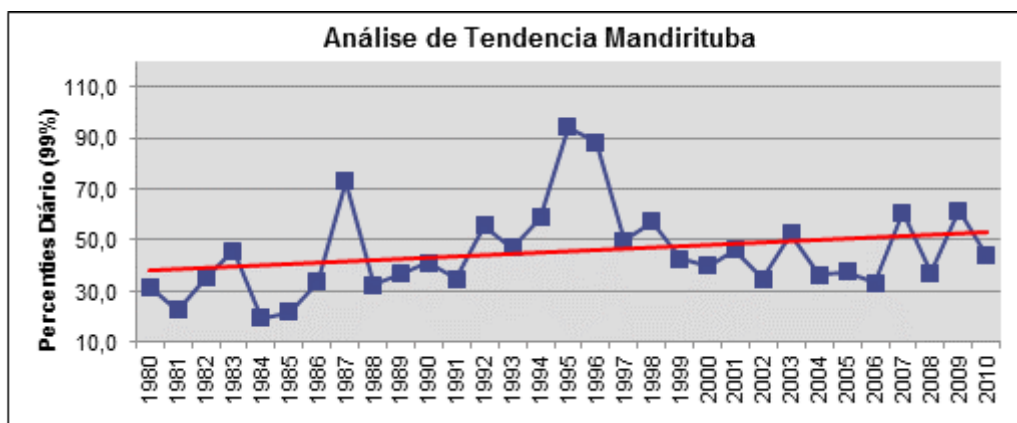


Gráfico 15 - Mandirituba: Tendência pluviométrica anual percentil 99% (1980-2010)

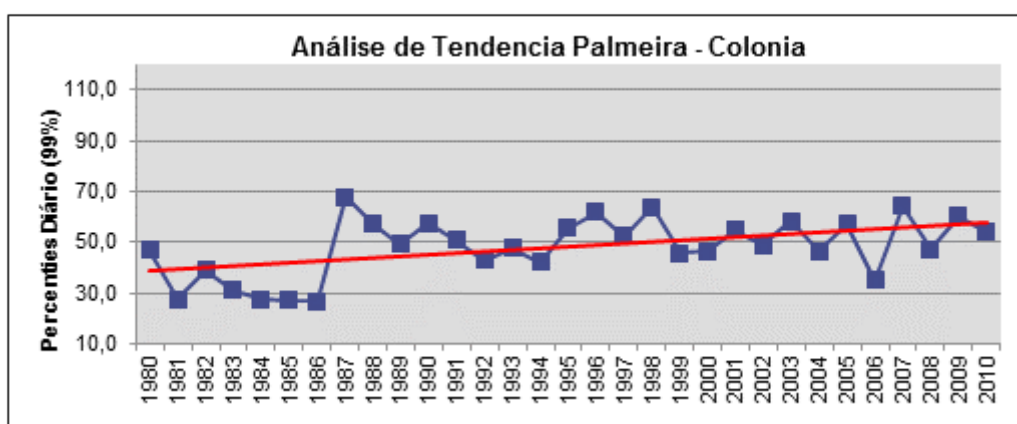


Gráfico 16 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica anual percentil 99% (1980-2010)

5.3 FREQUÊNCIA TOTAL

5.3.1 Percentil 95%

A análise do número de eventos igual ou superior ao percentil 95% e 99% foi realizada com o intuito de observar a distribuição espacial dos eventos muito chuvoso e extremamente chuvoso de acordo com sua sazonalidade. Conjuntamente, foi observado se os eventos de El Niño e La Niña interferem diretamente nos dados registrados. Este fato torna-se importante para a análise, pois o conhecimento da variabilidade climática e sua distribuição espacial interferem diretamente no espaço analisado.

Desta forma, primeiramente foram contabilizados o número total de dias que excederam o valor do percentil 95% e 99% e a Figura 57 representa este índice para o percentil 95%. Nota-se que as regiões noroeste, norte e nordeste da Bacia apresentam os maiores registros de dias com precipitação igual ou acima do percentil

95%. Nesta região encontram-se os municípios de Campo Magro, Almirante Tamandaré, Colombo, Quatro Barras, Piraquara e Pinhais. Os valores das isolinhas possuem orientação sul-norte, registrando os menores valores nos municípios de Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda e Araucária, ascendendo por Curitiba, Almirante Tamandaré, Campo Magro e Campo Largo.

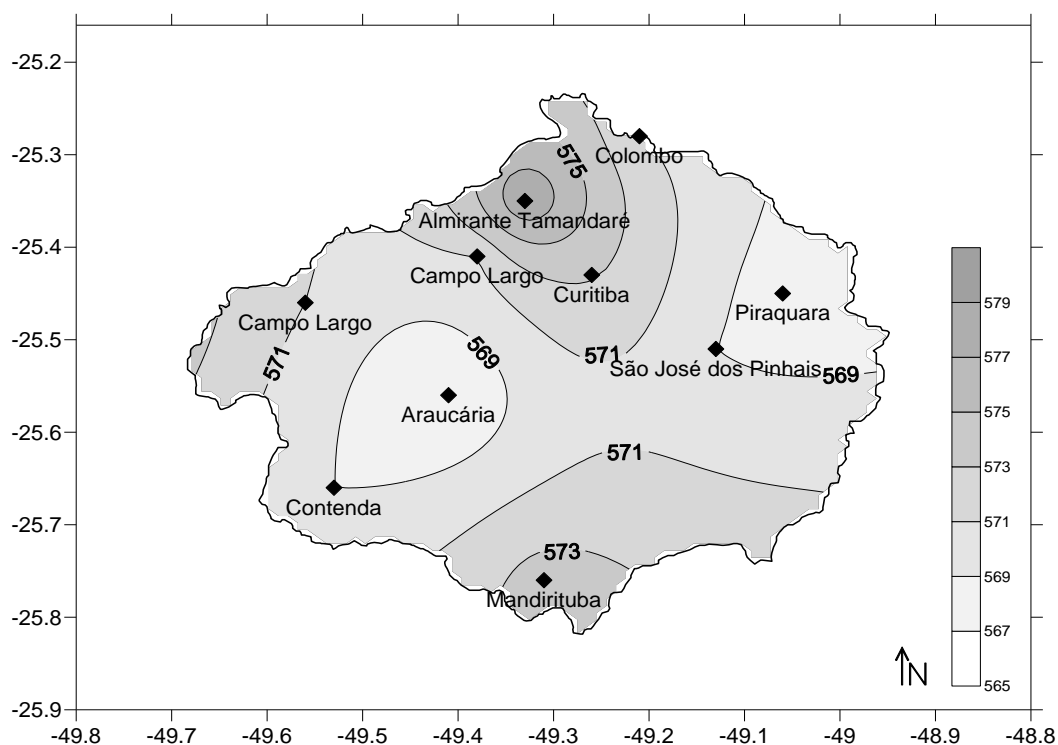


Figura 57- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Total Percentil 95% (1980-2010)

Analisando os dados totais dispostos na tabela em anexo, nota-se que os anos de **1983**, 1990, 1996, **1997**, 1998 e 2001 se destacaram por apresentarem grandes valores, acima de 400 eventos por ano, destacando-se o ano de 1998, com 512 eventos. Alguns destes anos estão sob a influência do evento El Niño Oscilação Sul, pois, de acordo Grimm (1998), a Região Sul do Brasil é uma das regiões subtropicais mais afetadas por este evento (ENOS) e por La Niña (LN). Alguns autores concluem que este evento influencia as fortes flutuações periódicas em escala sazonal e interanual e que este segue sendo o responsável pelas anomalias observadas em grande parte dos anos 90.

Este fato é de grande interesse para a pesquisa, pois é sabido que em anos de ENSO ocorrem chuvas torrenciais e enchentes nas regiões Sul e Sudeste. Desta forma, é conveniente lembrar que estes eventos podem iniciar-se a qualquer época

do ano e, portanto, nem sempre influenciam mais significativamente em um ano em particular.

Sendo assim, este fato pode ser comprovado através da Tabela 17, a qual demonstra o número de eventos por estação e por década analisada. A década de 1980 apresentou 2910 eventos acima do percentil 95%, já a década de 1990 se destacou com 3675 e a década seguinte revelou 3281 eventos. A década de 1990 apresentou um número maior de eventos de El Niño que as outras décadas.

Tabela 17- Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	170	185	201
Araucária	172	200	168
Campina	200	200	147
Campo/Itaqui	155	190	200
Campo/Ouro	200	167	179
Campina/Don	145	177	228
Colombo	174	213	163
Contenda	160	225	167
Curitiba/Prado	153	207	192
Curitiba/Curitiba	167	208	174
Mandirituba	119	241	182
Piraquara	175	207	164
SJP/Fazendinha	155	204	185
SJP/Guaricana	169	206	174
Porto Amazonas	166	192	186
Palmeira/Colônia	117	226	209
Palmeira/Mandacaia	170	209	176
Lapa	143	218	186
Total	2910	3675	3281

Aplicando o teste de Mann-Kendall para estes dados, apenas 5 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 27,7% do total de estações analisadas, Tabela 18. Destaca-se a estação de Itaqui, localizada em Campo Largo, a qual apresentou significância de 99,9%, seguida por Don Pedro (localizada no mesmo município) e Colônia, localizada em Palmeira, apresentando 99% de significância, e Mandirituba e Fazendinha em São José dos Pinhais que apresentaram 95% de significância.

Tabela 18- Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%.

Time series	First year	Last Year	n	Test		Signific.	Q
				S	Test Z		
Almirante Tamandaré	1980	2010	31		1,38		0,143
Araucária	1980	2010	31		-0,03		0,000
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-1,26		-0,200
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		3,42	***	0,263
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,07		0,000
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31		2,68	**	0,385
Colombo	1980	2010	31		-0,20		0,000
Contenda	1980	2010	31		-0,09		0,000
Curitiba/Prado	1980	2010	31		1,21		0,143
Curitiba/Curi	1980	2010	31		0,44		0,037
Mandirituba	1980	2010	31		2,27	*	0,429
Piraquara	1980	2010	31		-0,56		-0,077
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		2,21	*	0,167
SJP/Guaricana	1980	2010	31		0,43		0,056
Porto Amazonas	1980	2010	31		1,19		0,143
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		3,10	**	0,462
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		0,29		0,000
Lapa	1980	2010	31		1,31		0,167

Analisando a Figura 58, nota-se que os municípios ao sul e leste da Bacia apresentaram tendências positivas para a frequência de eventos acima do percentil 95%. Especialmente, nota-se que todas as estações que apresentaram tendências para a frequência também apresentaram tendências para as médias anuais de precipitação segundo o Percentil 95%.

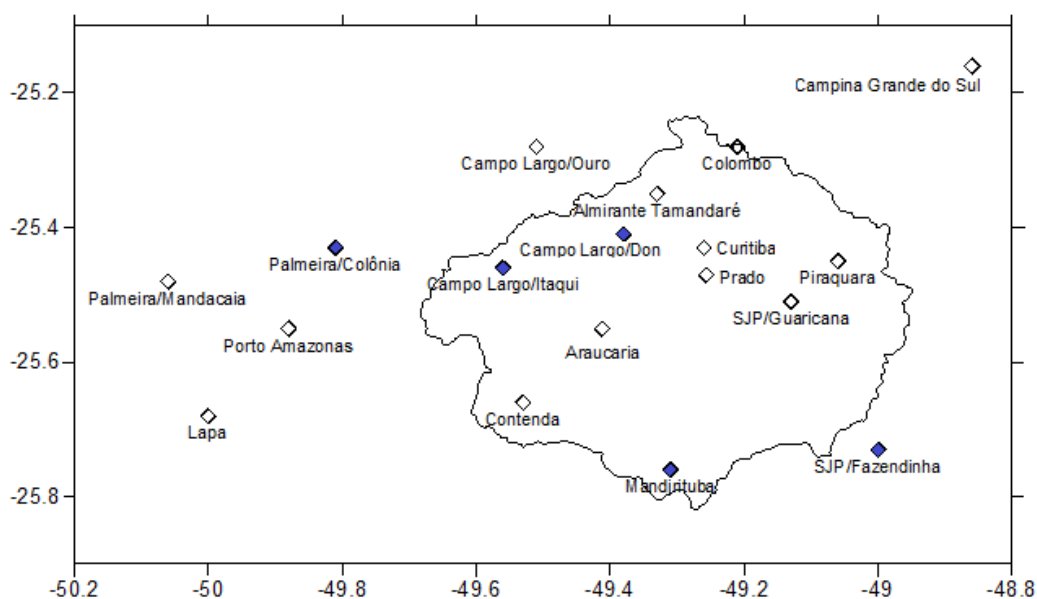


Figura 58 – Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, percentil 95%.

Segundo os gráficos de tendências destas respectivas cidades, nota-se que a estação de Itaqui/Campo Largo apresenta um crescimento expressivo a partir do ano de 1991, sendo os anos de 1996, 1997 e 1998 os mais representativos. Já a estação de Don Pedro/Campo Largo apresenta expressivo crescimento a partir do ano de 1995, sendo os anos de 1999 e 2006 com menor registro de dados. A estação de Colônia/Palmeira registra seu primeiro pico no ano de 1987, sendo 1996, 1997 e 1998 os anos de maiores registros e 1999 e 2006 os de menor registro. Mandirituba apresenta início de crescimento no mesmo ano que a estação de Colônia, com pico nos anos de 1995 e 1998, e baixa em 2006. Já Fazendinha/São José dos Pinhais apresenta seu primeiro grande registro em 1982, com picos em 1998 e 1999, e baixa em 2006.

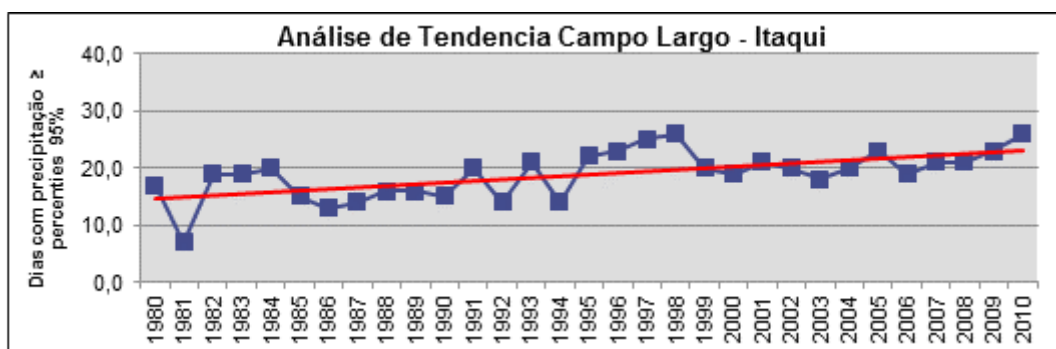


Gráfico 17- Campo Largo/Itaqui Mandirituba: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)

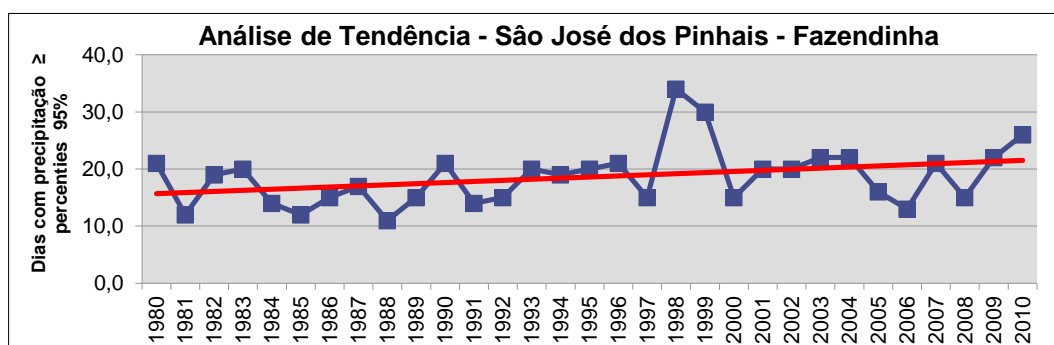


Gráfico 18 – São José dos Pinhais/Fazendinha Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)

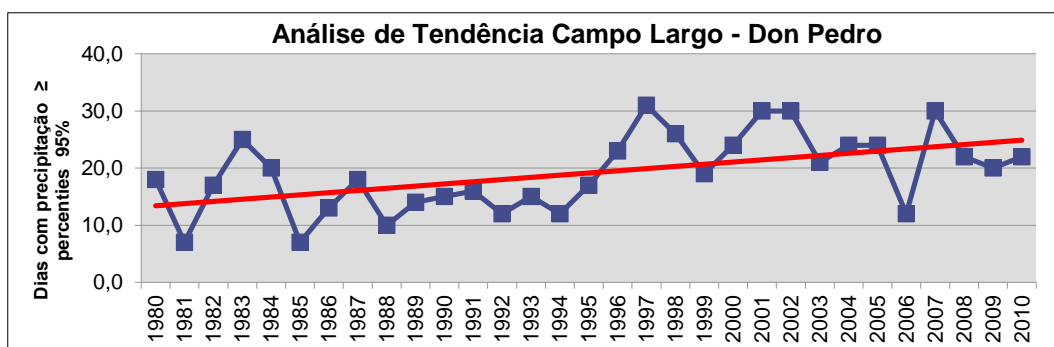


Gráfico 19 – Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)

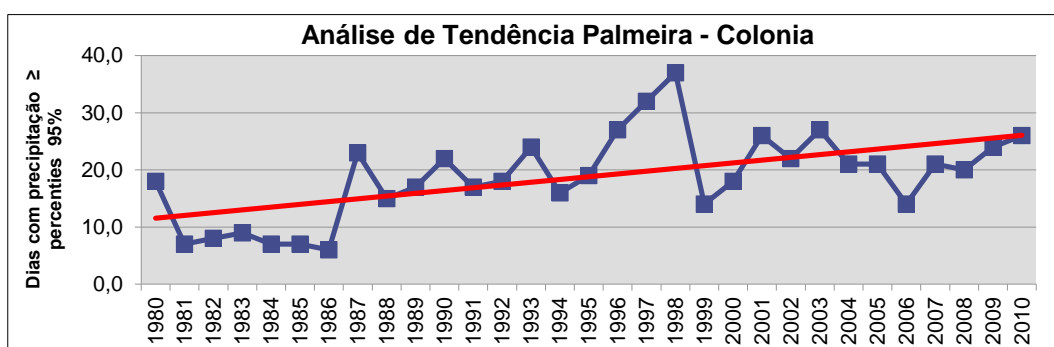


Gráfico 20 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)

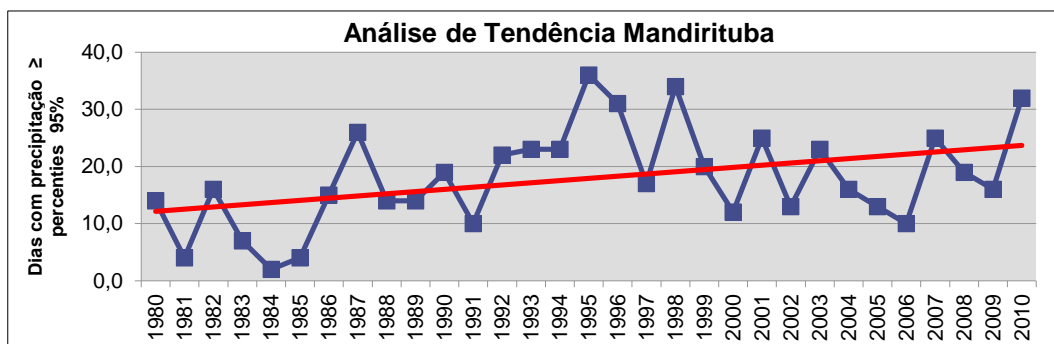


Gráfico 21 - Mandrituba: Tendência pluvial total anual percentil 95% (1980-2010)

5.3.2 Percentil 99%

A Figura 59 apresenta o total de dias iguais ou superiores ao percentil 99%. Nota-se que as porções sudoeste, oeste e noroeste da Bacia apresentam os maiores registros. Nesta região estão inseridos os municípios de Contenda, Araucária e Campo Largo. Nota-se que este mapa possui uma dinâmica climática clara de leste-oeste, sendo os municípios de Quatro Barras, Piraquara, São José dos Pinhais e Mandirituba os que apresentam menores registros de eventos. É importante salientar que não há grande amplitude de dados, sendo o menor registro de 114 (Campo Largo/Dom e Mandirituba) e o maior de 121 (Contenda).

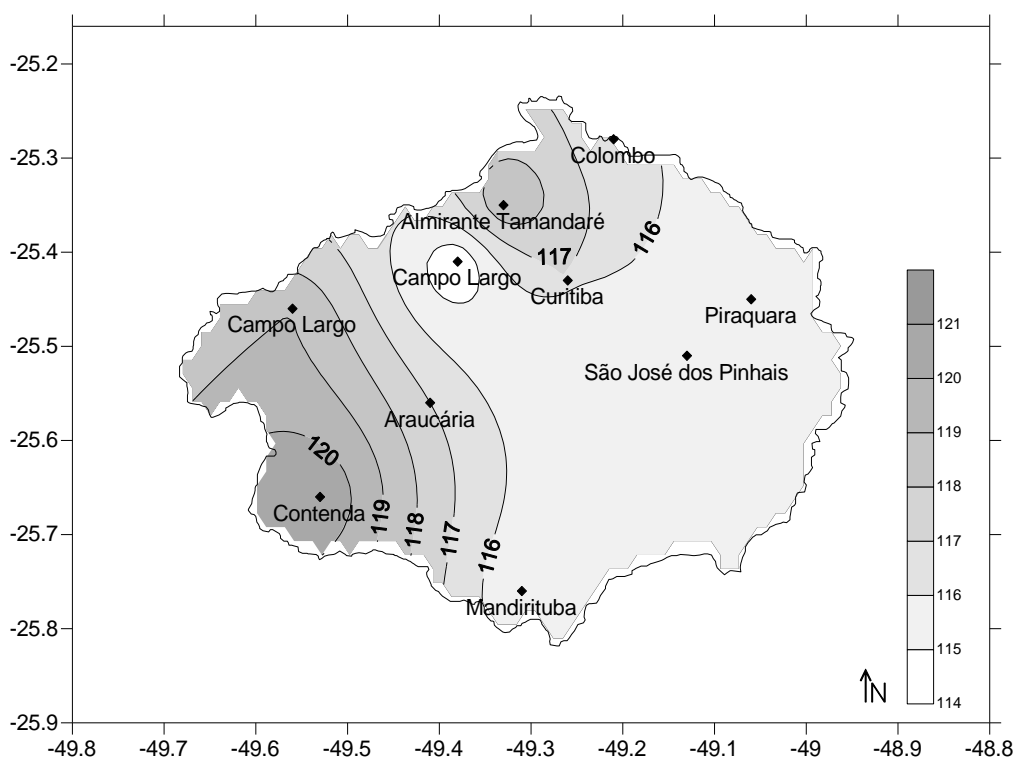


Figura 59 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Total Percentil 99% (1980-2010)

Comparando este mapa com o do percentil 95%, nota-se que os eventos se distribuem de maneira distinta. Na Figura 57, as áreas com dias muito chuvosos se concentram nas regiões noroeste, norte e nordeste, onde estão localizados os municípios de Campo Magro, Almirante Tamandaré, Colombo, Quatro Barras, Piraquara e Pinhais, e que os valores das isolinhas aumentam no sentido sul-norte da Bacia, sendo os municípios de Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda e Araucária os que possuem menores registros.

Nota-se que os eventos muito chuvosos, com os valores do percentil igual ou acima de 95%, com média de 25 mm diário, possuem dinâmica crescente de sul a norte da Bacia. Já a dinâmica dos dias com eventos extremamente chuvosos, igual ou acima do percentil 99%, com média de 50 mm, possuem dinâmica crescente de leste para oeste, principalmente nos municípios de Contenda e Campo Largo. Desta forma, para entender melhor a variabilidade dos eventos muito chuvosos e extremamente chuvosos, foi preciso avaliar sazonalmente os dias com valores igual ou superior ao percentil 95% e 99%, uma vez que os valores totais ocultam a dinâmica climática existente em cada uma das estações do ano.

Analisando os dados totais dispostos em anexo, nota-se que os anos de **1983**, 1995 e 1998 se destacaram por apresentarem grandes valores, acima de 100 eventos por ano. Realizando uma comparação entre os anos que se destacaram no percentil 95%, nota-se que os anos de **1983** e 1998 coincidem em ambas as avaliações. O ano de 1983 estava sob a atuação do El Niño Oscilação Sul, influenciando, desta forma, tanto os eventos muito chuvosos como os extremamente chuvosos. Além destes anos citados, se destacaram os anos de 1990, 1996, **1997** e 2001 para o percentil 95%.

Tabela 19- Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 99% por década

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	31	43	38
Araucária	30	43	34
Campina	47	34	30
Campo/Itaqui	34	43	35
Campo/Ouro	45	33	31
Campina/Don	35	29	45
Colombo	37	46	29
Contenda	41	48	32
Curitiba/Prado	26	46	40
Curitiba/Curitiba	28	46	40
Mandirituba	22	56	34
Piraquara	36	41	33
SJP/Fazendinha	31	46	34
SJP/Guaricana	33	35	41
Porto Amazonas	36	41	32
Palmeira/Colônia	27	41	42
Palmeira/Mandacaia	31	42	37
Lapa	29	42	41
Total	599	755	648

Os anos de 1981 e 1985 se sobressaem em ambas as análises, registrando os períodos com menor ocorrência de dias de precipitação acima do umbral estipulado. De acordo com a

Tabela 19, a qual demonstra o número de eventos por estação e por década analisada, nota-se que a década de 1980 apresentou 599 eventos acima do percentil 99%, já a década de 1990 se destacou com 755 casos e a década seguinte revelou 648 eventos. A década de 1990 apresentou um número maior de eventos de El Niño que as outras décadas e a década de 1980 apresentou os maiores eventos de La Niña, onde foram registrados os dois anos com o menor registro de eventos. Esta análise se mostra semelhante à análise para o percentil 95%.

Aplicando o teste de Mann-Kendall, Tabela 20, nota-se que apenas a estação de Palmeira/Colônia apresentou tendências positivas significativa de 90% (aceitável), representando 5,5% do total de estações analisadas. Comparando com as tendências do percentil 95%, pode-se dizer que para a análise dos totais, existe maior tendência de aumento dos eventos muito chuvosos do que para os eventos extremamente chuvosos, pois segundo o teste de Mann-Kendall, constatou-se que 5 estações apresentaram tendências positivas significativas para percentil 95%, representando 27,7% do total de estações analisadas.

Tabela 20 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%.

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Signific.
Almirante Tamandaré	1980	2010	31		0,81	
Araucária	1980	2010	31		1,08	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-0,25	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		0,58	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,33	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31		0,64	
Colombo	1980	2010	31		-0,98	
Contenda	1980	2010	31		-1,41	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		1,54	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		1,12	
Mandirituba	1980	2010	31		1,48	
Piraquara	1980	2010	31		0,26	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		1,04	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		1,48	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,23	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		1,94	+
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		1,02	
Lapa	1980	2010	31		0,90	

Segundo o gráfico de tendência, nota-se que a estação de Colônia/Palmeira apresenta um crescimento expressivo a partir do ano de **1987**, sendo os anos de **1987, 1996, 1998, 2005** e 2007 os mais representativos.

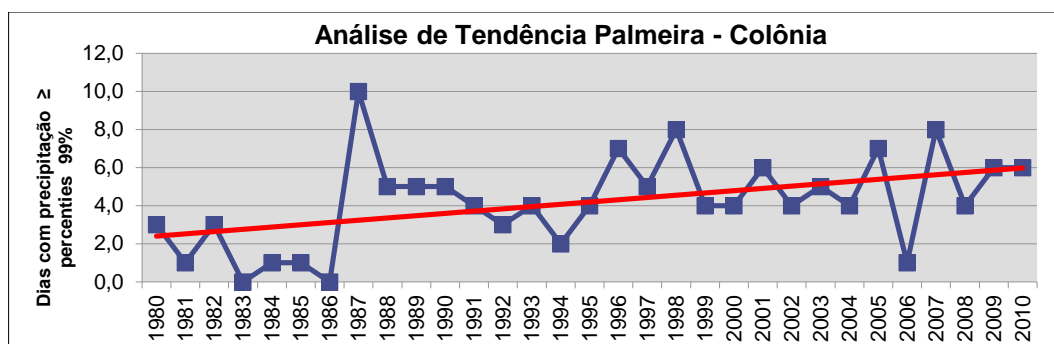


Gráfico 22 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial total anual percentil 99% (1980-2010)

5.4 ANÁLISE SAZONAL DA FREQUÊNCIA E TENDÊNCIA PARA EVENTOS IGUAIS/ACIMA DO PERCENTIL 95% E PERCENTIL 99%

5.4.1 Primavera Percentil 95%

A análise sazonal, dentro do contexto da variabilidade climática, é fundamental para compreender a dinâmica em escala regional que em muitos casos divergem e nem sempre acompanham a tendência global. A variabilidade temporal e espacial dos elementos meteorológicos, como os fatores naturais, decorre da interação oceano-atmosfera, que resulta em flutuações interanual e decadal. Diante destas considerações, foi realizada a análise do comportamento climático sazonal para os eventos muito chuvosos e extremamente chuvoso.

Sendo assim, primeiramente foram analisados os dias com precipitação \geq ao percentil 95% e 99% para o período da primavera. De acordo com a Figura 60, nota-se que a orientação das isolinhas ocorre do sul para o norte, sendo que a parte nordeste da Bacia apresenta maior número de dias de precipitação acima do percentil estipulado. Nesta região encontram-se os municípios de Colombo e Curitiba. Já a parte sul apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do umbral, nestas áreas estão dispostos os municípios de Mandirituba, Fazenda Rio Grande e Araucária.

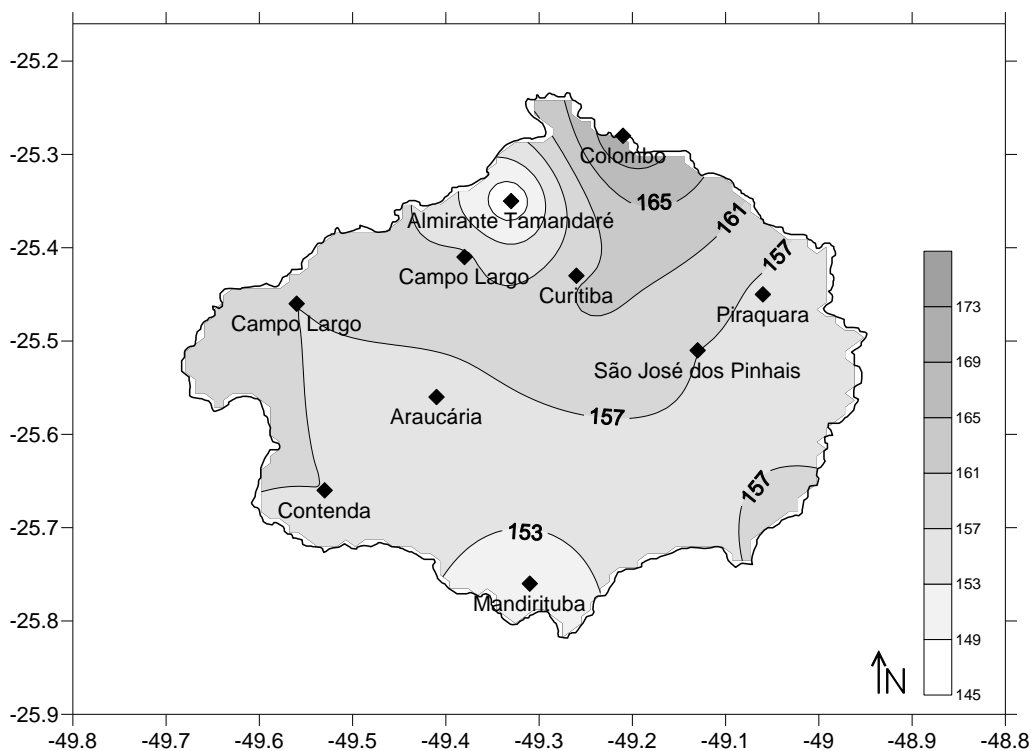


Figura 60 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Primavera (1980-2010)

Analisando a tabela em anexo, observa-se que os anos de 1982, **1993**, **1997**, 1998, **2002**, **2005** e **2009** apresentaram totais de eventos acima dos 130 eventos, já os anos de 1981, 1985, 1987, 1988, 1989, 1992 e 2010 apresentaram valores abaixo, e os demais anos apresentam totais de dentro da média. Os anos de 1985 e 1989, os quais apresentaram baixo registro, foram anos do evento La Niña, assim como o ano de 1988, que antecedeu um ano de La Niña Forte (1989). De certo modo, nota-se que em anos de El Niño (anos em negrito) há uma tendência de ocorrer registros positivos acima da média.

De acordo com Grimm e Sant'Anna (2000), a primavera é a estação de maior impacto médio de eventos EN e LN sobre a precipitação no Sul do Brasil. Durante eventos EN, tanto o aumento da precipitação média em dias chuvosos, quanto o aumento do número de dias chuvosos parecem contribuir para o aumento da precipitação sazonal. O primeiro fator parece predominar no oeste e o segundo no leste, especialmente no litoral de SC e RGS e sobre os planaltos paranaenses e região serrana. Durante eventos LN, predomina a influência da diminuição do número de dias chuvosos, exceto no litoral.

Analisando os eventos por década, tabela 21, nota-se que a primavera apresentou 707, 959 e 1136, respectivamente. De acordo com a análise, nota-se que

o maior número de eventos se concentra na década de 2000, apresentando 7 anos (entre 2000 e 2006) consecutivos de registro acima de média estipulada e eles foram responsáveis por 28,8% do total dos registros sazonais.

Tabela 21 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	37	44	63
Araucária	38	53	62
Campina	46	50	48
Campo/Itaqui	41	44	69
Campo/Ouro	50	48	62
Campina/Don	36	46	73
Colombo	48	64	58
Contenda	38	59	58
Curitiba/Prado	37	57	66
Curitiba/Curitiba	40	57	59
Mandirituba	22	68	57
Piraquara	48	45	60
SJP/Fazendinha	36	54	63
SJP/Guaricana	46	51	59
Porto Amazonas	45	53	65
Palmeira/Colônia	22	59	76
Palmeira/Mandacaia	44	57	67
Lapa	33	50	71
Total	707	959	1136

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de primavera, nota-se na Tabela 22, que 7 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações estudadas. Esta análise é significativa, pois em contrapartida à análise de tendência para os dados totais, esta apresentou tendência positiva de 27,7% das estações analisadas. Destaca-se a estação de Palmeira/Colônia, que apresentou 99,9% de significância, posteriormente, Mandirituba com 99% de significância, seguida de Campo Largo/Itaqui, Don Pedro/Campo Largo, São José dos Pinhais/ Fazendinha e Lapa as quais apresentaram significância positiva de 95%, assim como a Araucária, com significância positiva de 90%. É importante salientar que todas estas estações apresentaram tendência positiva significativa para análise dos totais e apenas a estação de Palmeira/Colônia coincidiu de apresentar tendência positiva significativas totais anuais de precipitação.

Tabela 22 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%/Primavera

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Significância
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,98	
Araucária	1980	2010	31	1,74	+
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	0,21	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	2,06	*
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	0,46	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	2,23	*
Colombo	1980	2010	31	0,40	
Contenda	1980	2010	31	1,36	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,30	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	1,09	
Mandirituba	1980	2010	31	3,25	**
Piraquara	1980	2010	31	0,43	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	2,30	*
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,57	
Porto Amazonas	1980	2010	31	1,09	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	3,44	***
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	1,26	
Lapa	1980	2010	31	2,33	*

Analisando a Figura 61, nota-se que as estações que apresentaram tendências estão localizadas nas porções sul e oeste da Bacia, com exceção para o município de São José dos Pinhais, estação de Fazendinha. É importante salientar que os municípios ao sul e leste da Bacia também apresentaram tendências positivas para a frequência total de eventos acima do percentil 95% e que todas as estações que apresentaram tendências para a frequência total também apresentaram tendências para as médias anuais de precipitação segundo o Percentil 95%.

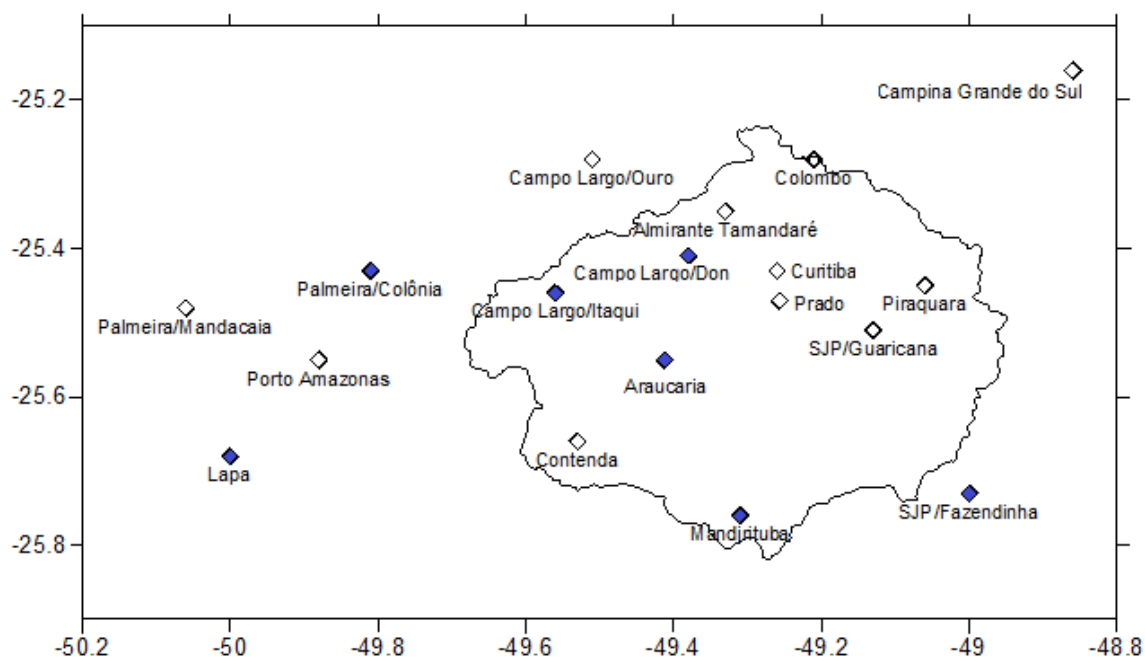


Figura 61 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Primavera Percentil 95%.

Segundo os gráficos de tendências destas respectivas cidades, nota-se que os anos de ocorrência dos eventos El Niño se destacaram nas 7 estações analisadas, sendo anos de El Niño forte, moderado e fraco. Já o ano de 2010 apresenta registro de queda para todas as estações analisadas.

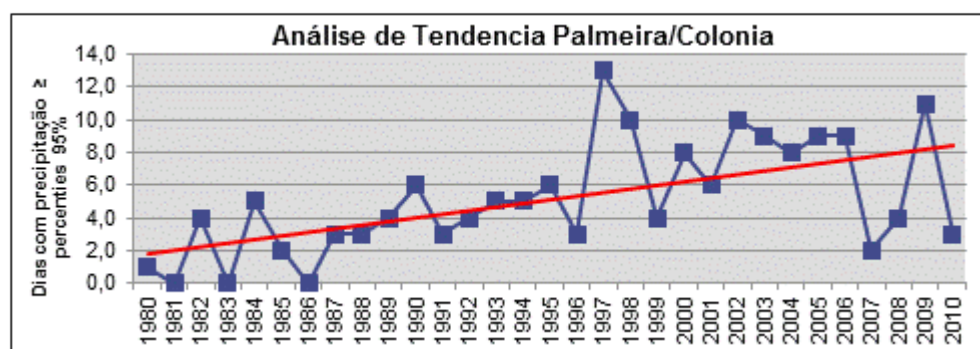


Gráfico 23 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica anual percentil 95% primavera (1980-2010)

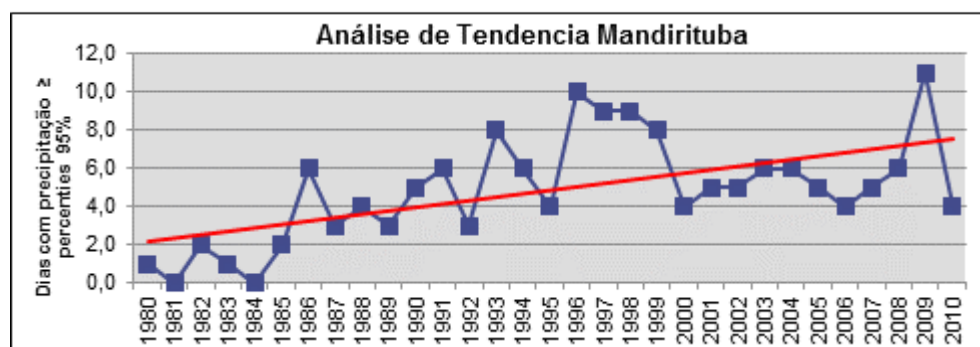


Gráfico 24 - Mandirituba: Tendência pluviométrica anual percentil 95% primavera (1980-2010)

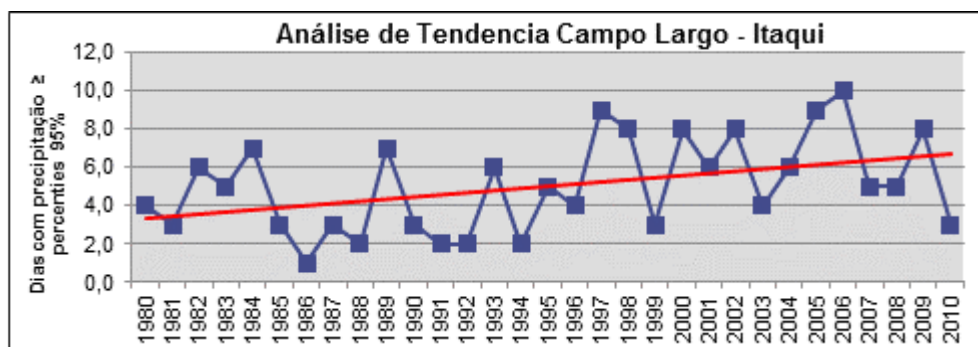


Gráfico 25- % Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)

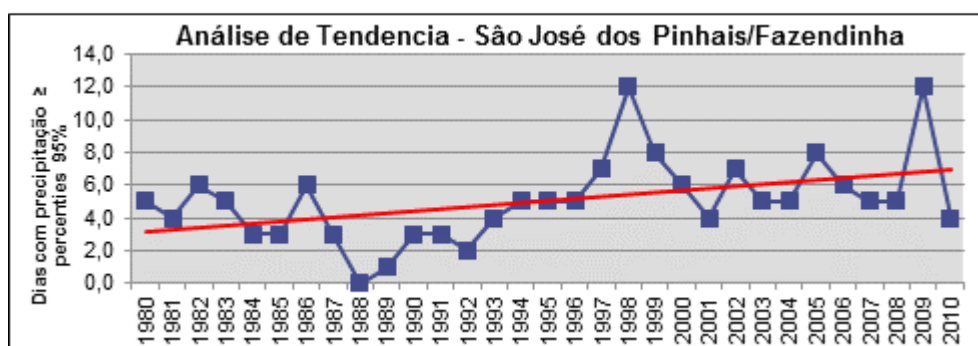


Gráfico 26- São Jose dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)

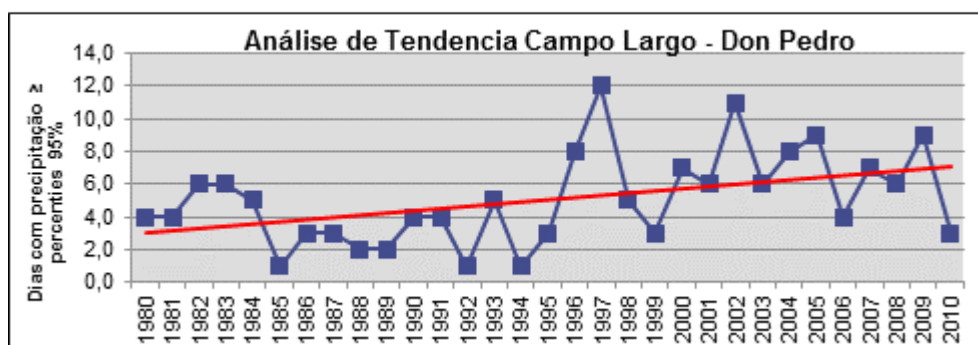


Gráfico 27 - % Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)

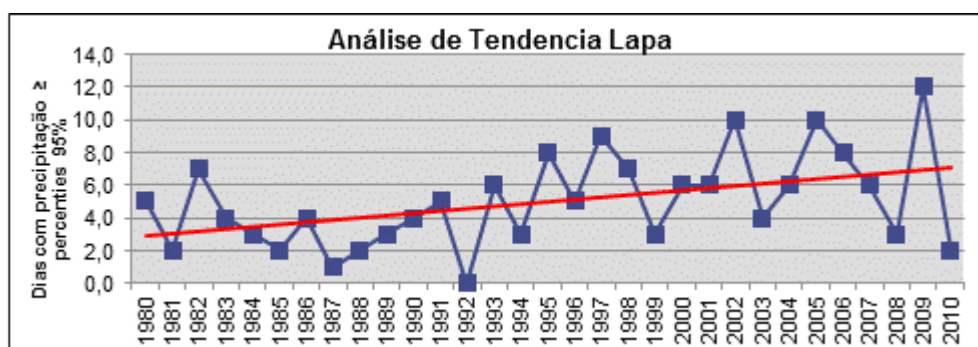


Gráfico 28 - Lapa: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)

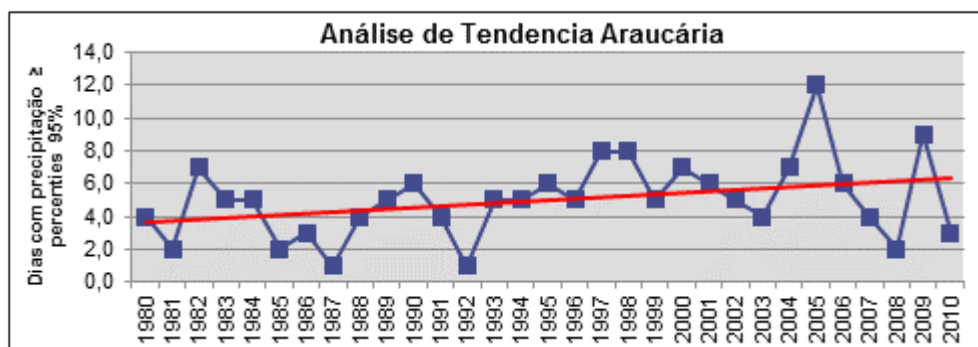


Gráfico 29 - Araucária: Tendência pluvial anual percentil 95% primavera (1980-2010)

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para os meses de primavera (Tabela 23). Nota-se, na tabela, que quatro estações apresentaram tendências positivas significativas para o aumento no total de chuva para os respectivos meses. De acordo com Cavalcanti e Kousky (2009), este aumento pode estar associado com chuvas oriundas da circulação marítima ou do aumento da frequência de frentes frias.

Nota-se que as estações que exibiram tendência positiva significativa para o total precipitado também apresentaram aptidão para número de eventos \geq ao percentil 95%. Desta forma, conclui-se que as estações de Campo Largo/Itaqui, Mandirituba, São José dos Pinhais/Fazendinha e Palmeira/Colônia revelaram tendência significativa de aumento na chuva anual, assim como para a frequência no número de eventos. Dessa forma, o aumento nas quantidades de chuva pode ser explicado pelo aumento no número de ocorrências de extremos diários.

Tabela 23 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses de primavera

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	Q
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	1,14		3,800
Araucária	1980	2010	31	1,16		3,157
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	0,68		1,291
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	2,11	*	5,033
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	0,34		1,026
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	1,33		3,790
Colombo	1980	2010	31	-0,14		-0,675
Contenda	1980	2010	31	1,46		3,333
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,36		3,525
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,99		2,467
Mandirituba	1980	2010	31	2,53	*	5,020
Piraquara	1980	2010	31	0,27		0,680
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	1,97	*	4,513
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,82		3,342
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,88		2,583
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	2,11	*	6,250
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	1,60		4,809
Lapa	1980	2010	31	1,29		4,291

5.4.2 Primavera percentil 99%

Posteriormente à análise dos eventos para os dias com precipitação \geq ao percentil 95%, foi realizado o mesmo procedimento para o percentil 99% para o período da primavera. De acordo com a

Figura 62, nota-se que os menores registros encontram-se no município de São José dos Pinhais, Piraquara e Quatro Barras e os maiores estão localizados nos municípios ao sudoeste, como Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda, Araucária e Campo Largo, e ao norte da Bacia, Almirante Tamandaré e Colombo.

Esta dinâmica mostra-se distinta em comparação à espacialização dos dados para o percentil 95%. A princípio, as isolinhas aumentam de sul-norte para a primeira análise e leste-sudoeste para esta análise. Sendo assim, as porções sudoeste e norte, onde se encontram os municípios de Colombo e Curitiba, apresentam os maiores registros para os eventos muito chuvosos, já os eventos extremamente chuvosos concentram-se nas porções sudoeste e norte (Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda, Araucária e Campo Largo, Almirante Tamandaré e Colombo). Já a porção sul revelou a menor frequência para a análise do umbral 95%, e ao leste apresentou os menores valores para o limiar 99%.

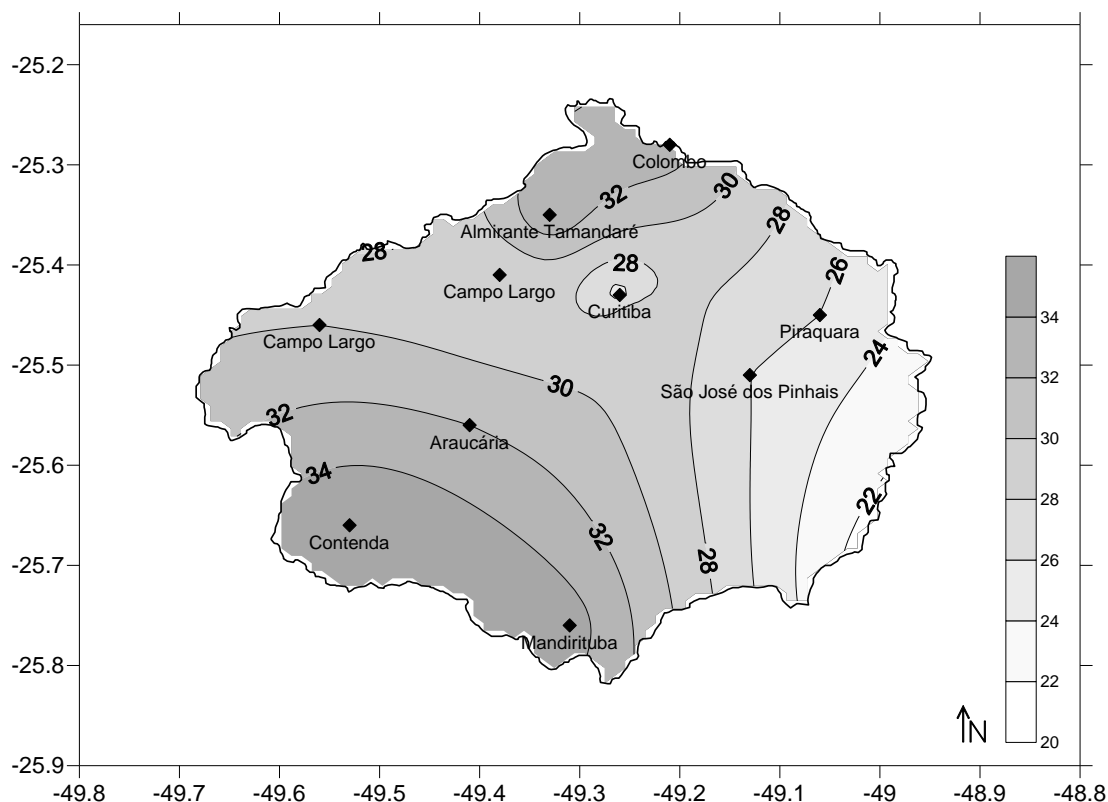


Figura 62 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Primavera (1980-2010)

Considerando os eventos por década, Tabela 24, nota-se que os anos de 2000 apresentaram o maior número de eventos, com 248 registros, revelando 4 anos (2001, 2002, 2005 e 2009) acima de 30 eventos, seguidamente por 1990, com 151 registros e, posteriormente, 1980, com 122 casos. Com 521 casos no total, a primavera foi responsável por 25% do total dos registros sazonais.

Analisando a tabela em anexo, observou-se que os anos de **1982, 1993, 2001, 2002, 2005 e 2009** apresentaram totais acima de 30 registros por ano. Os anos destacados em negrito encontram-se sob influência do fenômeno El Niño, demonstrando que existe uma correlação entre os anos em destaque com a ocorrência deste fenômeno. Nota-se que os anos de **1982, 1993, 2005 e 2009** apresentaram-se, simultaneamente, em ambas as análises de totais de eventos para os dois percentis. Já os anos de 1985, 1992 e 2010 revelam os menores registros para o percentil 99%, assim como para a análise do percentil 95%.

Tabela 24 - Número de dias com precipitação igual ou superior ao percentil 99% por década/primavera

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	9	10	15
Araucária	3	11	16
Campina	11	3	7
Campo/Itaqui	6	7	17
Campo/Ouro	11	6	8
Campina/Don	7	6	15
Colombo	13	11	9
Contenda	8	12	16
Curitiba/Prado	5	11	14
Curitiba/Curitiba	4	8	13
Mandirituba	5	13	17
Piraquara	7	5	14
SJP/Fazendinha	4	10	11
SJP/Guaricana	3	5	12
Porto Amazonas	8	5	12
Palmeira/Colônia	5	7	18
Palmeira/Mandacaia	5	9	17
Lapa	8	12	17
Total	122	151	248

Aplicando o teste de Mann-Kendall, Tabela 25, para o número de evento \geq ao percentil 99 para a primavera, nota-se que 7 estações apresentam tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações avaliadas. Destaca-se a estação de Araucária, com 99% de significância (muito boa), posteriormente, Mandirituba, São José dos Pinhais/Guaricana, Palmeira/Colônia e Palmeira/Mandacaia com 95% de significância (boa), e Campo Largo/Itaqui e São José dos Pinhais/Fazendinha com 90% de significância (aceitável).

Colacionando com a tabela de tendência da precipitação acumulada para a primavera, nota-se que as estações de Campo Largo/Itaqui, Mandirituba, São José dos Pinhais/Fazendinha e Palmeira/Colônia, além de apresentarem tendências positivas para eventos muito chuvosos e extremamente chuvosos, também apresentaram tendência positiva para o total pluviométrico.

De acordo com Minuzzi e Caramori (2011), o Estado do Paraná apresenta uma tendência de aumento na quantidade de chuvas, assim como na frequência e intensidade dos eventos extremos, principalmente durante o verão e a primavera. Segundo os mesmos autores, as estações hidrológicas com maior número de tendências significativas estão concentradas na metade leste do estado, ou seja, em áreas mais próximas ao oceano Atlântico. Esta configuração pode estar associada ao

aumento das chuvas oriundas da circulação marítima ou ao aumento da frequência de frentes frias, mais atuantes nas áreas próximas ao Atlântico.

Tabela 25 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%/Primavera

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,47	
Araucária	1980	2010	31	2,96	**
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-0,32	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	1,76	+
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	-0,15	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	0,60	
Colombo	1980	2010	31	-1,21	
Contenda	1980	2010	31	0,74	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,19	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	1,14	
Mandirituba	1980	2010	31	2,12	*
Piraquara	1980	2010	31	0,57	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	1,91	+
SJP/Guaricana	1980	2010	31	2,10	*
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,74	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	2,09	*
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	2,39	*
Lapa	1980	2010	31	0,72	

Analisando a Figura 63, nota-se que as estações que possuem tendência estão localizadas de leste para oeste, diferentemente da análise do percentil 95%, onde estas se concentram nas porções sul e oeste. Nota-se que para a análise dos eventos totais para o percentil 99%, apenas uma estação (Palmeira/Colônia) apresentou tendência positiva significativa de 90% (aceitável), representando 5,5% do total de estações analisadas. Comparando com as tendências da primavera para o percentil 99%, pode-se dizer que para esta análise, existe maior tendência de aumento, representando 38,8% do total das estações analisadas, sugerindo, assim, que a primavera apresentou maior tendência para os eventos analisados do que a análise dos totais.

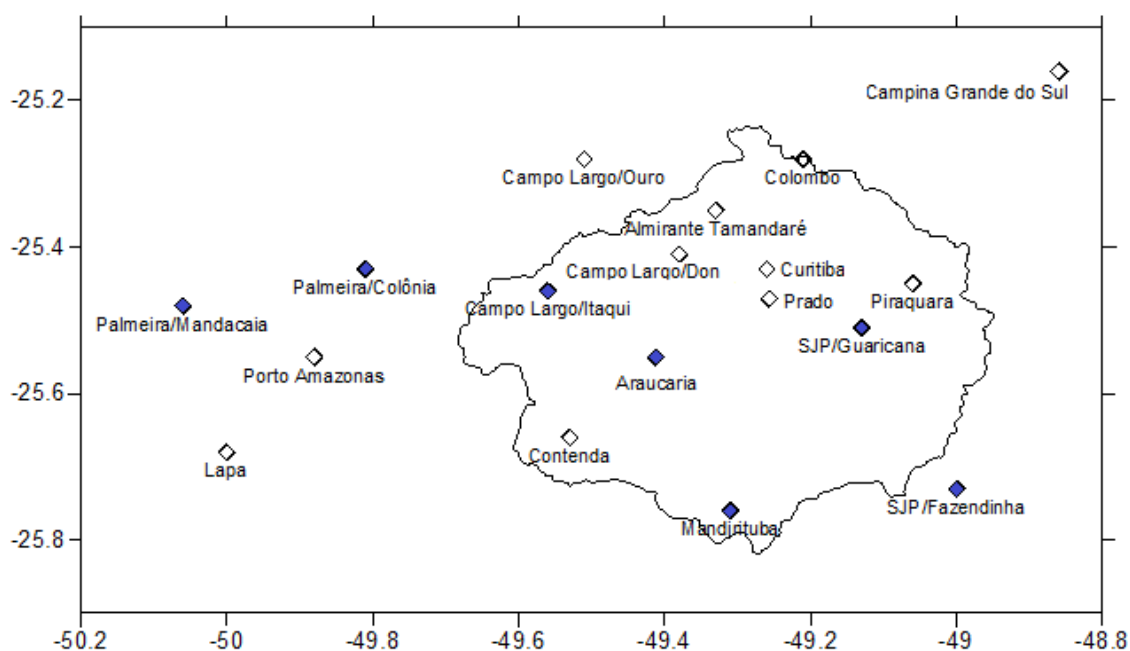


Figura 63 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Primavera Percentil 99%.

Analisando os gráficos de tendências para as estações que apresentaram significância acima de 90%, nota-se que os anos de 1982, 1993, 1998, 2002, 2005 e 2009 evidenciaram-se positivamente em todas as análises. É importante salientar que todos estes anos encontravam-se sobre a influência do fenômeno El Niño. Isso demonstra que durante a estação da primavera, o fenômeno possui relação com a frequência de casos \geq dos percentis 95% e 99%.

De acordo com Re e Barros (2009), o sudeste da América do Sul, especificamente a região que envolve a parte do sul do Brasil, apresenta grande probabilidade das tendências positivas para chuvas fortes (entre 50 e 100 mm) serem influenciadas pela variabilidade climática interanual e interdecadal dos sistemas meteorológico, como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (Pacific Decadal Oscillation - PDO), respectivamente.

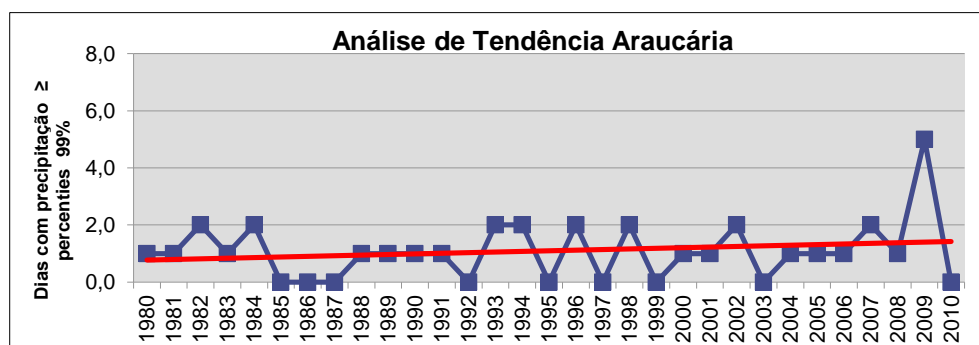


Gráfico 30 - Araucária: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)

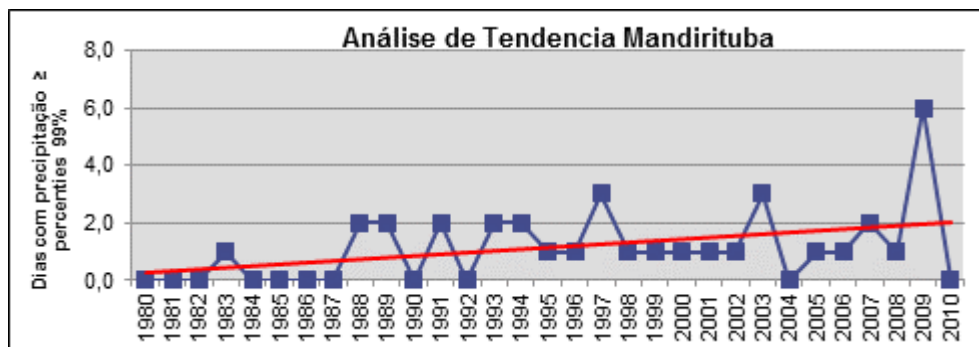


Gráfico 31 - Mandirituba: Tendência pluviométrica anual percentil 99% primavera (1980-2010)

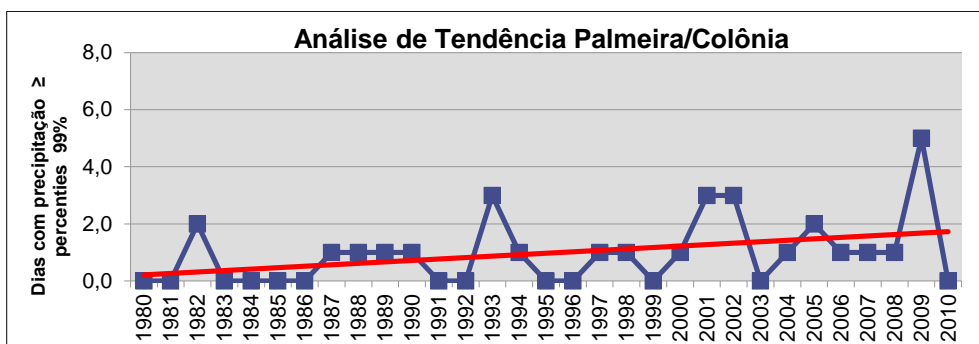


Gráfico 32 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica anual percentil 99% primavera (1980-2010)

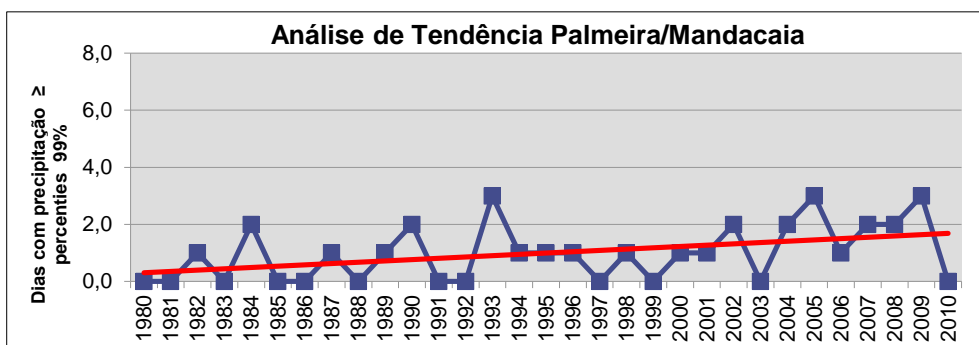


Gráfico 33 - Palmeira/Mandacaia: Tendência pluviométrica anual percentil 99% primavera (1980-2010)

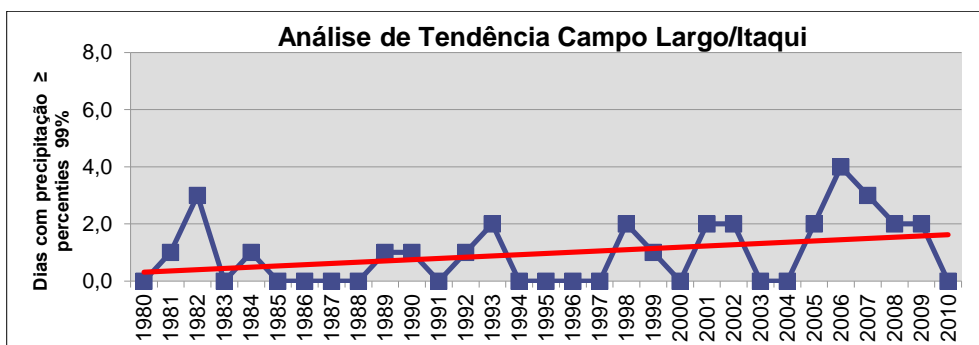


Gráfico 34 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluviométrica anual percentil 99% primavera (1980-2010)

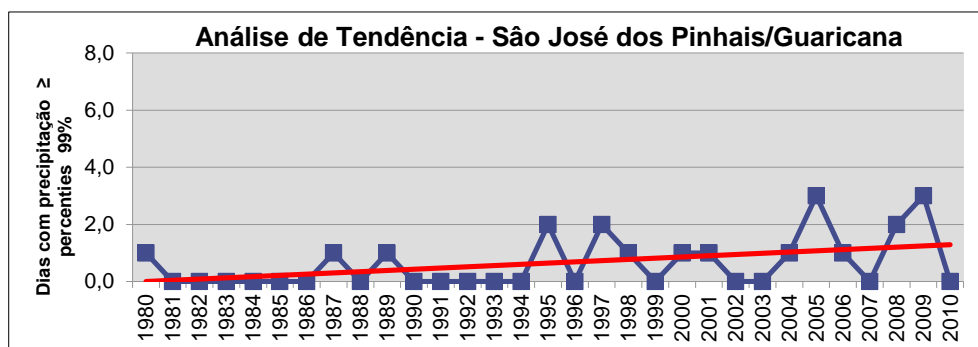


Gráfico 35 - São José dos Pinhais/Guaricana: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)

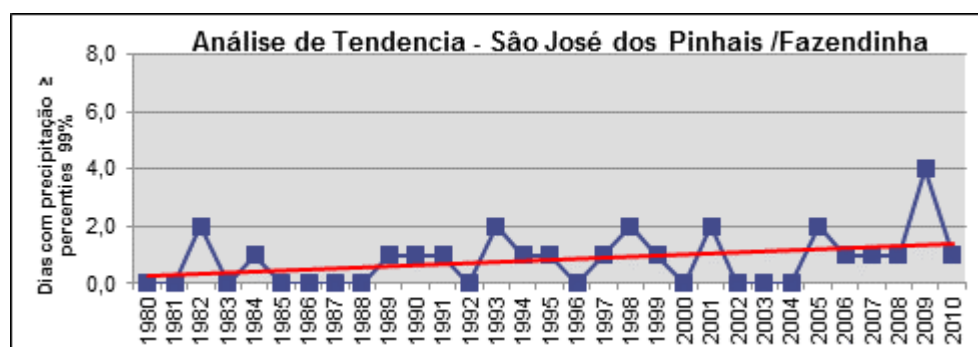


Gráfico 36 - São José dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluvial anual percentil 99% primavera (1980-2010)

5.4.3 Verão percentil 95%

A variação da precipitação pluviométrica é um dos mais importantes elementos meteorológicos, principalmente nas regiões tropicais. Todo um conjunto de atividades, seja ela agrícola ou urbanas, das quais tantas outras dependem, estão estreitamente associados ao regime pluvial, sendo gravemente prejudicados pelos episódios extremos, como as secas ou as enchentes.

As chuvas convectivas são formadas durante o verão em razão do calor e excesso de umidade, afetando todas as regiões do Estado; são caracterizadas por alta intensidade e ocorrem num curto intervalo de tempo, sendo responsáveis por inundações em pequenas bacias hidrográficas.

Ademais, durante os meses de verão do Hemisfério Sul, as ZCAS exercem um papel preponderante no regime de chuvas na região, acarretando altos índices pluviométricos. Uma das principais consequências da atuação da ZCAS é a ocorrência dos altos índices pluviométricos, principalmente no final da primavera e nos meses de verão, nas regiões afetadas (GRIMM, 2011).

Deste modo, entender a dinâmica climática para os eventos de precipitação ocorrentes no verão, quando acontecem os episódios de chuvas mais intensas, é de grande interesse para o trabalho. Assim sendo, primeiramente foram analisados o número total de eventos durante o verão, os quais excederam o valor do percentil 95% pré-estipulado.

De acordo com a Figura 64, nota-se que a porção leste da Bacia apresenta maior número de dias de precipitação acima do percentil 95%. Nesta porção, encontram-se os municípios de São José dos Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, e Pinhais. Já a parte sudoeste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação, nestas áreas estão dispostos os municípios de Contenda e Araucária.

Realizando uma comparação entre os mapas sazonais primavera/verão, nota-se que as áreas com maior frequência para a primavera estão localizadas ao norte e as com menor frequência ao sul, enquanto para o verão estão localizadas ao leste e sudoeste, respectivamente. Essa diferenciação ocorre por conta de diferentes tipos de atuação sinóticas. Durante o verão, a configuração pode estar associada ao aumento das chuvas oriundas da circulação marítima ou ao aumento na frequência de frentes frias de forma mais atuante nas áreas próximas ao Atlântico. Já os meses de primavera não sofrem tanta influência dos da circulação marítima.

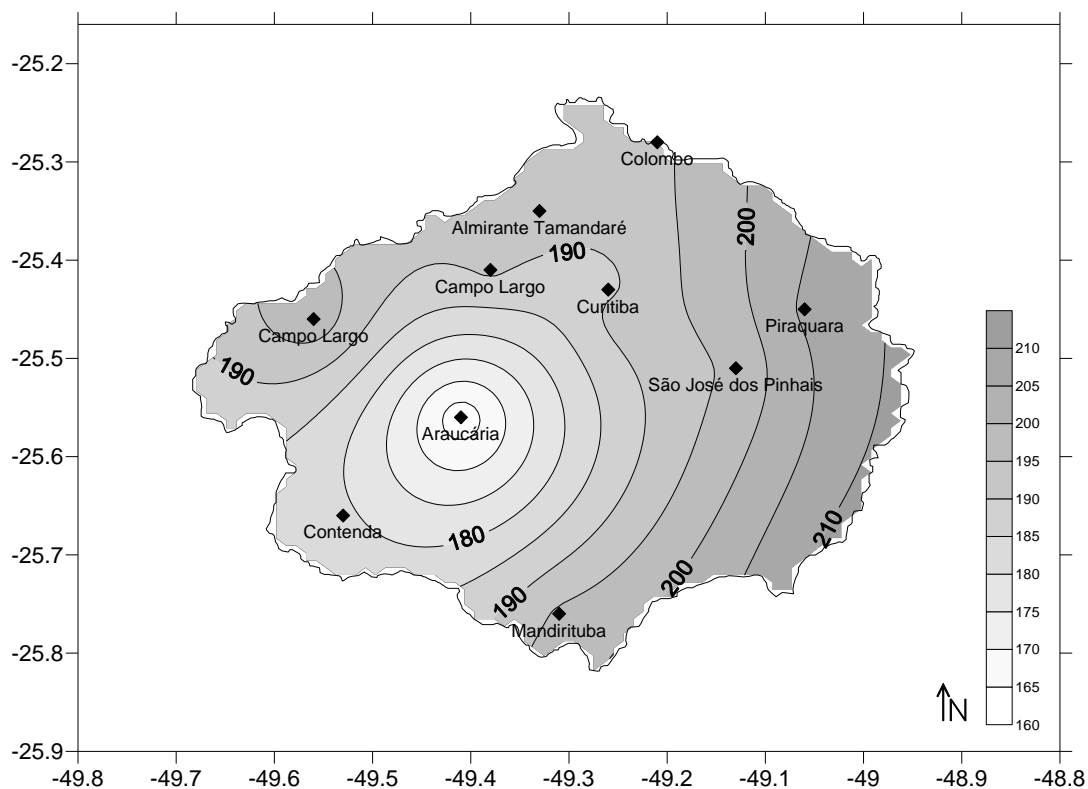


Figura 64- Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Verão (1980-2010)

Analisando a tabela em anexo, observa-se que os anos de 1995, 1996, **1997**, 2007 e 2010 apresentaram totais acima de 150 eventos, sendo que apenas o ano de 1997 permanecia sob a influência do El Niño. Segundo Muza (2005), em geral, durante o verão, o impacto dos episódios ENOS é maior na região sudeste, já na região sul, o impacto é maior na primavera (GRIMM *et al.*, 2000; GRIMM, 2003). Isso pode ser comprovado através da análise dos anos de 1982, **1993**, **1997**, 1998, **2002**, **2005** e **2009**, os quais apresentaram totais de eventos acima dos 130 eventos para a primavera.

Analisando os eventos por década, Tabela 26, nota-se que o verão apresentou 915, 1283 e 977, respectivamente. De acordo com análise, nota-se que o maior número de eventos se concentrou na década de 1990, apresentando 3 episódios consecutivos com registros acima de 150 eventos (1995, 1996 e 1997), representando 34,1% do total dos registros sazonais. Desta forma, a estação de verão se destaca como a que possui maior número de eventos \geq ao percentil 95%.

Segundo Carvalho (2002), existe uma relação entre os eventos de ZCAS durante episódios de El Niño. O autor ressalta que durante os meses de verão, em anos de El Niño, registram-se as maiores ocorrências de eventos com convecção intensa. Além disso, existe uma maior frequência de convecção intensa sobre a parte

continental da ZCAS associada a períodos neutros e de LN quando comparado a ZCAS oceânica (CARVALHO, 2004). Isso é mais evidente quanto maior a persistência temporal dos eventos.

Tabela 26 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década/verão

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	57	58	66
Araucária	44	70	42
Campina	71	73	49
Campo/Itaqui	49	67	60
Campo/Ouro	60	63	54
Campina/Don	46	60	67
Colombo	53	67	54
Contenda	47	73	49
Curitiba/Prado	53	72	55
Curitiba/Curitiba	50	80	47
Mandirituba	32	89	68
Piraquara	52	87	48
SJP/Fazendinha	51	76	56
SJP/Guaricana	64	77	61
Porto Amazonas	50	55	46
Palmeira/Colônia	43	71	56
Palmeira/Mandacaia	53	71	42
Lapa	40	74	57
Total	915	1283	977

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos contidos na Tabela 27, nota-se que apenas 03 estações apresentaram tendências significativas: Mandirituba, Campo Largo/Itaqui e Campo Largo/Don. A estação de Mandirituba se destaca com 99% de significância, seguida pelas estações de Campo Largo, com 90% de significância.

O mesmo teste foi aplicado para os registros de primavera para o mesmo percentil e o mesmo período. Nota-se que esta análise apresentou 7 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% do total. Em contrapartida, o verão apresentou 3 estações com tendências, representando 16,6% das estações estudadas. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 95%.

Tabela 27 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95%Verão

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Significância
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	1,39	
Araucária	1980	2010	31	-0,17	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-1,46	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	1,77	+
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	-0,10	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	1,94	+
Colombo	1980	2010	31	-0,12	
Contenda	1980	2010	31	0,74	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	0,63	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,43	
Mandirituba	1980	2010	31	2,88	**
Piraquara	1980	2010	31	-0,34	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	0,96	
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,31	
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,81	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	1,12	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	-0,50	
Lapa	1980	2010	31	1,49	

Analisando Figura 65, nota-se que somente três estações apresentaram tendências, uma localizada ao sul da Bacia e as outras duas ao leste. Estas mesmas estações apresentaram tendência para a análise da primavera percentil 95%.

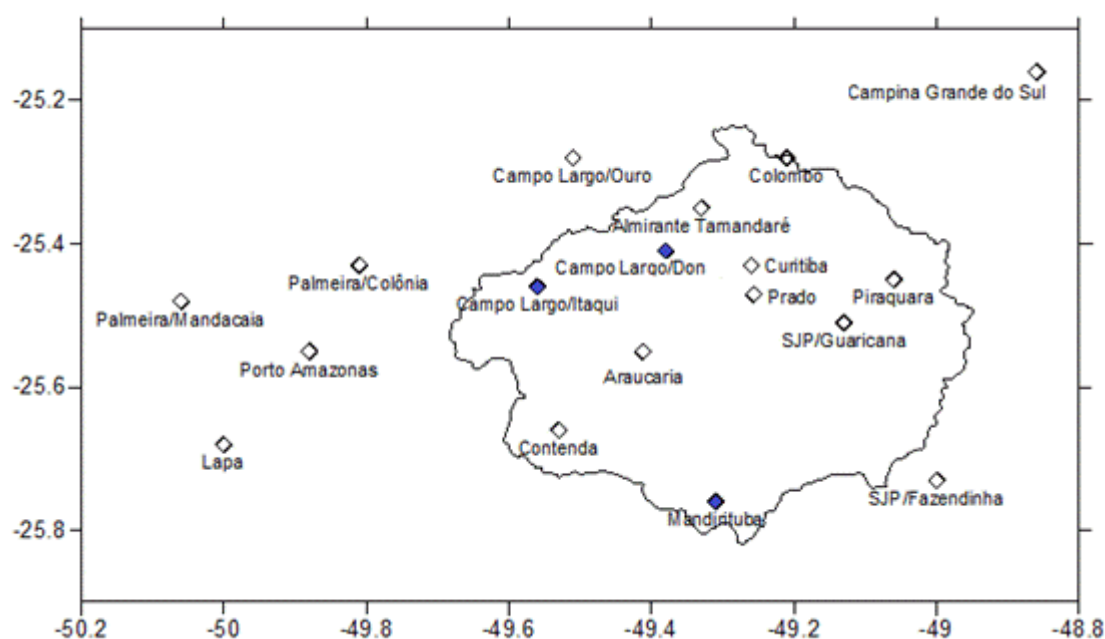


Figura 65 - Bacia do Alto rio Iguaçu - Tendências para a Frequência Total, Verão Percentil 95%.

Analisando os gráficos de tendências para as estações que apresentaram significância acima de 90%, Campo Largo/Itaqui e Campo Largo/Don Pedro, nota-se que os anos de 1995, 1996, 1997 e 2010 evidenciaram-se positivamente em todas as análises.

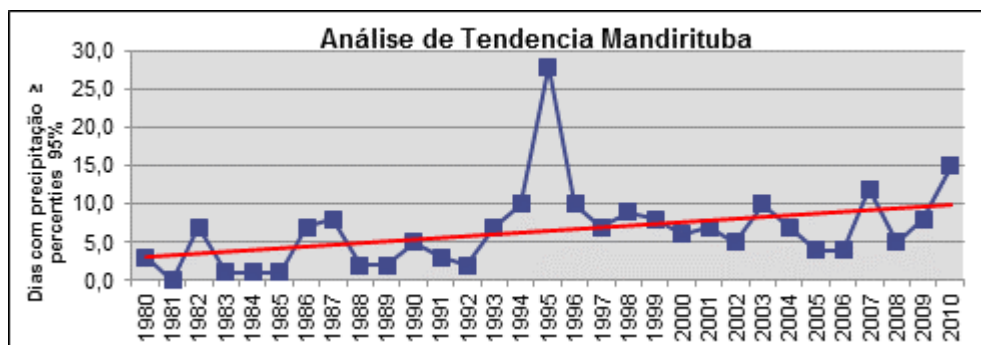


Gráfico 37- Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)

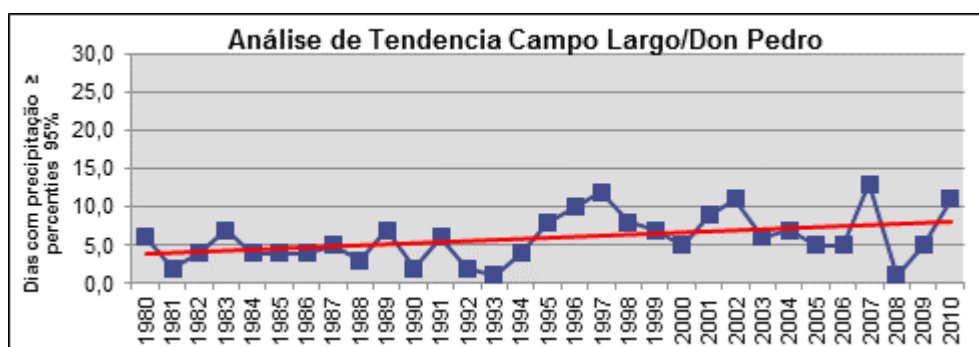


Gráfico 38 - Campo Largo/Don Pedro: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)

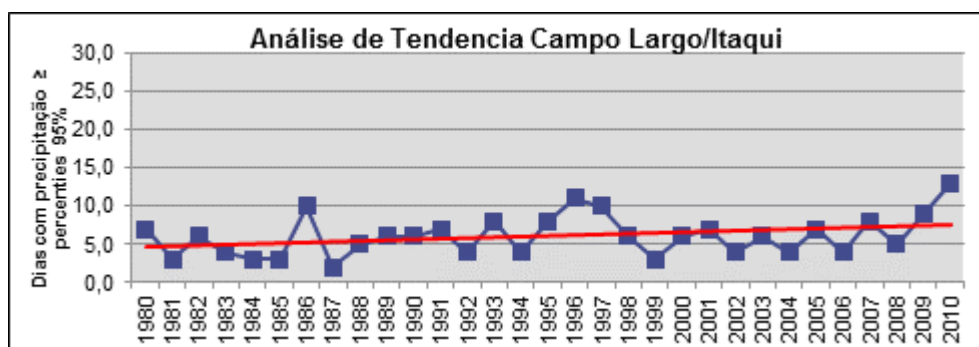


Gráfico 39 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 95% verão (1980-2010)

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall, Tabela 28, para o total anual de precipitação para os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Nota-se que apenas a estação de Mandirituba apresentou tendências positivas significativas para o aumento no total de chuva, para os respectivos meses.

Nota-se que o verão não segue a mesma lógica da primavera, onde 4 estações apresentaram tendência positiva significativa para o total precipitado. Desta forma, conclui-se que os meses de primavera revelaram maior número de estações com

tendência significativa de aumento na chuva anual, assim como para a frequência no número de eventos.

Tabela 28 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do verão

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Significância
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,65	
Araucária	1980	2010	31	-1,02	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-0,24	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	0,24	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	0,31	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	-0,10	
Colombo	1980	2010	31	-1,16	
Contenda	1980	2010	31	-0,24	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	0,31	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,51	
Mandirituba	1980	2010	31	2,01	*
Piraquara	1980	2010	31	-0,88	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	0,99	
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,15	
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,24	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	0,71	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	0,17	
Lapa	1980	2010	31	-0,34	

5.4.4 Verão percentil 99%

Analisando o mapa com os eventos \geq do percentil 99%, eventos extremamente chuvosos, nota-se que a porção leste da Bacia apresenta maior número de dias de precipitação acima do percentil 99%, igualmente à análise do percentil 95%, eventos muito chuvosos. Nesta análise, a orientação das isolinhas são de leste-oeste, onde os municípios de São José dos Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e Pinhais são os sítios com maiores registros. Já as partes sudoeste e norte apresentaram as menores frequências em relação ao número de dias com precipitação, nestas áreas estão dispostos os municípios de Contenda e Almirante Tamandaré.

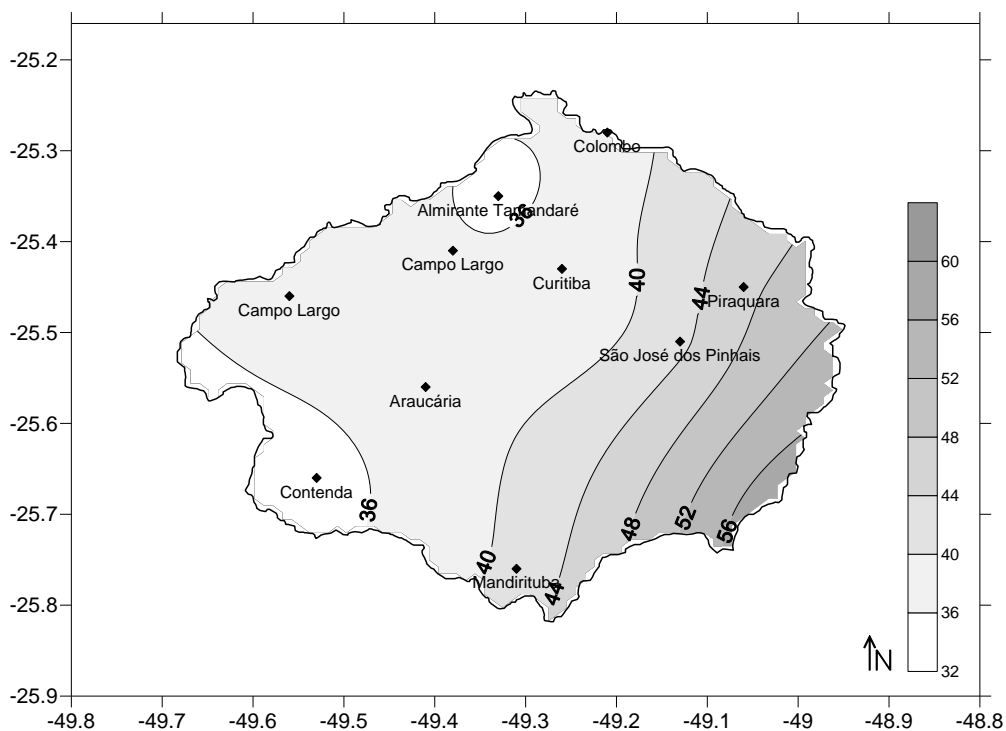


Figura 66 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Verão (1980-2010)

Realizando uma comparação entre os mapas sazonais primavera/verão para o percentil 99%, nota-se que as áreas com maior frequência para a primavera estão localizadas nos municípios ao sudoeste, como Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda, Araucária e Campo Largo, e ao norte da Bacia, Almirante Tamandaré e Colombo; os menores registros encontram-se nos municípios de São José dos Pinhais, Piraquara e Quatro Barras. Enquanto para o verão estão localizadas ao leste, respectivamente. Essa diferenciação ocorre por conta de diferentes tipos de atuação sinóticas. Durante o verão, a configuração pode estar associada ao aumento das chuvas oriundas da circulação marítima ou ao aumento na frequência de frentes frias de forma mais atuante nas áreas próximas ao Atlântico. Já os meses de primavera não sofrem tanta influência dos da circulação marítima.

Considerando os eventos por década, Tabela 29, nota-se que a década de 1990 apresentou o maior número de eventos, com 273 registros, posteriormente, a década de 2000, com 196, e a década de 1980, com 190 registros. Com 712 casos no total, o verão foi responsável por 34% do total dos registros sazonais. Diferentemente da análise da primavera, onde os maiores registros apontaram a década de 2000 com os maiores registros de eventos.

Analisando a tabela em anexo, observou-se que os anos de 1995, 1997, 2007 e 2010 apresentaram totais acima de 40 registros por ano. Esta análise demonstra-se

semelhante à análise do percentil 95%, no qual foram destacados os anos de 1995, 1996, **1997**, 2007 e 2010.

Tabela 29 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 99% por década/verão

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	9	10	12
Araucária	11	17	6
Campina	15	16	13
Campo/Itaqui	8	20	7
Campo/Ouro	11	13	12
Campina/Don	9	12	12
Colombo	12	15	9
Contenda	11	16	7
Curitiba/Prado	9	15	10
Curitiba/Curitiba	11	16	11
Mandirituba	5	21	13
Piraquara	15	18	10
SJP/Fazendinha	11	18	12
SJP/Guaricana	21	16	21
Porto Amazonas	10	10	6
Palmeira/Colônia	7	16	10
Palmeira/Mandacaia	7	15	12
Lapa	8	9	13
Total	190	273	196

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos contidos na Tabela 30, nota-se que apenas 02 estações apresentaram tendências significativas, como Contenda e Mandirituba. A estação de Contenda apresentou tendência negativa de precipitação de 90%, já a estação de Mandirituba apresentou tendência positiva de 95%.

O mesmo teste foi aplicado para os registros de primavera para o mesmo percentil e o mesmo período. Nota-se que esta análise apresentou 7 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% do total. Em contrapartida, o verão apresentou apenas 1 estação com tendência positiva, representando 5,6% das estações estudadas. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 99%.

Tabela 30 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Verão

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Significância
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,77	
Araucária	1980	2010	31	-0,50	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	0,47	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	0,50	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	0,26	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	0,45	
Colombo	1980	2010	31	0,00	
Contenda	1980	2010	31	-1,85	+
Curitiba/Prado	1980	2010	31	0,89	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,42	
Mandirituba	1980	2010	31	2,08	*
Piraquara	1980	2010	31	0,39	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	0,55	
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,87	
Porto Amazonas	1980	2010	31	-0,33	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	1,47	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	0,43	
Lapa	1980	2010	31	0,29	

Analisando o gráfico de tendências para a estação de Mandirituba, o qual apresentou significância positiva de 95%, nota-se que os anos de **1987**, 1995, 1996 **1997**, **2003** e 2007 se destacaram na análise. É importante salientar que nestes anos houve a ocorrência de El Niño.

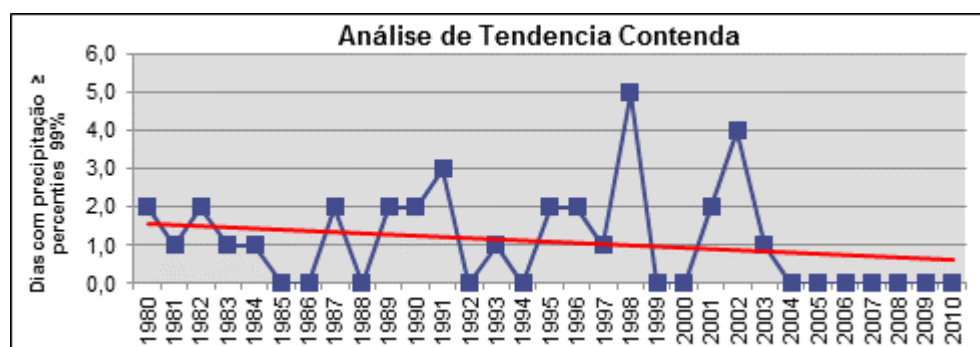


Gráfico 40 - Contenda: Tendência pluvial anual percentil 99% verão (1980-2010)

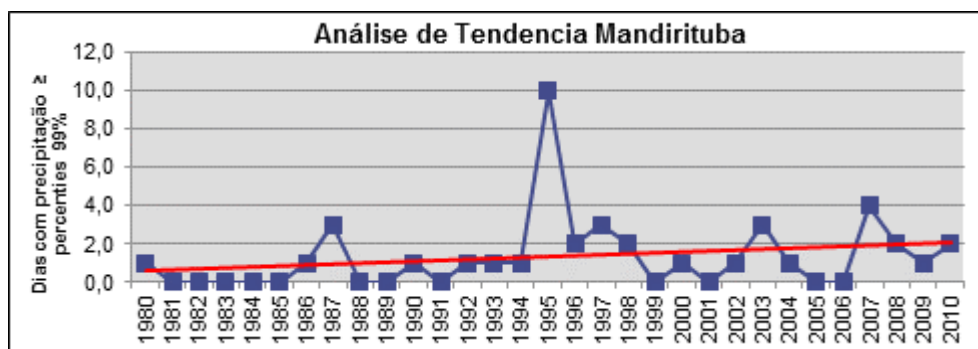


Gráfico 41 - Mandirituba: Tendência pluvial anual percentil 99% verão (1980-2010)

5.4.4 Outono percentil 95%

Foram analisados o número total de dias que excederam o valor do percentil 95% pré-estipulado. De acordo com a Figura 67, nota-se que a porção norte da Bacia apresentou maior número de dias de precipitação acima do percentil 95%. Nesta região encontram-se os municípios de Colombo, Curitiba, Almirante Tamandaré, Campo Magro e Campo Largo. Já a parte leste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 95%, nestas áreas estão dispostos os municípios de Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras. De acordo com o mapa, os dados variam de 105 a 130 eventos, diferentemente do verão, que variou entre 165 e 210 eventos e da primavera, que oscilou entre 145 e 175 casos para os 31 anos de análise. Este mapa diferencia-se do mapa de distribuição para o verão onde as porções leste e sudeste da Bacia apresentaram o maior número de dias com precipitação (95%), diferentemente do mapa do outono, onde foi registrado maior número de eventos na parte norte, sendo assim, semelhante ao mapa de total e da primavera.

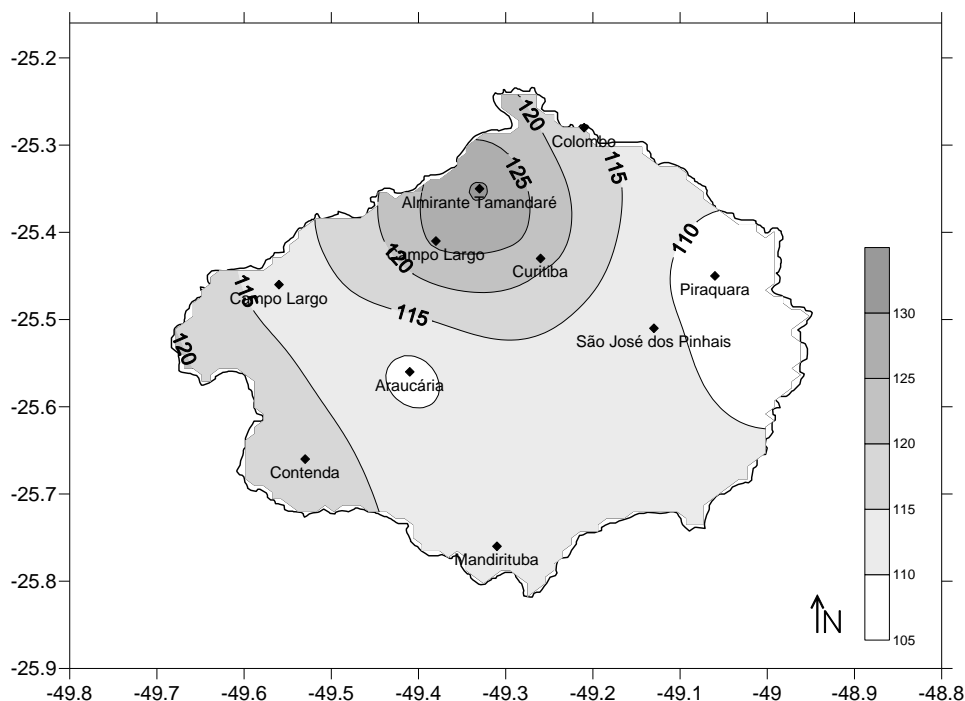


Figura 67 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Outono (1980-2010)

Analisando a Tabela 31, nota-se que o maior número de eventos foi registrado na década de 90, com 697 casos, seguido pela década de 80, com 694 registros e, posteriormente, a década de 2000, com 589 casos. Com 2106 casos no total, o outono e foi responsável por 21,3% do total dos registros sazonais.

Tabela 31 - Número de dias com precipitação igual ou superior percentil 95% por década/outono

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	46	42	35
Araucária	46	25	28
Campina	48	41	25
Campo/Itaqui	32	42	34
Campo/Ouro	50	23	32
Campina/Don	32	41	47
Colombo	42	41	25
Contenda	39	44	32
Curitiba/Prado	31	38	42
Curitiba/Curitiba	40	36	40
Mandirituba	37	38	30
Pirajuara	38	36	27
SJP/Fazendinha	39	34	32
SJP/Guaricana	34	41	30
Porto Amazonas	38	42	40
Palmeira/Colônia	27	50	38
Palmeira/Mandacaia	41	38	27
Lapa	34	45	25
Total	694	697	589

Analisando a tabela em anexo, observa-se que os anos de 1983, 1987, 1992, 1998 e 2010 apresentaram totais de eventos acima da média; já os anos de 1981, 1982, 2000 e 2009 apresentaram valores abaixo da média, e os demais anos apresentam totais de dentro da média. Interessante salientar que os anos de 1983, 1987 e 1992 apresentaram altos valores e foram anos em que ocorreu o fenômeno El Niño. O ano de 2000 apresentou o mais baixo registro, sendo ano do evento La Niña, assim como o ano de 2009, que sucedeu um ano de La Niña Forte (2008). De certo modo, nota-se que em anos de El Niño, há uma tendência de ocorrer registros positivos acima da média. De acordo com o Xavier, Dias e Xavier (1995), que analisa a série temporal (totais mensais) de precipitação para o estado de SP, houve registro de que, para o período de 1935 1991, os meses de maio de 1983 e 1987 apresentaram alta precipitação, associando este comportamento de desvio positivo como sendo devido à teleconexão do evento El Niño.

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de outono, Tabela 32, nota-se que apenas 1 estação apresentou tendência positiva significativa de 90%, representando 5,6% do total de estações; em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foi de 27,7% das estações analisadas

Tabela 32 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Outono

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	-0,31	
Araucária	1980	2010	31	-0,60	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-1,58	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	1,12	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	-0,48	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	1,61	
Colombo	1980	2010	31	-0,48	
Contenda	1980	2010	31	-0,62	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,27	
Curitiba/Curi	1980	2010	31	0,69	
Mandirituba	1980	2010	31	0,03	
Piraquara	1980	2010	31	-0,24	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	-0,26	
SJP/Guaricana	1980	2010	31	-0,52	
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,79	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	1,84	+
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	-1,02	
Lapa	1980	2010	31	-0,17	

Segundo o gráfico de tendência desta respectiva cidade, nota-se que a estação Colônia/Palmeira apresentou os maiores registros nos anos de **1987**, 1988, **1992**, **1997**, 1998, 2001, **2004**, 2007, 2008 e **2010** (em negrito anos de El Nino), sendo 1982, **1984**, **2000** e 2009 de menores registros (em negrito anos de La Nina).

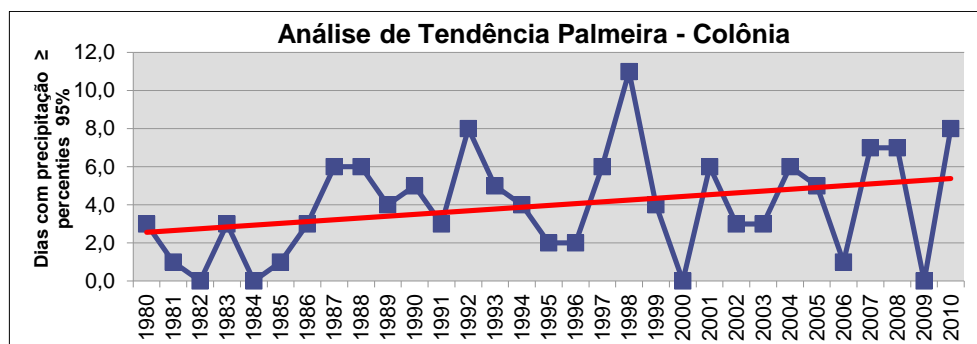


Gráfico 42 - Palmeira/Colônia: Tendência pluvial anual percentil 95% outono (1980-2010)

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para os meses de outono (março, abril e maio), Tabela 33. Nota-se que apenas uma estação apresentou tendência positiva significativa de 90% para o aumento no total de chuva para os respectivos meses. De acordo com Cavalcanti e Kousky (2009), este aumento pode estar associado a chuvas oriundas da circulação marítima ou ao aumento da frequência de frentes frias.

Nota-se que a estação que apresentou tendência positiva significativa para o total precipitado não foi a mesma que apresentou aptidão para número de eventos \geq ao percentil 95%. Desta forma, não se pode concluir que as estações de Palmeira/Colônia, que apresentou tendência significativa de aumento na frequência no número de ventos, não revelou tendência positiva no total de chuva anual. Dessa forma, o aumento nas quantidades de chuva não pode ser explicado pelo aumento no número de ocorrências de extremos diários.

Tabela 33 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do outono

Time series	First year	Last Year	n	Test S	Test Z	Signific.
Almirante Tamandaré	1980	2010	31		-0,48	
Araucária	1980	2010	31		-1,16	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31		-1,73	+
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31		0,17	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31		-0,68	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31		0,32	
Colombo	1980	2010	31		-0,71	
Contenda	1980	2010	31		-0,68	
Curitiba/Prado	1980	2010	31		0,03	
Curitiba/Curi	1980	2010	31		-0,92	
Mandirituba	1980	2010	31		-0,73	
Piraquara	1980	2010	31		-0,12	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31		-0,24	
SJP/Guaricana	1980	2010	31		-0,82	
Porto Amazonas	1980	2010	31		0,02	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31		0,58	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31		-0,20	
Lapa	1980	2010	31		-0,70	

5.4.5 Outono percentil 99%

Foi analisado o número total de dias que excederam o valor do percentil 99% para os meses de outono. De acordo com a Figura 68, nota-se que a dinâmica mostra-se semelhante à análise do percentil 95% para o mesmo mês. A porção norte da Bacia apresentou maior número de dias de precipitação acima do percentil 99%. Nesta porção encontram-se os municípios de Colombo, Curitiba, Almirante Tamandaré, Campo Magro e Campo Largo. Já a parte leste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 99%, nestas áreas estão dispostos os municípios de Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras. De acordo com o mapa, os dados variam de 18 a 30 eventos, diferentemente do verão, que variou entre 32 e 60 eventos, e a primavera, que oscilou entre 21 e 36 casos para os 31 anos de análise. Este mapa diferencia-se do mapa de distribuição para o verão onde as porções leste e sudeste da Bacia apresentaram o maior número de dias com precipitação (99%), já do mapa do outono registrou maior número de eventos na parte norte, sendo assim, semelhante ao mapa de total e da primavera.

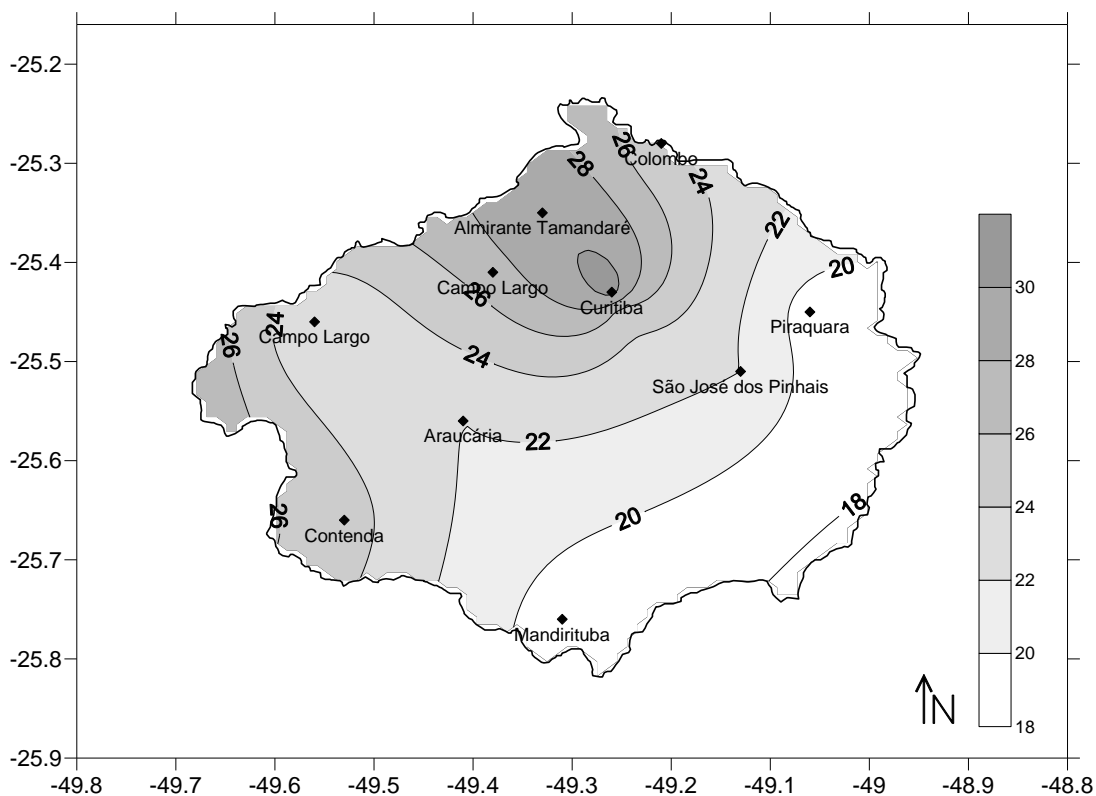


Figura 68 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Outono (1980-2010)

Observando a Tabela 34, nota-se que a década de 90 destaca-se com 152 eventos, seguido pela década de 80, com 145 eventos e, posteriormente, a década de 2000, com 128 eventos. Com 463 casos no total, o outono foi responsável por 22,2% do total dos registros sazonais.

Analisando a tabela em anexo, observa-se que os anos de 1983, 1987 e 2010 apresentam registros acima de 35 eventos, destacando-se perante os outros anos de análise. É importante salientar que estes anos apresentaram-se também na análise do percentil 95% para o outono. É interessante pontuar que estes anos que apresentaram altos valores foram anos em que ocorreram o fenômeno El Niño.

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos contidos na Tabela 35, nota-se que apenas 02 estações apresentaram tendências significativas: Curitiba/Prado Velho e São José dos Pinhais/Fazendinha, representando 11,2% das estações estudadas. A estação de Curitiba/Prado apresentou tendência positiva de precipitação de 90%, assim como a estação de São José dos Pinhais/Fazendinha.

Tabela 34 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Outono

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	7	12	7
Araucária	6	5	9
Campina	12	6	4
Campo/Itaqui	5	6	8
Campo/Ouro	14	6	6
Campina/Don	11	7	8
Colombo	5	10	7
Contenda	11	8	6
Curitiba/Prado	5	8	11
Curitiba/Curitiba	6	12	12
Mandirituba	9	8	1
Piraquara	5	7	5
SJP/Fazendinha	8	6	7
SJP/Guaricana	4	7	4
Porto Amazonas	10	14	11
Palmeira/Colônia	10	9	10
Palmeira/Mandacaia	11	10	6
Lapa	7	11	6
Total	146	152	128

O mesmo teste foi aplicado para os registros da primavera e verão para o mesmo percentil e para o mesmo período. Diante desta análise, nota-se que a primavera apresentou 7 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% do total; já o verão apresentou 2 estações com tendências positivas significativas, representando 11,2% do total. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 99%.

Analisando o gráfico de tendência para a estação de Mandirituba, o qual apresentou significância positiva de 95% nota-se que os anos de **1987**, 1995, 1996 **1997**, **2003** e 2007 se destacaram na análise. É importante salientar que nestes anos houve a ocorrência de El Niño.

Tabela 35 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Outono

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Almirante Tamandaré	1980	2010	31	0,76	
Araucária	1980	2010	31	1,13	
Campina Grande do Sul	1980	2010	31	-0,68	
Campo Largo/Itaqui	1980	2010	31	0,99	
Campo Largo/Ouro	1980	2010	31	-0,60	
Campo Largo/Don Pedro	1980	2010	31	-0,30	
Colombo	1980	2010	31	0,92	
Contenda	1980	2010	31	-0,97	
Curitiba/Prado	1980	2010	31	1,80	+
Curitiba/Curi	1980	2010	31	1,32	
Mandirituba	1980	2010	31	-0,66	
Piraquara	1980	2010	31	1,46	
SJP/Fazendinha	1980	2010	31	1,67	+
SJP/Guaricana	1980	2010	31	0,19	
Porto Amazonas	1980	2010	31	0,67	
Palmeira/Colônia	1980	2010	31	0,83	
Palmeira/Mandacaia	1980	2010	31	-0,11	
Lapa	1980	2010	31	-0,04	

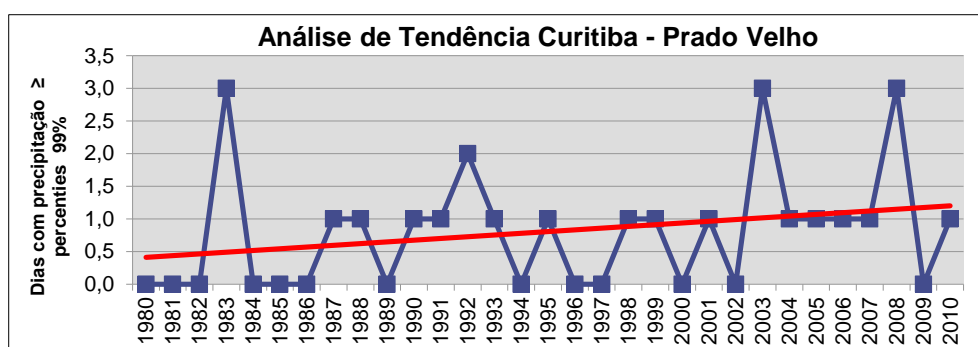


Gráfico 43 - Curitiba/Prado Velho: Tendência pluviométrica anual percentil 99% outono (1980-2010)

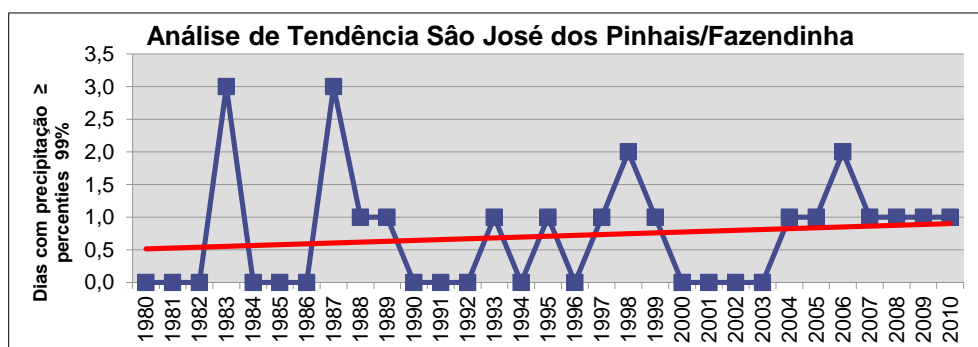


Gráfico 44 - São José dos Pinhais/Fazendinha: Tendência pluviométrica anual percentil 99% outono (1980-2010)

5.4.6 Inverno percentil 95%

Realizando análise sazonal do inverno, nota-se que a dinâmica climática se mostra de forma diferenciada para cada uma das estações do ano. Primeiramente, foram analisados os dias com precipitação \geq ao percentil 95% e, posteriormente, 99% para o mês de inverno. De acordo com o mapa, os dados variam de 90 a 135 eventos para os 31 anos de análise, sendo a porção oeste da Bacia considerada a com o maior número de eventos, onde se encontram os municípios de Contenda, Araucária, Balsa Nova e Campo Largo. Já a porção sudeste se mostrou com menor número de eventos, com os municípios de São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande e Mandirituba.

É interessante salientar que a Figura 69 mostra-se oposta ao mapa total, onde a área com menor número de casos foi justamente a área com maior número de casos para o inverno. De acordo com Grimm (1998 e 2000), no período de junho a agosto (inverno) não há impacto significativo de eventos ENOS e LN no sul do Brasil, não havendo diferenças nos valores de precipitação média em dias chuvosos para este período. De acordo com o mesmo autor, não há diferença entre anos de ENOS e anos normais. Nota-se apenas um pequeno aumento nos valores para o oeste da Região Sul (noroeste RGS, oeste de SC e PR) durante ENOS. Percebe-se também que a frequência de dias chuvosos aumenta um pouco nesta região, embora diminua um pouco no leste do PR e SC.

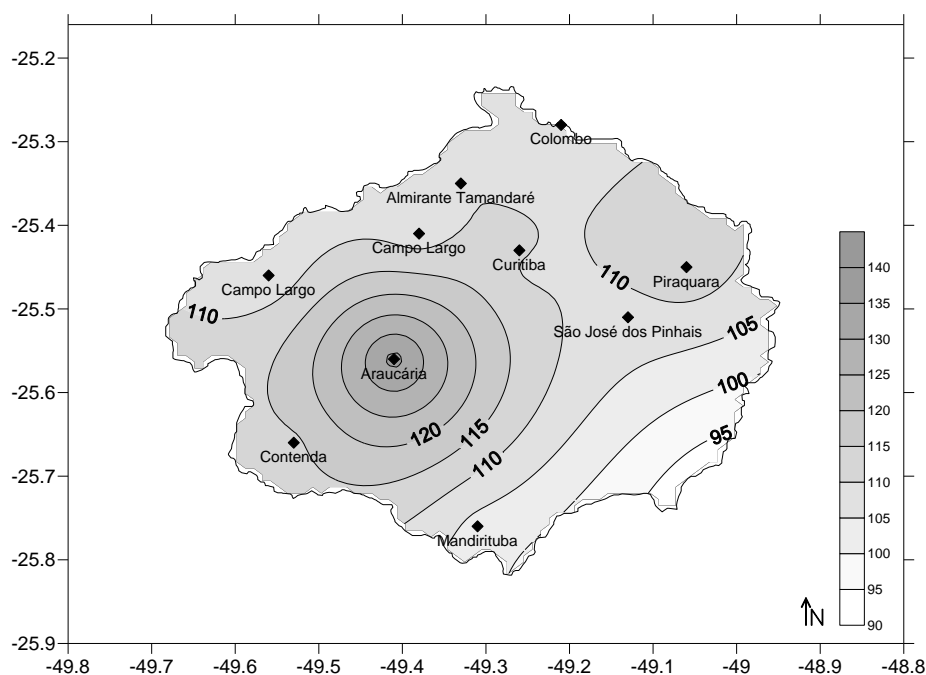


Figura 69 - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 95% Inverno (1980-2010)

Sendo assim, nota-se, na Tabela 36, a qual demonstra o número de eventos por estação e por década analisada, que a década de 1980 apresentou 594 eventos, já a década de 1990 se destacou com 736 e a década seguinte revelou 579 eventos. Nota-se que as décadas de 1980 e 2000 se mostraram muito parecidas em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 95%. É de grande importância salientar que os eventos de inverno representaram 19,9% do total de chuva para o período.

Analisando os dados dispostos da tabela em anexo, nota-se que os anos de **1983, 1990** e 1998 se destacaram por apresentarem grandes valores, acima de 100 eventos por ano. Alguns destes anos estão sob a influência do evento El Niño Oscilação Sul e de acordo Grimm (1998), o ano 1983 foi o mais intenso em relação ao evento de El Niño, o qual provou precipitação muito acima da média para várias estações. Observa-se que os anos de 1981, 1985 e 1988 apresentaram valores de precipitação abaixo da média e os demais apresentaram totais de precipitação dentro da média. Não é possível generalizar uma associação de eventos El Niño/La Niña com o aumento ou a redução de precipitação, pois de acordo com o mesmo autor, o período do inverno não há tanta diferença entre anos de ENOS e anos normais. O que se nota é apenas um pequeno aumento nos valores e também aumento da frequência de dias chuvosos nesta região. Comparando os dados de inverno e outono com os da primavera, nota-se que no inverno e outono os registros foram menores sendo, respectivamente, de 596, 763 e 590 no inverno e 715, 712 e 606 no outono, contra 720, 969 e 1134 na primavera. De acordo com esta análise, nota-se que a primavera foi a única estação que apresentou o maior número de dados na década de 2000, apresentando três anos acima da média (2002, 2005 e 2009). Isso demonstra que os eventos se mostram com menos equilíbrio em comparação às outras estações. É importante salientar que os eventos no inverno correspondem a 19,3%, enquanto o outono foi responsável por 20,6% e a primavera por 27,4% do total dos registros.

Tabela 36 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Inverno

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	30	41	37
Araucária	44	52	36
Campina	35	36	25
Campo/Itaqui	33	37	37
Campo/Ouro	40	33	31
Campina/Don	31	30	41
Colombo	31	41	26
Contenda	36	49	28
Curitiba/Prado	32	40	29
Curitiba/Curitiba	37	35	28
Mandirituba	28	46	27
Piraquara	37	39	29
SJP/Fazendinha	29	40	34
SJP/Guaricana	25	37	24
Porto Amazonas	33	42	35
Palmeira/Colônia	25	46	39
Palmeira/Mandacaia	32	43	40
Lapa	36	49	33
Total	594	736	579

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de inverno, nota-se que apenas 01 estação apresentou tendências positivas significativas, representando 5,6% das estações estudadas. Destaca-se a estação de Palmeira/Colônia que apresentou 90% de significância. É importante salientar que a estação de Palmeira/Colônia, a qual apresentou tendência positiva significativa para a análise de inverno, apresentou também tendência positiva significativas totais anuais de precipitação.

Realizando uma comparação sazonal para o percentil 95%, nota-se que a primavera apresentou 07 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações estudadas. Já o verão apresentou 03 estações com tendências significativas, representando 16,6% das estações utilizadas. O outono apresentou apenas 1 estação com tendência positiva significativa de 90%, igualmente ao inverno, representando 5,6% do total de estações. Em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foram de 27,7% das estações analisadas.

Tabela 37 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 95% Inverno

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Almirante	1980	2010	31	0,43	
Araucária	1980	2010	31	-0,79	
Campina	1980	2010	31	-1,17	
Campo/Itaqui	1980	2010	31	0,90	
Campo/Ouro	1980	2010	31	-0,71	
Campina/Don	1980	2010	31	0,72	
Colombo	1980	2010	31	-0,86	
Contenda	1980	2010	31	-1,30	
Curi/Prado	1980	2010	31	-0,35	
Curi/Curi	1980	2010	31	-0,64	
Mandirituba	1980	2010	31	0,31	
Piraquara	1980	2010	31	-1,02	
SJP/Fazen	1980	2010	31	0,35	
SJP/Guarica	1980	2010	31	-0,45	
Porto Ama	1980	2010	31	0,41	
Palmeira/Colo	1980	2010	31	1,66	+
Palmeira/Manda	1980	2010	31	0,52	
Lapa	1980	2010	31	-0,40	

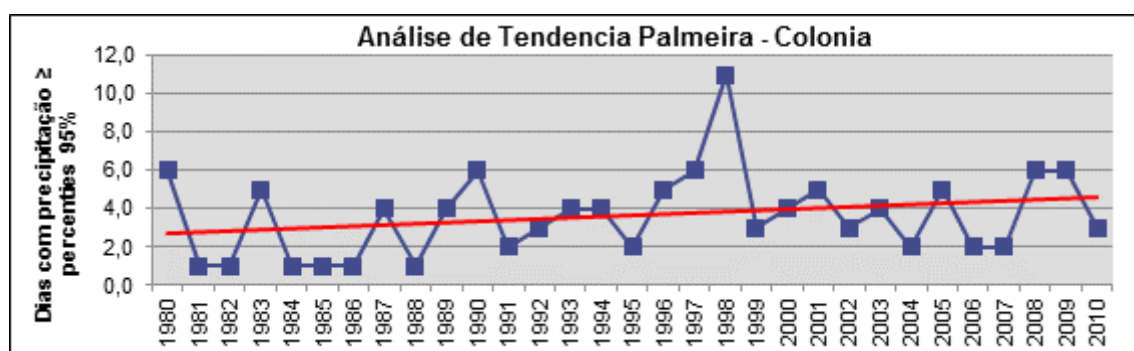


Gráfico 45 - Palmeira/Colônia: Tendência pluviométrica anual percentil 95% inverno (1980-2010)

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para o inverno, Tabela 38. Nota-se que nenhuma estação apresentou tendência positiva significativa para o aumento no total de chuva para os respectivos meses.

Tabela 38 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o total de precipitação para os meses do inverno

Time series	First	Last Year	n	Test		Signific.
	year			S	Test Z	
Almirante	1980	2010	31		0,14	
Araucária	1980	2010	31		-0,58	
Campina	1980	2010	31		-0,99	
Campo/Itaqui	1980	2010	31		0,17	
Campo/Ouro	1980	2010	31		-0,99	
Campina/Don	1980	2010	31		0,14	
Colombo	1980	2010	31		-0,78	
Contenda	1980	2010	31		-1,19	
Curi/Prado	1980	2010	31		-0,37	
Curi/Curi	1980	2010	31		-0,27	
Mandirituba	1980	2010	31		-0,42	
Piraquara	1980	2010	31		-0,51	
SJP/Fazen	1980	2010	31		0,14	
SJP/Guarica	1980	2010	31		-0,24	
Porto Ama	1980	2010	31		0,20	
Palmeira/Colo	1980	2010	31		0,17	
Palmeira/Manda	1980	2010	31		-0,37	
Lapa	1980	2010	31		-0,54	

5.4.7 Inverno percentil 99%

Analisando a Figura 70 com os eventos \geq do percentil 99%, eventos extremamente chuvosos para o inverno, nota-se que a porção sudoeste da Bacia apresenta maior número de dias de precipitação acima do percentil 99%, igualmente à análise do percentil 95%, eventos muito chuvosos. Nesta análise, os municípios de Contenda, Araucária e Campo Largo são os sítios com maiores registros. Já as partes sudeste e norte apresentaram as menores frequências em relação ao número de dias com precipitação, nesta área está disposto o município de São José dos Pinhais.

Realizando uma comparação entre os mapas sazonais primavera/verão/outono para o percentil 99%, nota-se que as áreas com maior frequência para a primavera estão localizadas nos municípios ao sudoeste, como Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda, Araucária e Campo Largo, e ao norte da Bacia, Almirante Tamandaré e Colombo, e os menores registros encontram-se nos municípios de São José dos Pinhais, Piraquara e Quatro Barras. Enquanto para o verão as áreas com maior frequência estão localizadas ao leste e as menores ao oeste, para o outono a porção norte da Bacia apresentou maior número de dias de precipitação acima do percentil 99%; nesta porção encontram-se os municípios de Colombo, Curitiba,

Almirante Tamandaré, Campo Magro e Campo Largo. Já a parte leste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 99%, nestas áreas estão dispostos os municípios de Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras.

Essa diferenciação ocorre por conta de diferentes tipos de atuação sinóticas. Durante o verão, a configuração pode estar associada ao aumento das chuvas oriundas da circulação marítima ou ao aumento na frequência de frentes frias de forma mais atuante nas áreas próximas ao Atlântico. Já os meses de primavera não sofrem tanta influência dos da circulação marítima.

Analisando a Tabela 39, nota-se que a década de 90 destaca-se perante a frequência de eventos acima do percentil 99%, contabilizando 179 eventos. Seguida pela década de 1980, com 136 eventos e, posteriormente, pela década de 2000, com apenas 76 eventos.

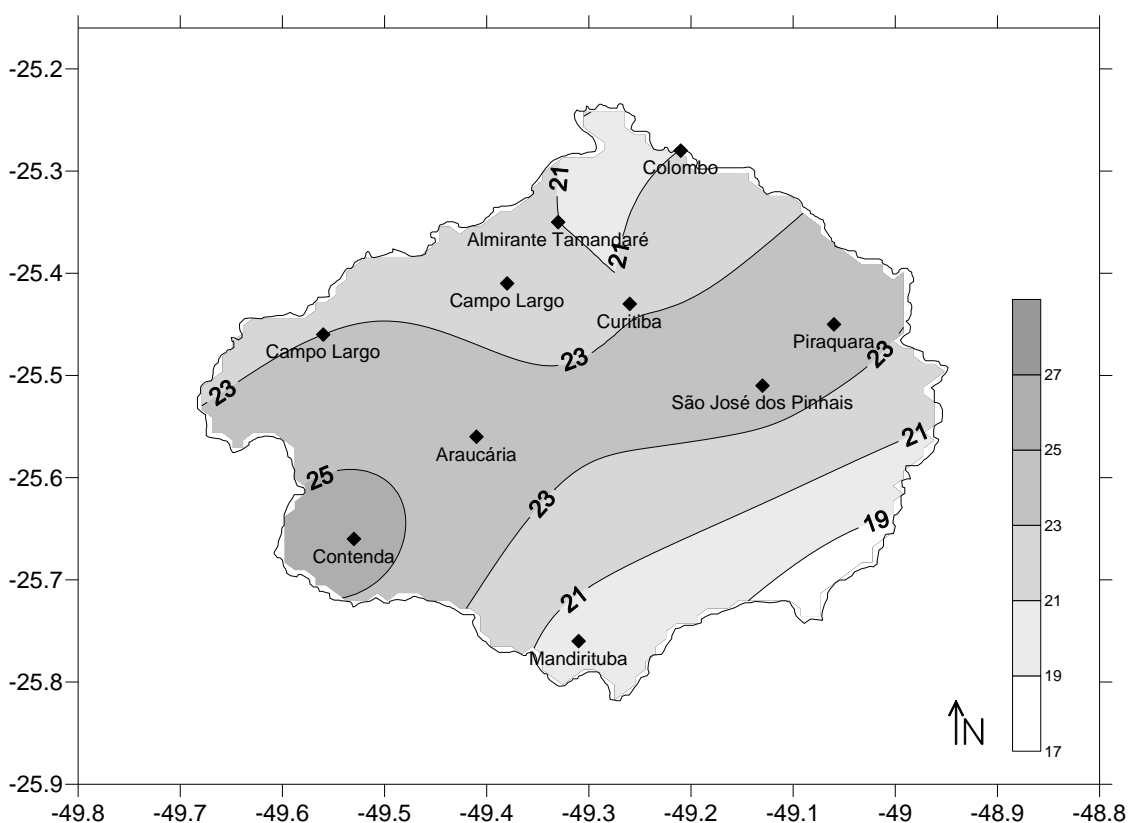


Figura 70- - Bacia do Alto rio Iguaçu/PR - Frequência Percentil 99% Inverno (1980-2010)

Tabela 39 - Resultados Tendências segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99% Inverno

Estação/Década	1980/1989	1990/1999	2000/2009
Almirante	6	11	4
Araucária	10	10	3
Campina	9	9	6
Campo/Itaqui	10	10	3
Campo/Ouro	9	8	5
Campina/Don	8	4	10
Colombo	7	10	4
Contenda	11	12	3
Curitiba/Prado	7	12	5
Curitiba/Curitiba	7	10	4
Mandirituba	3	14	3
Piraquara	9	11	4
SJP/Fazendinha	8	12	4
SJP/Guaricana	5	7	4
Porto Amazonas	8	12	3
Palmeira/Colônia	5	9	4
Palmeira/Mandacaia	8	8	2
Lapa	6	10	5
Total	136	179	76

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de inverno, nota-se, na Tabela 40, que apenas 05 estações apresentaram tendências negativas significativas, representando 27,7% do total de estações analisadas; em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foram de 27,7% das estações analisadas. Destaca-se a estação de Itaqui, localizada em Campo Largo, a qual apresentou tendência significância positiva de 90%, e Colônia, localizada em Palmeira, apresentando tendência semelhante de 90% de significância. Estas duas estações apresentaram tendência positiva significativa para a análise dos totais também.

Tabela 40 - Resultados Tendências Inverno segundo teste de Mann-Kendall para o número total de dias com precipitação igual ou superior ao Percentil 99%.

Time series	First year	Last Year	n	Test		Signific.
				S	Test Z	
Almirante	1980	2010	31		-1,51	
Araucária	1980	2010	31		-1,07	
Campina	1980	2010	31		-0,90	
Campo/Itaqui	1980	2010	31		-2,23	*
Campo/Ouro	1980	2010	31		-0,89	
Campina/Don	1980	2010	31		0,18	
Colombo	1980	2010	31		-1,68	+
Contenda	1980	2010	31		-1,79	+
Curi/Prado	1980	2010	31		-1,15	
Curi/Curi	1980	2010	31		-1,14	
Mandirituba	1980	2010	31		-0,55	
Piraquara	1980	2010	31		-1,65	+
SJP/Fazen	1980	2010	31		-1,38	
SJP/Guarica	1980	2010	31		-1,11	
Porto Ama	1980	2010	31		-1,78	+
Palmeira/Colo	1980	2010	31		-0,27	
Palmeira/Manda	1980	2010	31		-1,11	
Lapa	1980	2010	31		-0,59	

Está análise é significativa, pois no inverno e no outono apenas 2 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 11,1% do total de estações analisadas. Em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foram de 27,7% das estações analisadas; este fato demonstra que a primavera é, sazonalmente, a estação do ano que mais apresentou tendência positivas significativa. Destaca-se a estação de Palmeira/Colônia, que apresentou tendência positiva de 99,9% de significância, posteriormente, Mandirituba, com tendência positiva de 99% de significância e, depois, Itaqui, Don Pedro/Campo Largo e Fazendinha/SJPinhais, os quais apresentaram tendência significância positiva de 95%, assim como Araucária e Lapa, com tendência significância positiva de 90%. É importante salientar que todas estas estações apresentaram tendência positiva significativa para análise dos totais, inverno e outono e apenas a estação de Palmeira/Colônia coincidiu de apresentar tendência positiva significativas totais anuais de precipitação

Segundo os gráficos de tendências destas respectivas cidades, nota-se que a estação de Itaqui/Campo Largo apresenta um crescimento expressivo, sendo os anos de 1991 e 1999 os mais representativos; já os anos de 1981, 1982 e 1989 apresentaram registros de queda, sendo 1989 ano de La Niña forte. Já a estação

Colônia/Palmeira apresenta maior registro no ano de 1998, sendo 1981, 1982, 1984, 1985 e 1986 anos de menores registros.

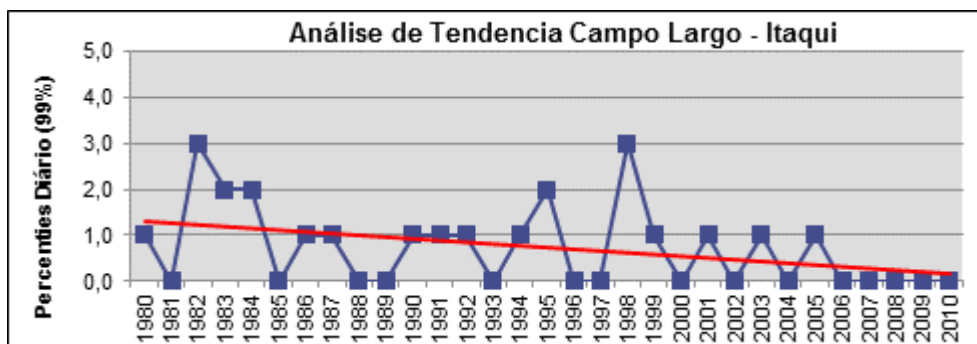


Gráfico 46 - Campo Largo/Itaqui: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)

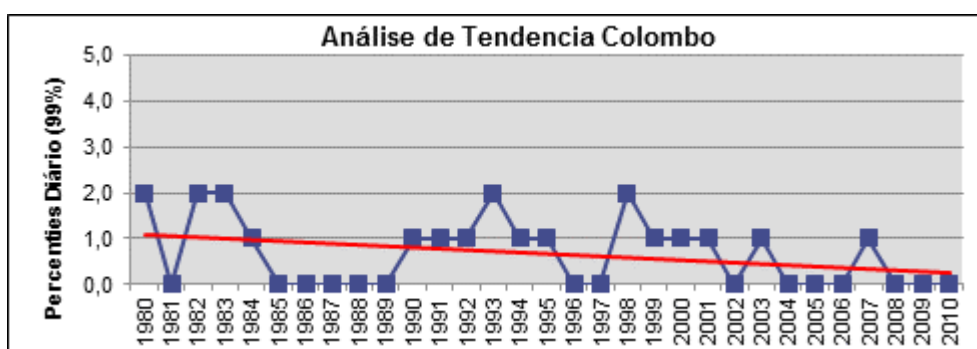


Gráfico 47 - Colombo: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)

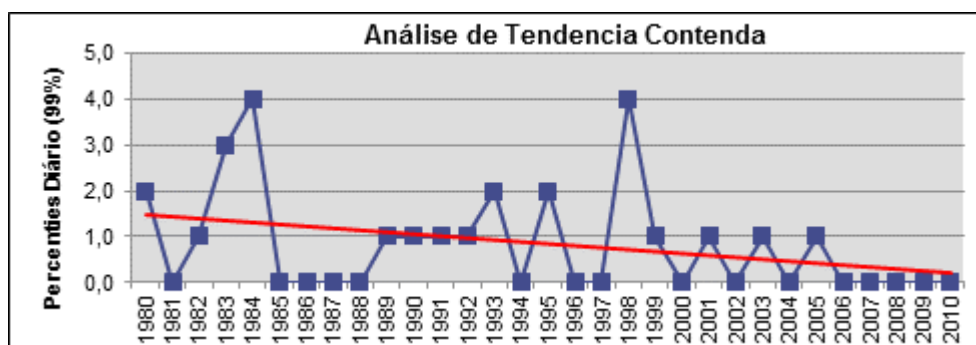


Gráfico 48 - Contenda: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)

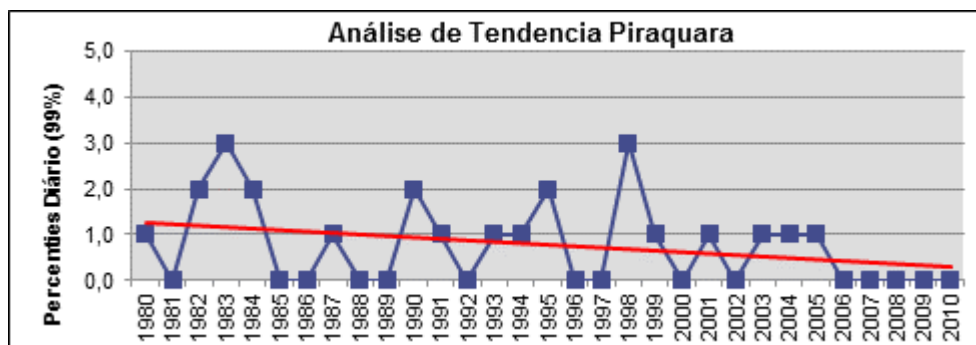


Gráfico 49 - Piraquara: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)

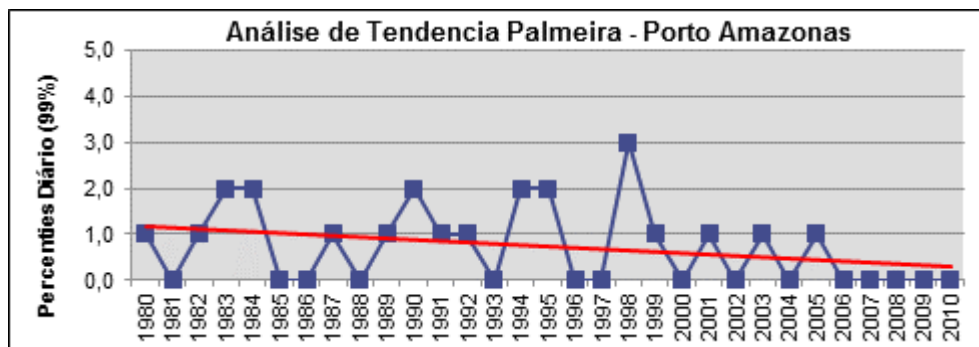


Gráfico 50 - Porto Amazonas: Tendência pluvial anual percentil 99% inverno (1980-2010)

6.0 CORRELAÇÃO ENTRE IPP, EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS)

6.1 CORRELAÇÃO ENTRE ENOS 3.4 POSITIVO E IPP POSITIVO

Primeiramente, foram cálculos os índices de precipitação padronizado (IPP), utilizando as médias mensais de cada uma das estações analisadas. Posteriormente, os diferentes índices de precipitação padronizado (IPP) se correlacionaram aos índices do ENOS 3.4, efetuando períodos com defasagem de até 11 meses e sem defasagem (exemplo apresentado na tabela 41).

Posteriormente, foram observados os maiores valores de correlação positiva para cada ano, independente da defasagem. A tabela 41 traz como exemplo esta etapa. A maior correlação encontrada para o ano de 1982 foi apresentada com a defasagem de apenas 1 mês, apresentando uma correlação de 0,57. Depois, foram selecionados os valores do IPP daquele ano e, então, estes valores foram correlacionados com os índices do ENOS + (tabela 42). Este procedimento foi aplicado para os anos que apresentaram anomalias positivas para ENOS 3.4 (gráfico 51), como os anos de 1982, 1987, 1991, 1992, 1997, 2002, 2004, 2006 e 2009 (NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014).

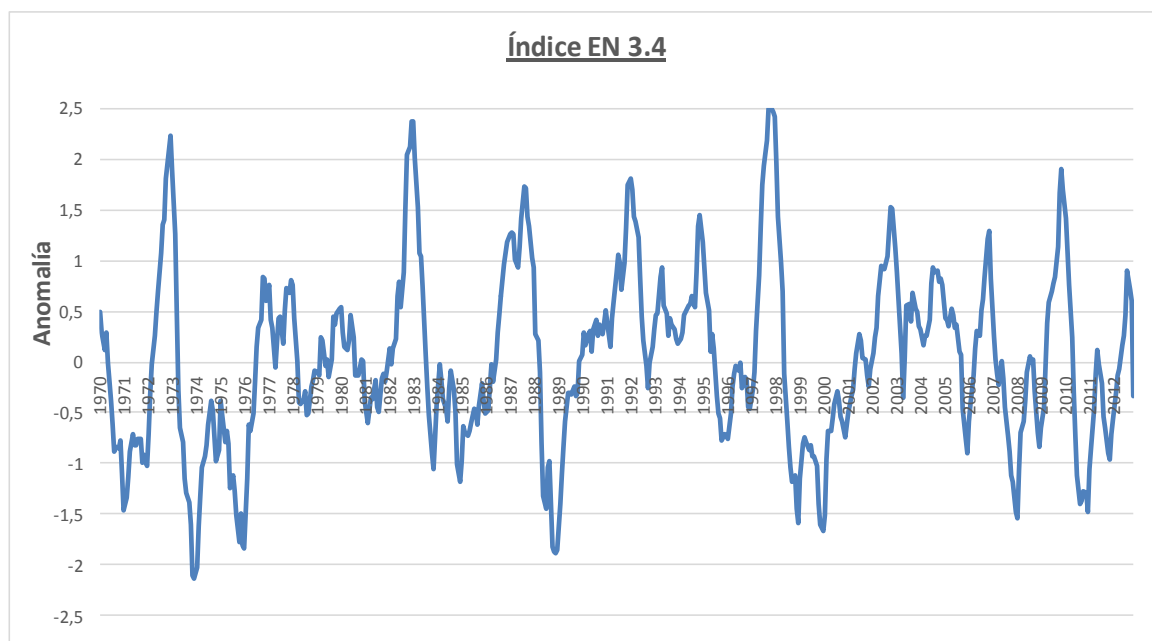


Gráfico 51- Evolução da Anomalia para ENOS 3.4

Tabela 41- Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP+ e ENOS +

Ano	Mês	IPP	EN 3.4	Defasagem	Correlação
1982	1	-0,56	0,13	sd	0,48
1982	2	0,53	-0,03	d1 (82)	0,57
1982	3	-0,27	0,13	d2 (82)	0,41
1982	4	-0,68	0,23	d3 (82)	0,17
1982	5	-0,33	0,65	d4 (82)	0,02
1982	6	0,83	0,79	d5 (82)	0,30
1982	7	0,06	0,54	d6 (82)	0,46
1982	8	-0,43	0,89	d7 (82)	0,52
1982	9	-0,62	1,51	d8 (82)	-0,06
1982	10	0,71	2,04	d9 (82)	-0,24
1982	11	1,21	2,12	d10 (82)	-0,42
1982	12	0,30	2,37	d11 (82)	-0,40
1983	1	0,45	2,37	sd	0,29

Tabela 42 - Exemplo de Correlação Final entre ENOS + e IPP +

	Anos de EN_3,4+ e IPP+		
	IPP	EN 3.4	
1982	0,53	0,13	0,55
1982	-0,27	-0,03	
1982	-0,68	0,13	
1982	-0,33	0,23	
1982	0,83	0,65	
1982	0,06	0,79	
1982	-0,43	0,54	
1982	-0,62	0,89	
1982	0,71	1,51	
1982	1,21	2,04	
1982	0,30	2,12	
1982	0,45	2,37	
1987	-0,58	1,26	
1987	-0,45	1,28	
1987	-0,29	1,26	
1987	-0,03	1,01	
1987	-0,49	0,93	
1987	-0,06	1,14	
1987	0,19	1,41	
1987	0,16	1,73	
1987	-0,04	1,72	
1987	-0,05	1,44	
1987	0,96	1,34	
1987	-0,42	1,03	

Analisando o resultado da correlação linear entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP+) e as Anomalias positivas, nota-se que o valor do R de Pearson foi de 0,55, apresentando, assim, uma correlação entre eventos de El Niño e eventos significativos positivos de pluviosidade, conforme o gráfico 52.

Posteriormente, foi aplicado o p-valor (também conhecido como teste de hipótese) para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, o qual permite rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra. Segundo o teste, a correlação entre os eventos de El Niño e os principais eventos positivos de precipitação é fortíssimo.

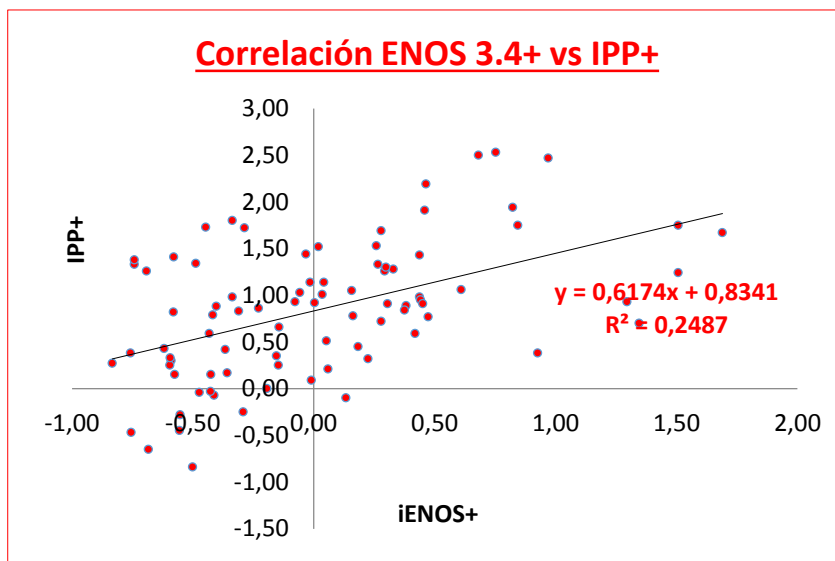


Gráfico 52 - Correlação ENOS 3.4 + e IPP +

This calculator will tell you the significance (both one-tailed and two-tailed probability values) of a Pearson correlation coefficient, given the correlation value r , and the sample size.

Please supply the necessary parameter values, and then click 'Calculate'.

Correlation value (r):

Sample size:

One-tailed probability: 0.0
Two-tailed probability: 0.00000001

Figura 71 - P-Valor da correlação entre IPP + e ENOS 3.4 +

Analisando os períodos que apresentaram as melhores correlações entre o IPP positivo e o índice de anomalia para ENOS 3.4 positivo para os anos que apresentaram anomalias acima de 1 (tabela 43), observou-se que para os anos de 1997, 2002 e 2004, as melhores correlações foram encontradas com um período de defasagem de 3 meses; para os anos de 1982 e 1992, a defasagem foi de 1 mês; em 1987 e 1991 a defasagem foi de 6 meses; e no ano de 2009 foi de 2 meses. É interessante salientar, através desta análise, que existe um *delay* de até seis meses entre o aquecimento das águas do Pacífico (El Niño porção 3.4) e os eventos significativos de precipitação para a Bacia do Alto Iguaçu.

Tabela 43 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia ENOS 3.4

Anos	Defasagem	Valores de Correlação
1982	1	0,57
1987	6	0,39
1991	6	0,57
1992	1	0,30
1997	3	0,86
2002	3	0,63
2004	3	0,47
2009	2	0,63

6.2 CORRELAÇÃO ENTRE ENOS 3.4 NEGATIVO E IPP NEGATIVO

Posteriormente, foram observados os maiores valores de correlação negativa para cada ano, independente da defasagem. A tabela 44 traz como exemplo esta etapa. A maior correlação encontrada para o ano de 1988 foi apresentada com a defasagem de apenas 06 meses, apresentando uma correlação de 0,54. Depois, foram selecionados os valores do IPP daquele ano e, então, estes valores foram correlacionados com os índices do ENOS - (tabela 46). Este procedimento foi aplicado para os anos que apresentaram anomalias negativas maior/igual a 1, para ENOS 3.4 (gráfico 51), como os anos de 1988, 1999, 2002 e 2008.

Tabela 44 - Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP- e ENOS +

Ano	Mês	IPP	EN 3.4	Defasagem	Correlação
1988	1	0,19	0,93	sd	0,43
1988	2	0,16	0,27	d1 (88)	0,33
1988	3	-0,04	0,22	d2 (88)	0,06
1988	4	-0,05	-0,11	d3 (88)	-0,09
1988	5	0,96	-0,80	d4 (88)	-0,02
1988	6	-0,42	-1,32	d5 (88)	-0,53
1988	7	-0,84	-1,45	d6 (88)	-0,54
1988	8	-0,89	-1,04	d7 (88)	-0,50
1988	9	-0,21	-0,98	d8 (88)	-0,17
1988	10	-0,16	-1,82	d9 (88)	-0,07
1988	11	-0,65	-1,87	d10 (88)	0,02
1988	12	-0,02	-1,89	d11 (88)	0,61
1989	1	0,63	-1,86	sd	-0,93
1989	2	0,25	-1,40	d1 (89)	-0,84
1989	3	-0,11	-1,11	d2 (89)	-0,65

1989	4	0,07	-0,84	d3 (89)	-0,93
1989	5	-0,11	-0,59	d4 (89)	-1,00
1989	6	-0,58	-0,30	d5 (89)	#DIV/0!

Tabela 45 - Exemplo de Correlação Final entre ENOS - e IPP -

Anos de EN_3,4- e IPP-			
	IPP	EN 3.4	Correlação Linear Positiva
1988	-0,84	0,93	-0,33
1988	-0,89	0,27	
1988	-0,21	0,22	
1988	-0,16	-0,11	
1988	-0,65	-0,80	
1988	-0,02	-1,32	
1988	0,63	-1,45	
1988	0,25	-1,04	
1988	-0,11	-0,98	
1988	0,07	-1,82	
1988	-0,11	-1,87	
1988	-0,58	-1,89	

Analisando o resultado da correlação linear negativa entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP-) e as Anomalias negativas, nota-se que o valor do R de Pearson foi de -0,33, apresentando, assim, uma correlação entre eventos de La Niña e eventos significativos negativos de pluviosidade, conforme o gráfico 53.

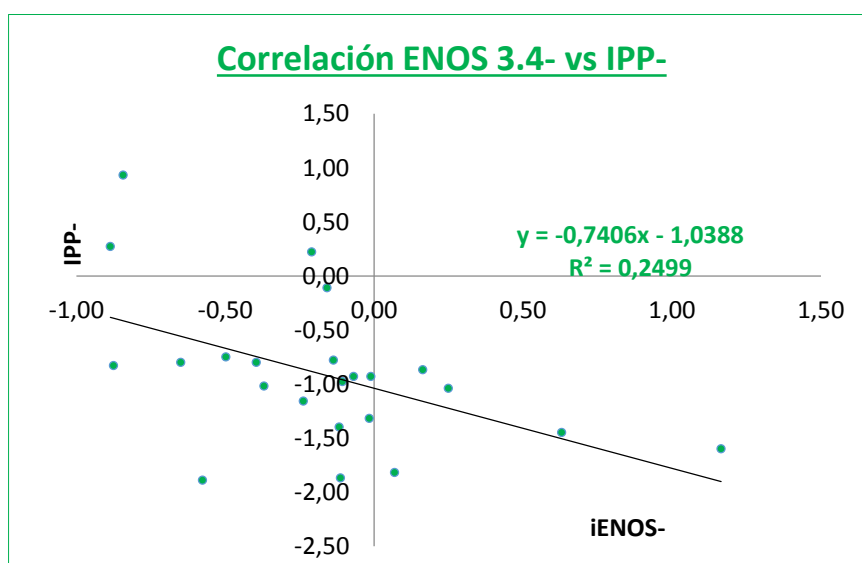


Gráfico 53- Correlação ENOS 3.4 - e IPP -

Posteriormente, foi aplicado o p-valor (também conhecido como teste de hipótese) para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, o qual permite rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra. Segundo o teste, a correlação entre os eventos de La Niña e os principais eventos negativos de precipitação é forte.

This calculator will tell you the significance (both one-tailed and two-tailed probability values) of a Pearson correlation coefficient, given the correlation value r , and the sample size.

Please supply the necessary parameter values, and then click 'Calculate'.

Correlation value (r): ?

Sample size: ?

One-tailed probability: **0.01099259**

Two-tailed probability: **0.02198518**

Figura 72 - P-Valor da correlação entre IPP - e ENOS 3.4

Analisando os períodos que apresentaram as melhores correlações entre o IPP negativo e o índice de anomalia para ENOS 3.4 negativo para os anos que apresentaram anomalias, observou-se que para o ano de 1988, a melhor correlação foi encontrada com um período de defasagem de 6 meses; no ano de 1999 a defasagem foi de 1 mês; e em 2008 a defasagem foi de 7 meses. É interessante salientar, através desta análise, que existe um *delay* de até seis meses entre o aquecimento das águas do Pacífico (El Niño porção 3.4) e os eventos significativos de precipitação para a Bacia do Alto Iguaçu.

Tabela 46 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia ENOS 3.4

Anos	Defasagem	Valores de Correlação
1988	6	0,54
1999	1	0,66
2008	7	0,30

6.3 CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS) POSITIVO E IPP POSITIVO

Para a realização da análise, primeiramente, foram calculados os índices de precipitação padronizado (IPP) utilizando as médias mensais de cada uma das estações analisadas. Seguidamente, os diferentes índices de precipitação padronizado (IPP) se correlacionaram aos índices de anomalia da Temperatura do Mar/Atlântico Sul, efetuando períodos com defasagem de até 11 meses e sem defasagem (exemplo apresentado na tabela 47).

Posteriormente, foram observados os maiores valores de correlação positiva para cada ano, independente da defasagem. A tabela 48 traz como exemplo esta etapa. A maior correlação encontrada para o ano de 1984 foi apresentada com a defasagem de 6 meses, apresentando uma correlação de 0,45. Depois, foram selecionados os valores do IPP daquele ano e, então, estes valores foram correlacionados com os índices TAS + (tabela 48). Este procedimento foi aplicado para os anos que apresentaram anomalias positivas para iTAS (gráfico 54), como os anos de 1984, 1988, 1996, 1997, 1998, 2008 e 2009.

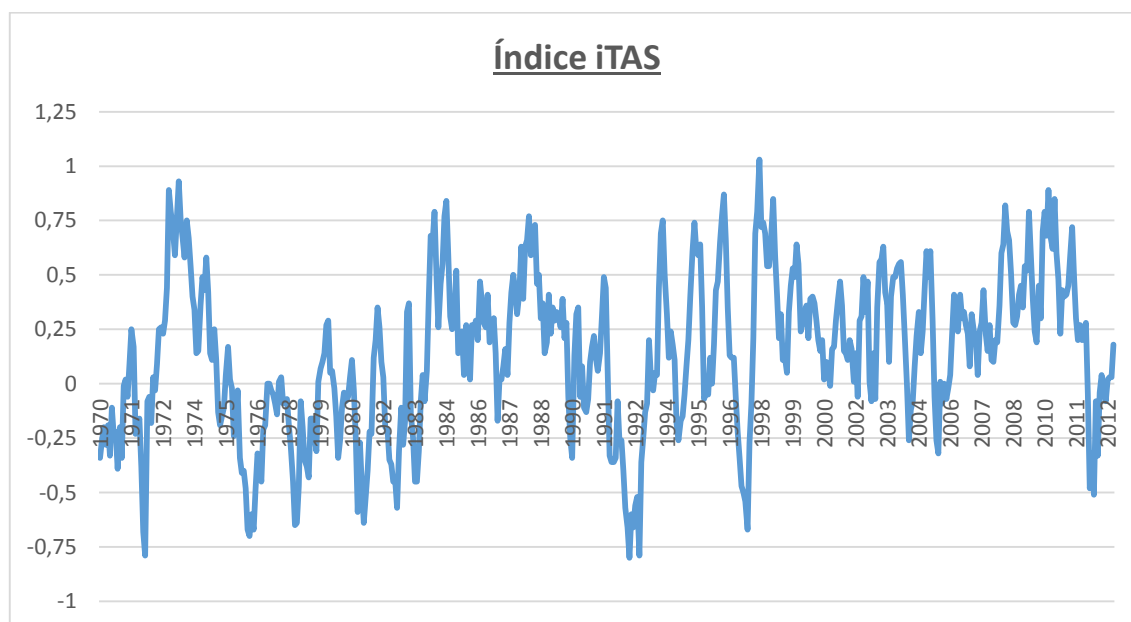


Gráfico 54 - Evolução da Anomalia para iTAS (Índice de temperatura do Atlântico Sul)

Tabela 47- Exemplo Cálculo de Defasagem para IPP+ e iTAS+

Ano	Mês	IPP	iTAS	Defasagem	Correlação
1984	1	0,07	0,68	sd	-0,13
1984	2	-0,56	0,65	d1 (84)	-0,03
1984	3	0,11	0,79	d2 (84)	0,24
1984	4	0,09	0,50	d3 (84)	-0,04
1984	5	-0,01	0,26	d4 (84)	-0,20
1984	6	0,00	0,46	d5 (84)	0,45
1984	7	-0,55	0,55	d6 (84)	0,28
1984	8	0,43	0,77	d7 (84)	0,07
1984	9	-0,05	0,84	d8 (84)	0,00
1984	10	-0,59	0,59	d9 (84)	-0,50
1984	11	0,57	0,31	d10 (84)	-0,26
1984	12	0,02	0,25	d11 (84)	0,33
1985	1	-0,41	0,32	sd	0,52
1985	2	0,27	0,52	d1 (85)	0,51
1985	3	0,01	0,14	d2 (85)	0,83
1985	4	-0,10	0,15	d3 (85)	-0,13
1985	5	-0,76	0,24	d4 (85)	1,00

Tabela 48- Exemplo de Correlação Final entre iTAS + e IPP +

Anos de iTAS+ e IPP+			
	lpp positivo	iTAS	Correlação
1984	0,00	0,68	0,46
1984	-0,55	0,65	
1984	0,43	0,79	
1984	-0,05	0,50	
1984	-0,59	0,26	
1984	0,57	0,46	
1984	0,02	0,55	
1984	-0,41	0,77	
1984	0,27	0,84	
1984	0,01	0,59	
1984	-0,10	0,31	
1984	-0,76	0,25	

Analisando o resultado da correlação linear positiva entre o Índice de Precipitação Padronizado (IPP +) e as Anomalias positivas da Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul (TAS), nota-se que o valor de R de Pearson foi de 0,46, apresentando, assim, uma correlação entre a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e eventos significativos positivos de pluviosidade, conforme o gráfico 55.

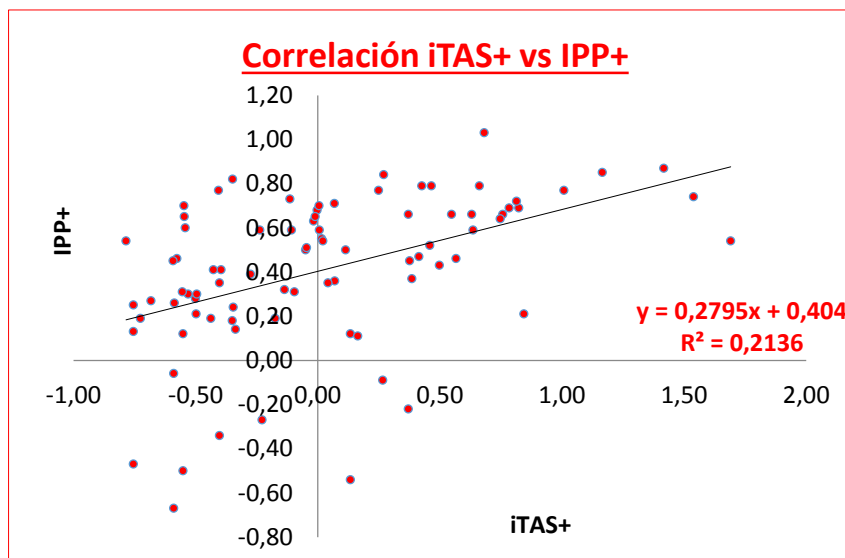


Gráfico 55 - Correlação iTAS + e IPP +

Posteriormente, foi aplicado o p-valor para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, o qual permite rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra. Segundo o teste, a correlação entre a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e os principais eventos positivos de precipitação é fortíssimo.

This calculator will tell you the significance (both one-tailed and two-tailed probability values) of a Pearson correlation coefficient, given the correlation value r , and the sample size.

Please supply the necessary parameter values, and then click 'Calculate'.

Correlation value (r): ⓘ

Sample size: ⓘ

One-tailed probability: **0.0000536**

Two-tailed probability: **0.0001072**

Figura 73 - P-Valor da correlação entre IPP + e iTAS +

Analisando os períodos que apresentaram as melhores correlações entre o IPP positivo e o índice de anomalia para a TAS positivo para os anos que apresentaram anomalias (tabela 49), observou-se que para o ano de 1984, a melhor correlação (0,45) foi encontrada com período de defasagem de 5 meses; no ano de 1988 a melhor correlação (0,55) foi encontrada com defasagem de 11 meses; em 1996 a correlação de 0,85 ocorreu com 7 meses de defasagem; 1997 foi encontrado com 1 mês de

defasagem; 2008 com 06 meses de defasagem; e 2009 com 10 meses de defasagem. É interessante salientar, através desta análise, que existe um *delay* de até onze meses entre o aquecimento das águas do Atlântico Sul e os eventos significativos positivos de precipitação para a Bacia do Alto Iguaçu.

Tabela 49 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP e Anomalia iTAS

Anos	Defasagem	Valores de Correlação
1984	5	0,45
1988	11	0,55
1996	7	0,85
1997	1	0,79
1998	7	0,67
2008	6	0,45
2009	10	0,54

6.4 CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR/ATLÂNTICO SUL (TAS) NEGATIVO E IPP NEGATIVO

Foram calculados os índices de precipitação padronizado (IPP) utilizando as médias mensais de cada uma das estações analisadas. Os diferentes índices de precipitação padronizado (IPP) se correlacionaram aos índices do iTAS, efetuando períodos com defasagem de até 11 meses e sem defasagem (exemplo apresentado na tabela 62).

Posteriormente, foram observados os maiores valores de correlação negativa para cada ano, independente da defasagem. A tabela 50 traz como exemplo esta etapa. A maior correlação encontrada para o ano de 1980 foi apresentada com a defasagem de apenas 10 meses, apresentando uma correlação de -0,62. Após isso, foram selecionados os valores do IPP daquele ano e estes valores foram correlacionados com os índices do iTAS - (tabela 51). Este procedimento foi aplicado para os anos que apresentaram anomalias negativas para iTAS (gráfico 54), como os anos de 1980, 1982, 1992 e 1997. (NERY e MESEGUER-RUIZ, 2014).

Tabela 50 - Exemplo Cálculo de Defasagem para iTAS - e IPP-

Ano	Mês	iPP	iTAS	Defasagem	Correlação
1980	1	0,29	-0,15	sd	-0,54
1980	2	0,33	-0,34	d1 (80)	-0,21
1980	3	-0,06	-0,26	d2 (80)	0,37
1980	4	-0,10	-0,11	d3 (80)	0,67
1980	5	-0,64	-0,04	d4 (80)	0,49
1980	6	-0,41	-0,08	d5 (80)	0,28
1980	7	0,49	-0,06	d6 (80)	0,25
1980	8	-0,02	0,03	d7 (80)	0,13
1980	9	0,28	0,11	d8 (80)	-0,03
1980	10	0,13	-0,03	d9 (80)	-0,30
1980	11	-0,20	-0,25	d10 (80)	-0,62
1980	12	1,13	-0,59	d11 (80)	-0,50
1981	1	0,29	-0,27	sd	0,15
1981	2	-0,29	-0,47	d1 (81)	0,53
1981	3	-0,28	-0,64	d2 (81)	0,89
1981	4	-0,41	-0,52	d3 (81)	0,84
1981	5	-0,64	-0,40	d4 (81)	0,52
1981	6	-0,72	-0,22	d5 (81)	-0,19
1981	7	-0,59	-0,23	d6 (81)	-0,53
1981	8	-0,45	0,12	d7 (81)	-0,92
1981	9	-0,38	0,20	d8 (81)	-1,00
1981	10	-0,03	0,35	d9 (81)	#DIV/0!

Tabela 51 - Exemplo de Correlação Final entre iTAS - e IPP -

Anos de iTAS- e iPP-			
	iPP	iTAS	Correlação
1980	-0,20	-0,15	-0,28
1980	1,13	-0,34	
1980	0,29	-0,26	
1980	-0,29	-0,11	
1980	-0,28	-0,04	
1980	-0,41	-0,08	
1980	-0,64	-0,06	
1980	-0,72	0,03	
1980	-0,59	0,11	
1980	-0,45	-0,03	
1980	-0,38	-0,25	
1980	-0,03	-0,59	

Analisando o resultado da correlação linear negativa entre o Índice de Precipitação Padronizado (IPP -) e as Anomalias negativas da Temperatura

Superficial do Mar/Atlântico Sul (TAS), nota-se que o valor de R de Pearson foi de -0,28, apresentando, assim, uma correlação entre a Temperatura Superficial no Mar/Atlântico Sul e eventos significativos negativos de pluviosidade, conforme o gráfico 56.

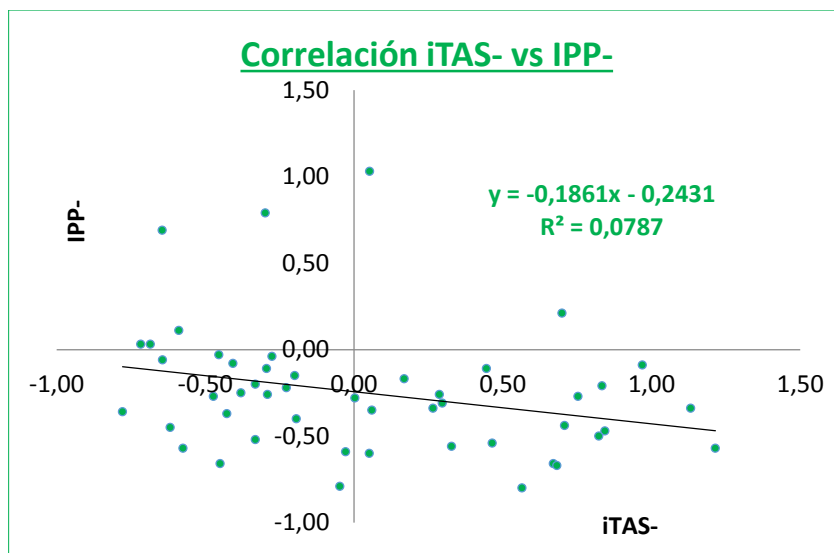


Gráfico 56- Correlação iTAS - e IPP -

Posteriormente, foi aplicado o p-valor, para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, o qual permite rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra. Segundo o teste, a correlação entre a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e os principais eventos negativos de precipitação é substancial (significativa, porém baixa).

This calculator will tell you the significance (both one-tailed and two-tailed probability values) of a Pearson correlation coefficient, given the correlation value r , and the sample size.

Please supply the necessary parameter values, and then click 'Calculate'.

Correlation value (r):

Sample size:

One-tailed probability: **0.02695791**

Two-tailed probability: **0.05391582**

Figura 74 - P-Valor da correlação entre IPP - e iTAS -

Analisando os períodos que apresentaram as melhores correlações entre o IPP negativo e o índice de anomalia para a TAS negativo para os anos que apresentaram anomalias (tabela 52), observou-se que para o ano de 1980 a melhor correlação (-0,62) foi encontrada com período de defasagem de 10 meses; no ano de 1982 a melhor correlação (-0,38) foi encontrada com defasagem de 03 meses; em 1992 a correlação de -0,58 ocorreu com 8 meses de defasagem; e em 1997 foi encontrada com 7 meses de defasagem. É interessante salientar, através desta análise, que existe um *delay* de até dez meses entre o resfriamento das águas do Atlântico Sul e os eventos significativos negativos de precipitação para a Bacia do Alto Iguaçu.

Tabela 52 - Defasagem que apresentou as melhores correlações entre IPP - e Anomalia iTAS -

Anos	Defasagem	Valores de Correlação
1980	10	-0,62
1982	03	-0,38
1992	08	-0,58
1997	07	-0,65

7.0 CONCLUSÕES FINAIS

Analisando os resultados das médias climatológicas para a Bacia do Alto Iguaçu, nota-se que para a avaliação dos totais, as médias anuais estão compreendidas entre 1.300 a 2.000 mm, sendo que a porção sudoeste, onde estão localizados os municípios de Araucária e Contenda, apresenta os menores valores. Já as regiões leste/sudeste apresentam os maiores valores, onde está localizado o município de São José dos Pinhais. A região sudeste da Bacia apresenta grande influência da vasta área costeira e da vegetação, o que determina a dinâmica de chuvas nessa área sob a influência do oceano Atlântico.

Observando as médias sazonais, nota-se que para todas as estações do ano, a região sudeste da Bacia, mais precisamente o município de São José dos Pinhais, apresenta-se com as maiores médias. Nota-se que a estação meteorológica de SJP/Guaricana encontra-se localizada próxima à Serra do Mar, assim, está sob a influência direta dos sistemas atmosféricos atuantes de ordem leste/oeste, como a Massa Tropical Atlântica, além de sofrer influência da vegetação e orografia. Já as estações de Campo Largo, as quais apresentam médias significativas, estão localizadas próximas à Escarpa de São Luiz do Purunã, estando sob influência do efeito orográfico. Nota-se nos mapas sazonais (primavera, outono e inverno) a formação de um corredor sudoeste/nordeste, o qual possui relação direta com a formação do relevo, altitude e a velocidade do vento. A Bacia do Alto Iguaçu está compreendida entre a Serra do Mar e a Escarpa de São Luiz do Purunã, sendo que entre estas duas está compreendida a calha do Rio Iguaçu, a qual, associada à alta velocidade do vento com entrada sudoeste, torna favorável a entrada de massas de origem continental.

Considerando o teste de tendência para o total pluviométrico anual, nota-se que apenas uma estação meteorológica apresentou tendência positiva significativa de 90%, diferentemente da análise dos totais sazonais da primavera, que apresentou 04 estações com tendência positiva de precipitação com significância de 95%; já o verão apresentou apenas uma estação com tendência positiva com significância de 95%. De acordo com as referências bibliográficas, a estação da primavera, segundo Grimm *et al.* (1998), possui grande variabilidade climática, com significativas oscilações interanuais de chuva em razão dos sistemas atmosféricos; a primavera é a estação do ano que está sob influência dos episódios de EN; já o verão está sob influência de

outros tipos de sistemas, como as ZCAS e Massa Tropical Atlântica, além de outros sistemas. Durante a estação do outono, apenas a estação de Campina Grande do Sul apresentou tendência negativa de precipitação para o total sazonal, com significância de 90% e a análise dos meses de inverno mostrou que não houve tendência durante esta estação do ano. Dessa forma, conclui-se, para a análise de tendência dos totais anuais e sazonais, que apenas a primavera mostrou-se com tendências significativas de crescimento das chuvas ao longo destes 31 anos de análise; durante as outras estações do ano analisado, esta tendência não foi significativa.

Analisando as classes de frequência, foi observado que a variabilidade climática para a categoria “ligeira” apresentou-se de forma diferenciada em relação às outras categorias. Os maiores registros, tanto totais, quanto sazonais, foram encontrados na porção norte, mais precisamente no município de Curitiba. Este tipo de chuva se caracteriza por possuir alta frequência, sendo, assim, constante ao longo do ano, porém mais frequente durante o outono. Este fato ocorre, pois as condições do sítio urbano de Curitiba favorecem a entrada e permanência da umidade, visto que a cidade situa-se entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana.

Observando a dinâmica total e sazonal das chuvas na categoria “moderada”, nota-se que estas ocorrem com maior frequência durante o verão, seguido pelo outono e primavera, não havendo grande diferença entre estas duas estações. A dinâmica se dá de leste/oeste, sendo a porção sudoeste com os menores registros. É importante salientar que em ambas as categorias os maiores registros se dão durante o verão, por ser a estação mais chuvosa, porém elas ocorrem com maior frequência durante o outono (terceira estação mais chuvosa) e não durante a primavera (segunda estação mais chuvosa).

As chuvas na categoria “intensa” ocorrem com maior frequência durante o verão (34,2%), seguido pela primavera (26,9%), outono (21,6%) e inverno (17,4%). A análise espacial mostrou-se diferenciada em relação às categorias apresentadas acima pela existência de um corredor sudoeste/nordeste durante o verão e a primavera, sendo que esta área se caracteriza por apresentar os menores índices de frequência. Durante o outono e o inverno, nota-se a persistência da porção sudoeste, a qual apresenta os menores índices.

A categoria “muito intensa” apresenta dinâmica parecida com a categoria intensa. O verão, novamente, apresentou-se com o maior número de episódios (33,4%), seguido pela primavera (26,8%), outono (22,5%) e inverno (17,3%). A

dinâmica mostrou-se similar em comparação à categoria acima, ressaltando apenas o inverno, que se comportou semelhantemente ao verão e à primavera, porém com menores registros.

Analisando a categoria das chuvas extremas, elas ocorrem com maior frequência durante o verão (32,9%), posteriormente, durante a primavera (27,3%), outono (20,7%) e inverno (19,1%). É de grande importância ressaltar que esta categoria possui grande variabilidade espacial e sazonal. Durante a primavera os menores registros concentram-se na porção norte; já no verão, eles ocorrem com maior frequência na porção leste, durante o outono na porção norte e no inverno na porção sudoeste.

Analisando os valores de intensidade para a categoria ligeira, nota-se que os maiores valores estão concentrados ao leste/oeste da Bacia, em especial nos municípios de São José dos Pinhais e Campo Largo, e os menores valores ao norte/sul, em especial no município de Curitiba. Relacionando os dados de intensidade com os de frequência, conclui-se que o município de Curitiba apresenta grande quantidade de eventos para esta categoria, porém com baixa intensidade.

Já a intensidade das chuvas para a categoria moderada não apresenta dinâmica específica, variando sazonalmente. Nota-se que os valores não apresentam grandes amplitudes. Diferentemente da análise de frequência, a qual apresentou dinâmica específicas de leste/oeste e grande amplitude nos dados. Os maiores registros foram encontrados na parte leste da Bacia, mais precisamente no município de São José dos Pinhais, e os menores registros concentraram-se ao sudoeste, nos municípios de Araucária, Contenda e Campo Largo.

A categoria intensa apresentou dinâmica diferenciada para os dados de intensidade, apresentando os maiores valores, na maioria das vezes, na porção centro-leste da Bacia, mais precisamente nos municípios de Curitiba e São José dos Pinhais, porém com amplitude pequena entre os dados. Já os mapas de frequência, para esta categoria, apresentaram os maiores valores no município de São José dos Pinhais e os menores nos municípios ao oeste, como Araucária, Contenda e Campo Largo.

A intensidade para a categoria muito intensa apresentou dinâmica de leste/oeste, sendo os municípios ao leste, como São José dos Pinhais, apresentando os maiores valores; já os municípios ao sul e ao nordeste, como Mandirituba, Colombo e Piraquara, apresentam os menores valores. Realizando uma comparação com os

dados de frequência, nota-se que as áreas que apresentaram as maiores intensidades também foram as áreas que apresentaram as maiores frequências, dessa forma, o município de São José dos Pinhais além de apresentar grande frequência de chuvas, também apresentou os maiores valores de intensidade; já os municípios ao sul e nordeste, como Piraquara, Colombo, Contenda e Araucária, apresentaram os menores índices de intensidade e frequência.

Analisando os mapas de intensidade para a categoria extrema, nota-se que a dinâmica permanece de leste/oeste, com exceção para a estação da primavera. Os maiores valores permaneceram registrados no município de São José dos Pinhais e os menores ao sul, nos municípios de Mandirituba e Contenda. Para a análise de frequência, nota-se que para a primavera, os maiores valores foram registrados ao norte, e para a intensidade, os menores valores foram registrados ao norte, dessa forma, os eventos extremos acontecem com mais intensidade, porém com menor frequência para a primavera. Já o verão apresentou as maiores frequência dos eventos na parte leste e esta também apresentou as maiores intensidades. Durante o outono, a intensidade foi maior na porção leste da Bacia, porém esta porção apresentou as menores frequências; já as maiores frequência ocorreram na porção norte. Já durante o inverno, os maiores registros de intensidade foram registrados ao leste, onde foram registrados os menores valores de frequência. Já a porção oeste apresentou os maiores valores de frequência, onde foram registrados os menores valores de intensidade.

Durante a análise comparativa entre os dados de frequência e intensidade, onde estas se mostraram complementares, nota-se que existe uma variabilidade maior em relação à frequência que em relação à intensidade para a área de estudo. A análise espacial para os dados de frequência é mais marcada de leste/oeste e isso não foi observado para os dados de intensidade.

Outro ponto a ser levantado é em relação à variação dos dados; nota-se que os dados de frequência possuem maior amplitude sazonal e geralmente durante o verão e primavera há maior registro de dados que o outono e o inverno (salvo as primeiras categorias de chuva). Já durante a análise da intensidade esta diferença não foi nítida, nota-se pouca variância dos registros entre as estações do ano.

Já em relação à concentração da precipitação, nota-se que o município de Curitiba apresentou a maior concentração da precipitação para os 31 anos de análise, seguido pelo município de Colombo. Na análise sazonal da concentração da

precipitação, esta apresentou dinâmica espacial semelhante para ambas as estações: a porção norte apresentou os maiores valores e a porção noroeste apresentou os menores índices. As maiores diferenças foram encontradas em relação aos valores apresentados para cada uma das estações do ano. O outono e o inverno apresentaram os maiores índices, sendo considerados altos, já a primavera e o verão apresentaram os menores índices, dessa forma, pode-se concluir que a concentração da precipitação é maior durante o outono e inverno, apresentando chuvas menos intensas, porém mais constantes.

Analisando a duração média das sequências chuvosas, nota-se que as maiores médias estão localizadas ao leste da Bacia e as estações que apresentaram as menores médias estão as localizadas ao centro-oeste da Bacia, como Araucária, Campo Largo/Don e Contenda. É interessante apontar que os mapas de frequência para as categorias total, moderada, intensa, muito intensa e os mapas de intensidade para as categorias muito intensa e extrema apresentaram a mesma dinâmica de leste/oeste. Dessa forma, pode-se afirmar que a frequência está associada à duração média das sequências chuvosas e, por consequência, apresentam mapas com dinâmicas muito semelhantes. Analisando as sequências chuvosas de maior duração, nota-se que a maioria das sequências ocorreram durante os meses de verão das décadas de 1980 e 1990. As sequências chuvosas mais extensas oscilaram, com o valor máximo de 30 dias para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana e o valor mínimo de 11 dias na estação de Campo Largo/Itaqui.

Analisando o número de sequências chuvosas iguais ou superiores a quatro, sete e dez dias, nota-se que a dinâmica espacial mostrou-se semelhante. Para a análise dos quatro dias, tanto a porção leste como a porção norte apresentaram valores semelhantes, e observou-se grande variabilidade entre os dados. Já para a análise da sequência dos 7 dias, a variabilidade entre os dados diminuiu em comparação à classe acima. Já observando a sequência de dez dias com chuvas, nota-se que a maioria dos dados encontrou entre 01 e 10 registros, não havendo grande variabilidade.

Observando a análise do Tempo de Retorno, conclui-se que a Bacia do Alto Iguaçu possui valores distintos perante a análise dos valores máximos anuais e que estas estimativas fornecem valores mais seguros de precipitações diárias máximas prováveis. A diferença entre os valores extremos de precipitações máximas para diferentes estações pluviométricas para um mesmo TR na área estudada ultrapassou

30% da menor intensidade. Isto evidencia a necessidade do conhecimento da precipitação máxima local, a qual podem ser usadas para auxiliar no planejamento de obras de engenharia hidráulica e agrícola na região. Dessa forma, as regiões leste e sudeste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas maiores, enquanto as regiões oeste e noroeste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas menores para um mesmo valor de TR.

O TR para 5 anos oscila entre 87,9 mm para São José dos Pinhais/Fazendinha a 115,7 para o mesmo município para a estação de Guaricana. Já para o período de 10 anos, o maior valor esperado é para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana, com 131,2 mm e a mínima para a estação de Porto Amazonas, com 98,8 mm, registrando uma diferença de 32,4 mm entre a máxima e a mínima apresentada. Para o TR de 50 anos, os valores oscilam entre 118,7 mm para o município de Porto Amazonas e 165,5 mm para o município de São José dos Pinhais/Guaricana. Para o período de 100 anos, oscilaram entre 127,1 mm para o município de Porto Amazonas e 180 mm para a estação de São José dos Pinhais/Guaricana, havendo uma diferença de 53,9 mm entre estas duas estações. O TR para 200 anos oscila entre 135,5 mm para o município de Porto Amazonas e 194,5 mm para o município de São José dos Pinhais, estação de Guaricana. E por fim, no Tempo de Retorno para 500 anos, os valores oscilam entre 146,6 mm para o município de Porto Amazonas e 213,5 mm para a estação de Guaricana, localizada em São José dos Pinhais.

Em relação à análise do percentil 95%, nota-se que os valores encontram-se entre 22 e 30,5 mm, sendo que o menor registro foi na encontrado na estação de Ouro Fino/Campo Largo e Mandirituba (22 mm) e o maior valor foi registrado na estação de Guaricana (30,5 mm), em São José dos Pinhais. Em relação ao teste de tendências, o qual verificou a evolução do percentil ao longo dos anos, nota-se que das dezoito estações analisadas, seis apresentam tendência crescente significativa de evolução do percentil 95% e apenas uma apresenta tendência significativa decrescente, porém este fato não refletiu na análise de tendência do total de chuva anual.

Posteriormente, foram analisados os valores do percentil 99%. Nota-se que os valores encontram-se entre 43 e 60 mm, sendo que o menor registro foi na estação de Ouro Fino (43,6 mm), pertencente à cidade de Campo Largo, e o maior valor foi registrado na estação de Guaricana, em São José dos Pinhais (60,5 mm), igualmente aos dados do percentil 95%. Observando os resultados do teste de Mann-Kendall para percentil 99%, nota-se que das dezoito estações analisadas, apenas duas

(Mandirituba e Palmeira/Colônia) apresentam tendência crescente significativa boa (95%), representando 11,1% do total analisado, diferentemente da análise de tendência para o percentil 95%, onde 33,3% das estações apresentaram resultados positivos. Essa relação entre os percentis 95% e 99% demonstra que os eventos muito chuvosos, percentil 95%, apresentam maior tendência significativa positiva que os eventos extremamente chuvosos, percentil 99%.

Em seguida, foi analisado o número de eventos totais iguais ou superior ao percentil 95%. Nota-se que as regiões noroeste, norte e nordeste da Bacia apresentam os maiores registros de dias com precipitação igual ou acima do percentil 95% e a porção sul apresentou os menores valores. Aplicando o teste de Mann-Kendall para estes dados, apenas 5 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 27,7% do total de estações analisadas.

A análise do total de dias iguais ou superior ao percentil 99% mostrou que as porções sudoeste, oeste e noroeste da Bacia apresentaram os maiores registros. Comparando estes dados com os do percentil 95%, nota-se que os eventos se distribuem de maneira distinta. Nota-se que os eventos muito chuvosos, com os valores do percentil igual ou acima de 95%, com média de 25 mm diário, possuem dinâmica crescente de sul a norte da Bacia. Já a dinâmica dos dias com eventos extremamente chuvosos, igual ou acima do percentil 99%, com média de 50 mm, possui dinâmica crescente de leste para oeste, principalmente nos municípios de Contenda e Campo Largo.

Em relação à análise do percentil 95% para os eventos da primavera, nota-se que a porção norte da Bacia apresentou o maior número de eventos e a porção sul, o menor número. Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de primavera, nota-se que 7 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações estudadas. Esta análise é significativa, pois, em contrapartida à análise de tendência para os dados totais, esta apresentou tendência positiva de 27,7% das estações analisadas, desta forma, nota-se que a maioria dos eventos ocorreu durante a década de 2000. Observa-se também que as estações que exibiram tendência positiva significativa para a frequência de eventos também se revelaram com tendência significativa de aumento na chuva anual.

A análise espacial para o percentil 99% para os eventos da primavera mostrou-se distinta em comparação à espacialização dos dados para o percentil 95%. A princípio, as porções sudoeste e norte, onde se encontram os municípios de Colombo

e Curitiba, apresentam os maiores registros para os eventos muito chuvosos (percentil 95%), já os eventos extremamente chuvosos (percentil 99%), concentram-se nas porções sudoeste e norte (Mandirituba, Fazenda Rio Grande, Contenda, Araucária e Campo Largo, Almirante Tamandaré e Colombo). Já a porção sul revelou a menor frequência para a análise do umbral 95% e ao leste apresentou os menores valores para o limiar 99%. Aplicando o teste de Mann-Kendall para o número de evento \geq do percentil 99 para a primavera, nota-se que 07 estações apresentam tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações avaliadas.

Durante os episódios de verão, para o percentil 95%, nota-se que a porção leste da Bacia apresenta maior número de dias de precipitação acima do percentil 95%; já a parte sudoeste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação. De acordo com a análise, nota-se que o maior número de eventos se concentra na década de 1990, diferentemente da primavera, onde os maiores registros foram na década de 2000, desta forma, a estação de verão se destaca como a que possui maior número de eventos \geq ao percentil 95%, com 3.175 registros contra 2.802 da primavera. Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos, nota-se que apenas 03 estações apresentaram tendências significativas, representando 16,6% das estações estudadas contra 07 estações com tendências positivas significativas para a primavera, representando 38,8% do total. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 95%.

Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para os meses de verão, o qual apresentou apenas uma estação com tendência positiva significativa para o aumento no total de chuva sazonal. Nota-se que o verão não segue a mesma lógica da primavera, onde 04 estações apresentaram tendência positiva significativa para o total precipitado. Desta forma, conclui-se que os meses de primavera revelaram maior número de estações com tendência significativa de aumento na chuva anual, assim como para a frequência no número de eventos.

Analisando os resultados do verão para o percentil 99%, nota-se que a porção leste apresentou o maior número de eventos, em contrapartida, a porção sudoeste apresentou os menores eventos. Analisando os eventos por década, nota-se que, novamente, a década de 1990 apresentou os maiores eventos e que os anos de 1995 e 1997 se destacaram. Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos, nota-se que apenas 02 estações apresentaram tendências significativas. A estação de

Contenda apresentou tendência negativa de precipitação de 90%, já a estação de Mandirituba apresentou tendência positiva de 95%. O mesmo teste foi aplicado para os registros de primavera para o mesmo percentil e o mesmo período. Nota-se que esta análise apresentou 07 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% do total. Em contrapartida, o verão apresentou apenas 01 estação com tendência positiva, representando 5,6% das estações estudadas. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 99%.

Os resultados para a análise do percentil 95% para os eventos no outono mostrou que a porção norte da Bacia apresentou maior número de dias com precipitação acima do percentil 95%, já a parte leste apresentou menor frequência. De acordo com o mapa, os dados variam de 105 a 130 eventos, diferentemente do verão, que variou entre 165 e 210 eventos e da primavera, que oscilou entre 145 e 175 casos para os 31 anos de análise. Este análise diferencia-se do mapa de distribuição para os eventos do verão, no qual as porções leste e sudeste da Bacia apresentaram o maior número de dias com precipitação (95%), porém aproximou-se da análise dos totais e da primavera, onde o maior número de eventos foi registrado na parte norte da Bacia. Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de outono, nota-se que apenas 01 estação apresentou tendência positiva significativa de 90%, representando 5,6% do total de estações, em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foram de 27,7% das estações analisadas. Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Kendall para o total anual de precipitação para os meses de outono (março, abril e maio). Nota-se que apenas uma estação apresentou tendência positiva significativa de 90% para o aumento no total de chuva para os respectivos meses.

De acordo com a análise da frequência para eventos do outono para o percentil 99%, nota-se que a dinâmica mostra-se semelhante à análise do percentil 95% para o mesmo mês. A porção norte da Bacia apresentou maior número de dias de precipitação acima do percentil 99% e ao leste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 99%. Aplicando o teste de Mann-Kendall para os eventos, nota-se que apenas 02 estações apresentaram tendências significativas, representando 11,2% das estações estudadas. O mesmo teste foi aplicado para os registros da primavera e verão para o

mesmo percentil e para o mesmo período. Diante desta análise, nota-se que a primavera apresentou 07 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% do total; já o verão apresentou 02 estações com tendências positivas significativas, representando 11,2% do total. Dessa forma, é importante salientar que, sazonalmente, a estação da primavera revelou maior número de estações com tendência significativa de aumento de eventos \geq ao percentil 99%.

Realizando a análise para o percentil 95% para os eventos do inverno, nota-se que os dados variam de 90 a 135 eventos para os 31 anos de análise, sendo a porção oeste da Bacia considerada a com o maior número de eventos e a porção sudeste se mostrou a com menor número de eventos. É interessante salientar que esta análise mostra-se oposta ao mapa total, onde a área com menor número de casos foi justamente a área com maior número de casos para o inverno. Comparando os dados do inverno e outono com os da primavera, nota-se que no inverno e no outono, os registros foram menores sendo, respectivamente, de 596, 763 e 590 no inverno e 715, 712 e 606 no outono, contra 720, 969 e 1.134 na primavera. De acordo com esta análise, nota-se que a primavera foi a única estação que apresentou o maior número de dados na década de 2000, apresentando três anos acima da média (2002, 2005 e 2009). É importante salientar que os eventos no inverno correspondem a 19,3%, enquanto o outono foi responsável por 20,6% e a primavera por 27,4% do total dos registros.

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de inverno, nota-se que apenas 01 estação apresentou tendências positivas significativas, representando 5,6% das estações estudadas. Realizando uma comparação sazonal para o percentil 95%, nota-se que a primavera apresentou 07 estações com tendências positivas significativas, representando 38,8% das estações estudadas. Já o verão apresentou 03 estações com tendências significativas, representando 16,6% das estações utilizadas. O outono, apresentou apenas 01 estação com tendência positiva significativa de 90%, igualmente ao inverno, representando 5,6% do total de estações, em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foi de 27,7% das estações analisadas. Posteriormente, foi aplicado o mesmo teste para o total sazonal de precipitação para o inverno e, de acordo com o teste, nenhuma estação apresentou tendência positiva significativa para o aumento no total de chuva para os respectivos meses.

A análise do inverno para o percentil 99% revelou que os municípios ao sudoeste apresentaram os maiores registros, já a parte sudeste e norte apresentaram as menores frequências em relação ao número de dias com precipitação. Realizando uma comparação entre os mapas sazonais primavera/verão/outono para o percentil 99%, nota-se que as áreas com maior frequência para a primavera estão localizadas nos municípios ao sudoeste e ao norte da Bacia e os menores registros encontram-se ao sudoeste, enquanto para o verão as áreas com maior frequência estão localizadas ao leste e as menores ao oeste. Já para o outono, a porção norte da Bacia apresentou maior número de dias de precipitação acima do percentil 99%, já a parte leste apresentou menor frequência em relação ao número de dias com precipitação acima do percentil 99%.

Aplicando o teste de Mann-Kendall para os dados de inverno, nota-se que 05 estações apresentaram tendências negativas significativas, representando 27,7% do total de estações analisadas, em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foram de 27,7% das estações analisadas, porém positivas. Esta análise é significativa, pois no inverno e no outono apenas 2 estações apresentaram tendências positivas significativas, representando 11,1% do total de estações analisadas. Em contrapartida, a análise de tendência para os dados totais foi de 27,7% das estações analisadas, este fato demonstra que a primavera é, sazonalmente, a estação do ano que mais apresentou tendência positivas significativa.

Analisando a correlação linear entre as anomalias positivas para o ENOS 3.4 com o Índice de Precipitação Padronizado positivo (+IPP), nota-se que o valor do R de Pearson foi de 0,51, apresentando, assim, uma correlação entre eventos de El Niño e eventos significativos positivos de pluviosidade. Para comprovar se esta correlação é significativa, foi aplicado o teste de hipótese chamado p-valor, o qual verifica o valor da correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra, permitindo assim, rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra. Segundo o teste, a correlação entre os eventos de El Niño e os principais eventos positivos de precipitação é fortíssima.

Posteriormente, foi analisando o resultado da correlação linear negativa entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP-) e as Anomalias Negativas, nota-se que o valor do R de Pearson foi de -0,33, apresentando, assim, uma correlação entre eventos de La Niña e eventos significativos negativos de pluviosidade. Foi aplicado o p-valor (também conhecido como teste de hipótese) para o valor de correlação linear

de Pearson e o tamanho da amostra e, segundo o teste, a correlação entre os eventos de La Niña e os principais eventos negativos de precipitação é forte.

Analisando o resultado da correlação linear positiva entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP +) e as Anomalias Positivas da Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul (TAS), nota-se que o valor de R de Pearson foi de 0,46, apresentando, assim, uma correlação entre a Temperatura Superficial no Mar/Atlântico Sul e eventos significativos positivo de pluviosidade. Posteriormente, foi aplicado o p-valor para o valor de correlação linear de Pearson e o tamanho da amostra e, segundo o teste, a correlação entre a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e os principais eventos positivos de precipitação é fortíssimo.

Analisando o resultado da correlação linear negativa entre Índice de Precipitação Padronizado (IPP -) e as Anomalias Negativas da Temperatura Superficial do Mar/ Atlântico Sul (TAS), nota-se que o valor de R de Pearson foi de - 0,28, apresentando, assim, uma correlação entre a Temperatura Superficial no Mar/Atlântico Sul e eventos significativos negativos de pluviosidade. Posteriormente, foi aplicado o p-valor e, segundo o teste, a correlação entre a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e os principais eventos negativos de precipitação é substancial (significativa, porém baixa).

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida comprovou que os fatores estáticos e dinâmicos que influenciam a variabilidade pluviométrica da Bacia do Alto Iguaçu, nota-se a Bacia apresenta variabilidade pluviométrica e dinâmica sazonal diferenciada. A partir da análise das médias climatológicas, é notável esta evidência, onde a distribuição das médias estão associadas à influência direta dos sistemas atmosféricos atuantes de leste, como a Massa Tropical Atlântica, além de sofrer influência da vegetação e orografia. Já as estações ao oeste, estão localizadas próximas à Escarpa de São Luiz do Purunã, estando sob influência do efeito orográfico. Ou seja, o efeito orográfico é muito importante na área, tanto ao leste quanto ao oeste, assim como o corredor central da Bacia por onde escoam os sistemas atmosféricos. Dessa forma, a Bacia do Alto Iguaçu está compreendida entre a Serra do Mar e a Escarpa de São Luiz do Purunã, sendo que entre estas duas está compreendida a calha do Rio Iguaçu, onde, associada à alta velocidade do vento, com entrada sudoeste, se torna favorável a entrada de massas de origem continental. Em relação à análise de tendência para os totais pluviométricos sazonais, a estação da primavera apresenta tendências significativas. Correlacionando este dado com a literatura existente, nota-se que este resultado é compatível com os estudos de Grimm (1998 e 2009), que salienta que durante esta estação ocorreu significativas oscilações interanuais de chuva em razão dos episódios de El Niño – Oscilação Sul (EN) e que a primavera é o início da estação chuvosa em grande parte do Brasil, apresentando a mais forte correlação com as anomalias de TSM associadas a ENOS, comprovando que esta estação é a mais propícia às teleconexões com o Oceano Pacífico Tropical. Em razão dessa forte teleconexão, o impacto de ENOS sobre as precipitações no Sul do Brasil é mais evidente nesta estação.

Correlacionando, ainda, as tendências para os totais pluviométricos sazonais para a primavera com as tendências para a análise da frequência para o percentil 95% e 99%, nota-se que a primavera apresentou tendência positiva significativa para sete estações análises, isso demonstra que a tendência foi mais significativa para episódios extremos de precipitação do que para o total pluviométrico sazonal. Novamente, a análise confirma o padrão exposto na literatura estudada, onde Grimm e Tedeschi (2009) concluem que existe correlação entre os episódios de ENSO e aumento na frequência de eventos extremos. Porém, o mesmo não ocorre significativamente para

os eventos intensidade de precipitação extrema (precipitação média durante eventos extremos). Dessa forma, conclui-se que a Bacia do Alto Iguaçu apresenta conformidade com os dados expostos acima.

Em relação à análise da frequência e intensidade, foi observado que existem diferenciações espaciais em virtude das classes analisadas. A classe ligeira ocorre com maior frequência na porção norte da Bacia, especialmente no município de Curitiba; este tipo de chuva pode estar relacionado a uma causalidade entre os altos índices de poluição atmosférica registrados nas grandes metrópoles, à intensificação da ilha de calor e ao efeito da rugosidade decorrente do processo de verticalização. Já as classes de chuva moderada, intensa e muito intensa encontram-se com maior frequência na parte leste da Bacia, sendo que estes eventos estão associados à orografia. De acordo com Silva (2006), o regime de precipitação da porção leste do Estado do Paraná é regulado pela orografia e pela brisa marítima, portanto, chove mais em maiores altitudes. Já a classe de chuva extrema possui espacialidade diferenciada das demais, respeitando uma sazonalidade.

Correlacionado as classes de frequência com as classes de intensidade para a categoria ligeira, nota-se que o município de Curitiba apresenta alta frequência para esta categoria, porém com baixa intensidade. Este panorama permanece para a maioria das classes analisadas, onde se observou que as áreas com maior frequência foram as áreas com menores intensidade, dessa forma, conclui-se que estas variáveis são inversamente proporcionais. A única classe que não está inserida dentro deste panorama é a muito intensa (15 mm/24h até o percentil 95%), na qual as áreas que apresentaram as maiores intensidades também foram as áreas que apresentaram as maiores frequências.

Já a concentração da precipitação, apresentou associação com as classes de frequência da precipitação. Nota-se que para a precipitação ser concentrada, ela necessita ocorrer com maior frequência do que intensidade. Este fato evidencia-se quando se analisou a concentração da precipitação sazonal. O inverno e o outono apresentaram maiores valores de CI que a primavera e o verão, e este fato justifica-se através da maior ocorrência de precipitação nas classes inferiores, desde 0,1 mm a 5mm/24h.

A análise da persistência das chuvas mostrou que existe um padrão leste/oeste onde as chuvas na porção leste apresentam-se mais persistentes que na porção oeste. Novamente, esta variável está relacionada à frequência dos eventos. A maioria

dos eventos que apresentaram as maiores sequências, ocorreram durante o verão, sendo que nove eventos ocorreram na década de 1980, oito na década de 1990 e apenas um na década de 2000. Este fato pode estar atrelado à maior ocorrência de El Niño durante as décadas de 1980 e 1990, nas quais foram observados 3 eventos classificados como forte.

Diante destas observações, nota-se que a área de estudo, apesar de ser considerada pequena, possui variabilidade espaço-temporal e apresenta características heterogêneas em relação à distribuição anual e sazonal das chuvas.

O cálculo do período de retorno tornou-se fundamental para o conhecimento da precipitação diária máxima provável, pois em muitos casos, a precipitação máxima de uma dada estação é tomada como referência de um ponto amostral, tornando o dado não representativo. Observando a análise, nota-se que esta informação é coerente, pois tomando os dados máximos da precipitação diária de cada uma das estações, notou-se que estes variaram conforme a sua localidade. A parte leste da Bacia apresentou os maiores valores de Tempo de Retorno, em contrapartida, a porção oeste os menores; este fato está associado às dinâmicas climáticas expostas acima e às chuvas de caráter orográfico.

O método estatístico utilizado (Mann-Kendall) para análise de tendência climática apresentou resultados interessantes. Para a análise da evolução percentil 95%, nota-se que seis estações apresentaram tendências significativas positivas e apenas uma apresentou tendência negativa, em contrapartida, apenas duas estações apresentaram tendência significativa para o percentil 99%. Dessa forma, conclui-se que para a Bacia do Alto Iguaçu, os valores estimados para percentil 95% estão aumentando com o passar dos anos, já os valores para o percentil 99% não sofreram aumento ao longo das décadas. Este resultado torna-se interessante ao se levar em considerações as inundações bruscas e graduais, pois em muitos casos este tipo de inundação ocorre em dias consecutivos com chuva. Segundo Lohmann (2011), nota-se que existe certo padrão de chuva para as sub-bacias localizadas dentro da Bacia do Alto Iguaçu e que a chuva de maior importância é exatamente a que ocorre no dia do evento do alagamento, com valores precipitados em torno de 20 mm para as últimas 6 horas, podendo ultrapassar 60mm/6h. O pico no primeiro dia anterior ao do evento também possui importância significativa, já que se verifica valores de chuva que podem ultrapassar 30mm/6h.

Analisando a frequência total de eventos igual/acima do percentil 95%, nota-se que a década de 1990 se sobressaiu, registrando 3.675 eventos, seguida pela década de 2000, com 3.281 eventos e a década de 1980 registrou 2.910 eventos. Aplicando o teste de tendência, nota-se que cinco estações apresentaram tendência positiva significativa, mostrando que os eventos acima deste percentil aumentaram ao longo destes 30 anos de análise. Já a análise da frequência para o total de eventos igual/acima do percentil 99% mostrou que apenas uma estação apresentou tendência positiva significativa. Deste modo, conclui-se que os eventos acima do percentil 95% vêm aumentando ao longo destes 30 anos de análise, diferentemente do percentil 99%, que não mostrou aumento ao longo das décadas.

Com o intuito de uma análise mais completa, foram analisadas as frequências dos eventos extremos sazonalmente. Esta análise apontou que a primavera se sobressaiu em relação ao número de estações que apresentaram tendências positivas significativas de precipitação acima dos percentis 95% e 99%, apresentando sete estações com tendências para ambos os percentis. Em relação ao total precipitado para este período, nota-se que apenas quatro estações apresentaram tendências positivas, dessa forma, conclui-se que o aumento da frequência no número de eventos não afetou de forma significativa o total precipitado. Sendo assim, a análise deduz que os eventos extremos tornaram-se mais frequentes e mais intensos.

O mesmo padrão não foi observado nas análises para as outras estações do ano. O verão apresentou três estações com tendências positivas para o percentil 95% e duas para o percentil 99%, apresentando apenas uma estação com tendência para a análise dos totais; já o outono apresentou apenas uma estação com tendência para o percentil 95% e duas para o percentil 99%.

O inverno apresentou padrão distinto perante as outras estações analisadas, sendo que apenas uma estação apresentou tendência positiva significativa para o percentil 95% e cinco estações com tendências negativas para o percentil 99% e, analisando os totais pluviométricos, nenhuma estação apresentou tendência significativa. Segundo as projeções do IPP, o inverno (meses de junho, julho e agosto, de 2020) apresentaria regimes de chuva com índices pluviométricos que oscilariam entre -5% e 3%, sendo assim, através do método de Mann-Kendall, as tendências para a área de estudo são nulas para os totais pluviométricos e negativas em relação à frequência.

Dessa forma, a tese conclui que para a Bacia do Alto Iguaçu, apenas a estação da primavera apresenta conformidade com as informações expostas pelo IPCC, o qual sugere o aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos. É sabido que o período considerado para a análise é pequeno em consideração às escalas trabalhadas pelas mudanças climáticas, porém é notório que parte das tendências detectadas na precipitação podem ser explicadas por mudanças de fase em oscilações interdecadais e oscilações intra-anuais, dessa forma, os resultados foram trabalhados em conformidade de conceito, acreditando que a área de estudo apresenta uma variabilidade natural, a qual está sujeita a variações no ritmo climático.

Os resultados de correlação entre os índices de precipitação e as anomalias de ENOS 3.4 mostraram que existe uma correlação significativa entre os eventos positivos de precipitação e os eventos de El Niño para a área de estudo, assim como para a Temperatura Superficial do Mar/Atlântico Sul e que o período de defasagem para o primeiro evento não passa de seis meses. Dessa forma, o estudo apresenta conformidade com as informações expostas na bibliografia estudada.

No geral, os resultados corroboram para o melhor entendimento da gênese das chuvas na Bacia do Alto Iguaçu, onde se encontra grande parte da população da Região Metropolitana de Curitiba. O estudo teve como objetivo colaborar com a avaliação dos impactos regionais e locais perante os eventos de mudanças climáticas e possíveis estudos de análise dos desastres associados ao aumento da precipitação e às chuvas intensas que atingem a Mesorregião Metropolitana de Curitiba, assim como evidenciar a influência das teleconexões na variabilidade climática.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. A percepção de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Brasília), v.36, n.5, p.717-726, 2001.

BARREIRO, M.; CHANG, P.; SARAVANAN, R. Variability of the South Atlantic Convergence Zone simulated by an Atmospheric General Circulation Model. **Journal of Climate**, v. 15, p. 745-763, abr. 2002.

BEGUERIA, S. & LORENTE, B. 1999. Distribución espacial del riesgo de precipitaciones extremas en el Pirineo Aragonés Occidental. **Geographicalia**, ed. 37 p. 1-15.

BENHAMROUCHE, A. **Análisis de la concentración diaria de la precipitación en la Cuenca del Mediterráneo Occidental**. Tesis (Doctorado en Geografía). Programa de Doctorado en Geografía, Planificación Territorial y Gestión Ambiental da Universidad de Barcelona, Barcelona-España. 2014 Disponível em: . Acesso em: 28 mar. 2015.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no Oeste Paulista e Norte do Paraná**. 379 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2007.

BERLATO, M. A. The climate forecasting application in the decision-making process for the southern region of Brazil. In: **Workshop report on ENSO and seasonal to interannual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision making process**. Florianópolis, Santa Catarina, Brazil, 1992 p. 14-16.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BRYANT, E. A. **Natural hazards**. New York: Cambridge, 1993. 294 f.

BROOKS, C. & CARRUTHERS, N. 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology. Meteorological Office: London.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Frentes frias sobre o Brasil**. In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J.; Justi da Silva, M. G. A.; Silva Dias, M. A. F. (Eds.) Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos. 2009. p.135-148.

CLARK, W. A. V. and HOSKING, P. L.: Statistical methods for geographers. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1986.

COSTA, A. C.; SOARES, A. Trends in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. **International Journal of Climatology**, v. 29, p.1956–1975, 2009.

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R. & MAYS, L.W. 1993. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, 580 p

DIAS, J.; SANTOS, L. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. Confins, número 1, 2º semestre, 2007.

DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. 1994. Belo Horizonte. In: **Anais Congresso Brasileiro de Meteorologia 8., e Congresso Latino - Americano de Meteorologia**, São José dos Campos: INPE, v.1, 1994 p. 498-501.

DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans..**Journal of Climate**, v. 11, n. 2, 1998 p. 251-171.

ENFIELD, D. B. e MAYER, D. A. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. 1997 J. Geophys. Res., 102, p.929-945.

EVERITT, B.S.; GRAHAM, D. Applied multivariate data analysis. Edward Arnold. USA, British Library Cataloguing in Publication Data. ISBN 0 - 340 - 54529-1, 1991.

FERREIRA, N.J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M.A.F. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 2004 p. 89-98.

FISCH, G; VALÉRIO, M. C. Variabilidade intra e interanual da precipitação em Taubaté-SP associado aos eventos El Niño e La Niña. **Revista Biociências**, v. 11, n. 1-2, jan./jun. 2005. p. 19-29.

FISHER, R. A. Statistical methods for research workers, 12th edition. New York, Hafner, 1954.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, 1997. p. 127-132.

FONTANA, D. C.; BERLADO, M. A. Relação entre El Niño- Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.31, 1997. p.39-46.

GABRIEL, K. R. & NEWMANN, J. **A Markov chain model for rainfall occurrence**. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 88: 1962 p. 90-95.

GARCÍA, A. E. Distribución de la precipitación en la República de Mexicana. Investigaciones geográficas. Instituto de Geografía, UNAM, México P. Boletim n. 50 2003 p.67- 76.

GARRIDO, A. R. Limitaciones de la Distribución de Gumbel en la valoración del riesgo de lluvias fuertes: caso de un observatorio del litoral Mediterráneo. Valencia, España. 1992.

GILBERT, R. O. Statistical methods for environmental pollution monitoring. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 69-92.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v.4, 1986.

GRIMM, A. M.; FEUSER, V. R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. In: **X Congresso Brasileiro de Meteorologia** 10, Brasília, 1998. Anais. São José dos Campos: INPE, 1998. [CD ROM]

GRIMM, A. M.; A. K. GUETTER and. CARAMORI, P. H. El Niño no Paraná – o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica. Informativo No. 1. Curitiba, Simepar. 1997

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R. Processes leading to precipitation anomalies in Southern South America during El Niño and La Niña cycles. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.

GRIMM, A. M.; SANT'ANNA, C. L. S. Influência de fases extremas da Oscilação Sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. Rio de Janeiro, 2000,. In: **Anais XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro: Sbmec, 2000. 1 CD-ROM.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**. v. 25, n. 4, p. 537-554, DOI: 10.1007/s00477-010-0420-1, 2011.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009.

GUIJARRO, J. A. CLIMATOL – Software Livre Para Depuración y Homogeneización de Datos Climatológicos. El clima, entre el mar y la montaña (García-Codron et al., eds.). **Asociación Española de Climatología**, A-4: p. 493-502, 2001.

GUIJARRO, J. A. Climatol: Software Libre para la Depuración y Homogeneización de Datos Climatológicos. Centro Meteorológico en Illes Balears, **Instituto Nacional de Meteorología**. Publicado en: García Codron, J. C.; Diego Liaño, C.; Fdez. Arróyabe Hernández, P.; Garmendia Pedraja, C. y Rasilla Álvarez, D. (Eds.). El Clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria. Santander: Serie A, n. 4, 2004. p. 493-502.

Gumbel, E.J.. Statistics of extremes. Columbia University Press, New York. 375p.1958
HAYLOCK, M.; NICHOLS N. "Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998." International Journal of Climatology 20:1533–1541. 11, 25, 57. 2000.

HERNANDES, J.F.M. **Eventos máximos de Precipitação e sua repercussão no espaço urbano de Curitiba**. Monografia do bacharelado em Geografia-UFPR, 2001.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

HERREZUELLO, M. da C. G. **Un Estudio de la Variabilidad Climática en la Península Ibérica**. 344f. Tese de Doutorado em Ciências Físicas, Universidad de Extremadura. 2003.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Relations of South American Summer Rainfall Interannual Variations With the Pacific Decadal Oscillation. In: **Journal of Climate**, v. 27, 4, 2006, p. 531 – 540.

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. 4^a ed., London: Charles Griffin, 1975.

KULATHINAL, S.B. & GASBARRA, D. Testing equality of cause-specific hazard rates corresponding to m competing risks among K groups. Lifetime Data Analysis, 8: .2002 p.147-161.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. Econometrica, vol. 13, n. 3, 1945 p. 245- 259 p. The Econometric Society.

MARTÍN-VIDE, J. **Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica.** Barcelona, Institut Cartografic de Catalunya 1987. p. 245

MARTÍN-VIDE, J. El temps i el clima. Barcelona, Departament de Medi Ambient i Rubes, 2002 p.127.

MARTÍN-VIDE, J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. International Journal of Climatology, 24: 959-971. 2004

MARCONDES, E. Desvio Padrão Vs. Percentil. **Pediat.**, São Paulo/SP, vol. 1. n.1, p. 148 - 158, 1979.

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas –GPMC.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. Centro de Ciências do Sistema Terrestre -CCST Número 8 - Maio de 2009 - Edição Especial.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. Caracterização do clima de referência e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI: **Sumário Técnico.** Brasília, DF: MMA, SBF, DCBio, 2007. p. 50.

REBELLO, E. R. G. **Oscilação decadal do pacífico e sua possível influência no regime de precipitação do rio grande do sul.** Asociación Meteorológica Española.

Disponível em: <http://www.ame-web.org/JORNADAS/1D_Rebello.pdf>. Acesso 22 jul. 2015.

MANTUA, N. J; HARE, S. R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**. V. 58, n. 1, feb, 2002. p. 35-44. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/5xm9ngv5fn5dc2r7/fulltext.pdf>>. Acesso: 14 mai. 2015.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 5, n. 1, 2004. p. 11-18.

MELLO, M. P.; PETERNELLI, L. A. **Conhecendo o R: uma visão mais que Estatística**. Viçosa-MG: Editora UFV, p. 222. 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. **Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná**. Rev. Ceres, Viçosa, v. 58, n.5, 2011 set/out. p. 593-602.

MORAES, J. M. *et al.* Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: Anais **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11. SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2**, Recife. Anais Recife: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. p.27-32.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima da região Sul**. In: _____. IBGE, Geografia Regional do Brasil. Região Sul, Rio de Janeiro, IBGE, 1963 p. 117-169.

_____. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Ed.). **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I, p.114-166, 1968.

_____. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F (Orgs). **Clima Urbano**. São Paulo. Contexto. 2003, p. 9 – 68.

_____. **Análise rítmica em Climatologia**. São Paulo: USP/IG. Climatologia 1. 1971.

_____. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. São José dos Campos – CPTEC/INPE. In: **Climanálise**, ano 3 n. 1, p 1 - 5. Ago/2005.

_____. Aquecimento global: uma visão crítica. In: **Revista brasileira de climatologia**, v.3/4, ago/2008a, p. 7-24.

_____. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3-4, 2008b, p. 117-128.

_____. **Aquecimento global: Natural ou Antropogênico**. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~laam/palestra/08.pdf>. Acesso: 28 jul. 2010.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 4, p. 2653-2675, 1981.

NASCIMENTO, J. L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 2013. 157 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.

NERY, J. T. **Estudio Climático de la Precipitación del Brasil Meridional Asociados con Extremos Extrarregionales**. (Tesis Doctoral). Buenos Aires – Argentina. 1996.

NERY, J. T. **Dinâmica climática da região sul do Brasil**. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p.61-75, 2005.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C. **Re-analysis of pluvial precipitation in Southern Brazil**. **Atmósfera (México)**, v. 27, p. 1-20, 2014.

OLIVEIRA, N.; FOGACCIA, C. V. C.; ALMEIDA, R. M. B. **Caracterização preliminar das chuvas intensas no Estado de São Paulo**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1998, Brasília. [CD ROM]

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e editora agropecuária. 2002.

PEZZI, L. P.; Cavalcanti, I. F. A. Precipitação sobre a América do Sul para uma situação de El Niño conjugada com dipolo positivo e negativo de TSM no Atlântico em simulações com o MCG CPTEC/COLA. Brasília,. 1998 In: **Anais X Congresso Brasileiro de Meteorologia** São José dos Campos: INPE, 1998. [CD ROM]

REBELLO, E. R. G. **Oscilação decadal do pacífico e sua possível influência no regime de precipitação do rio grande do sul**. Asociación Meteorológica Española. Disponível em: <http://www.ame-web.org/JORNADAS/1D_Rebello.pdf>. Acesso 20 jun. 2009.

Re M & BARROS VR (2009) Extreme rainfalls in SE South America. *Climatic Change*, 96:119-136.

RICHMAN, M. B. Rotation of principal componentes. *J. of Climatology*, 6, 1986 .p. 293-335.

ROBERTSON, A. W.; MECHOSO, C. R. Interannual and decadal cycles in river flows of Southeastern South America. **Journal of Climate**. American Meteorological Society. 1998, p. 2570 – 2581.

Disponível em:

[http://www.atmos.ucla.edu/~mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Interannual%20and%20Decadal%20Cycles%20\(98-4\).pdf](http://www.atmos.ucla.edu/~mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Interannual%20and%20Decadal%20Cycles%20(98-4).pdf). Acesso: 03 nov. 2009.

SALMI, T.; MÄÄTTÄ, A.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T.; AMNELL, T. *Makesens for detecting and estimating trends*. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 2002.

SANSIGOLO, C. A.; NERY, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: **Anais Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 10, Congresso da Flismet, 7, Brasília, 1998. Anais. Brasília: SBMET, 1998. p. 75-79.

SAREWITZ, D; PIELKE, JR R. Extreme Events: A Research and Policy Framework for Disasters in Context. **International Geology Review**. Disponível em: <http://www.cspo.org/products/articles/xepaperfinal.pdf>. Acesso 06 agosto 2015.

SCHOLZ, G.; QUINTON, J. N.; STRAUSS, P. Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. *Catena* **72**: 2008 p.91–105

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, vol. 63, n. 324, 1379-1389 p. 1968.

SILVA, I. F.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNCIO, J. G. Impacto das Mudanças Climáticas nas Respostas Hidrológicas do Rio Ipojuca (PE) – Parte 2: Cenários de Aumento de Temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)**. Recife-PE, Vol.2 (maio-agosto 2009). n.02.

SILVA, E.S. **Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões sudeste e sul do Brasil**. 211 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu, 2006.

TRENBERTH, K. E.; CARON, J. M. The Southern Oscillation Revisited: Sea level pressures, surface temperatures and precipitation. *Journal of Climate*, **13**, . 2000 p. 4358-4365.

TRENBERTH, K. E.; A. DAI, R. M. Rasmussen and D. B. Parsons. 2003. **The changing character of precipitation**. *BAMS* 84(9):1205–1217.

TODOROVIC, P.; WOOLHISER, D. A. A stochastic model of n-day precipitation. *J. Appl. Meteorol.*, 14: 1975. p.17-24.

TUCCI, C. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p.943.

VANHONI, J. F. **Fachada Atlântica Sul do Brasil: dinâmica e tendências climáticas regionais no contexto das mudanças globais**. 179 f. Dissertação de Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2009.

VÉLEZ-FLORES, A. **Características Climatológicas de la precipitación diaria en Puerto Rico**. Tesis de doctorado en Geografía. Departamento de Geografía Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Universitat de Barcelona. Barcelona, 2014. 248 p., Disponível em: . Acesso em: 27 mar. 2015.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. 272 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade de Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

ZHANG, X.; YANG, F. **Climate Research Branch Environment Canada**. Downsview (Ontario, Canada), User Guide R-ClimDex (1.0). p.22. 2004.

YEVJEVICH, V. **Probability and statistics in hydrology**. Fort Collins : Water Resources Publication, p. 276. 1972.

9.0 LISTA DE APÊNDICE

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Frequência total de dia com chuva					Proporção	Proporção	Proporção	Proporção
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	1034	727	1071	1369	4201	24,6	17,3	25,5	32,6
Araucária	Campina das Pedras	667	512	779	970	2928	22,8	17,5	26,6	33,1
Campina Grande do Sul	Praia Grande	902	595	896	1250	3643	24,8	16,3	24,6	34,3
Campo Largo	Itaqui	720	581	865	1114	3280	22,0	17,7	26,4	34,0
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	839	661	935	1325	3760	22,3	17,6	24,9	35,2
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	634	500	741	937	2811	22,6	17,8	26,4	33,3
Colombo	Colombo - SE	1142	864	1163	1491	4660	24,5	18,5	25,0	32,0
Contenda	Contenda	679	560	769	938	2943	23,1	19,0	26,1	31,9
Curitiba	Prado Velho	965	693	1038	1302	3998	24,1	17,3	26,0	32,6
Curitiba	Curitiba	1373	990	1272	1588	5223	26,3	19,0	24,4	30,4
Mandirituba	Mandirituba	948	738	1069	1282	4037	23,5	18,3	26,5	31,8
Piraquara	Piraquara	958	733	1041	1243	3975	24,1	18,4	26,2	31,3
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	1393	970	1567	1827	5757	24,2	16,8	27,2	31,7
São José dos Pinhais	Fazendinha	826	654	950	1189	3619	22,8	18,1	26,3	32,9
Porto Amazonas	Porto Amazonas	973	786	1045	1278	4082	23,8	19,3	25,6	31,3
Palmeira	Colônia Witmarsum	874	652	951	1221	3698	23,6	17,6	25,7	33,0
Palmeira	Mandacaia	736	601	893	1060	3290	22,4	18,3	27,1	32,2
Lapa	Pedra Lisa	848	693	943	1217	3701	22,9	18,7	25,5	32,9

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Frequência Categoria Ligeira					Total	Proporção			
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono		Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	398	229	310	405	1342	29,7	17,1	23,1	30,2	
Araucária	Campina das Pedras	165	109	144	188	606	27,2	18,0	23,8	31,0	
Campina Grande do Sul	Praia Grande	259	135	157	232	783	33,1	17,2	20,1	29,6	
Campo Largo	Itaqui	120	86	125	141	472	25,4	18,2	26,5	29,9	
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	199	147	147	272	765	26,0	19,2	19,2	35,6	
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	102	74	100	104	380	26,8	19,5	26,3	27,4	
Colombo	Colombo - SE	524	372	425	508	1829	28,6	20,3	23,2	27,8	
Contenda	Contenda	146	138	146	171	601	24,3	23,0	24,3	28,5	
Curitiba	Prado Velho	344	201	324	370	1239	27,8	16,2	26,2	29,9	
Curitiba	Curitiba	750	505	537	624	2416	31,0	20,9	22,2	25,8	
Mandirituba	Mandirituba	355	244	321	351	1271	27,9	19,2	25,3	27,6	
Piraquara	Piraquara	339	236	299	323	1197	28,3	19,7	25,0	27,0	
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	361	325	410	406	1502	24,0	21,6	27,3	27,0	
São José dos Pinhais	Fazendinha	161	131	157	203	652	24,7	20,1	24,1	31,1	
Porto Amazonas	Porto Amazonas	371	267	296	362	1296	28,6	20,6	22,8	27,9	
Palmeira	Colônia Witmarsum	239	133	171	276	819	29,2	16,2	20,9	33,7	
Palmeira	Mandacaia	113	90	143	179	525	21,5	17,1	27,2	34,1	
Lapa	Pedra Lisa	217	172	211	269	869	25,0	19,8	24,3	31,0	

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Frequência Categoria Moderada				Total	Proporção			
		Outono	Inverno	Primavera	Verão		Outono	Inverno	Primavera	Verão
Araucária	Campina das Pedras	164	113	188	243	708	23,2	16,0	26,6	34,3
Campina Grande do Sul	Praia Grande	252	164	251	335	1002	25,1	16,4	25,0	33,4
Campo Largo	Itaqui	196	150	220	334	900	21,8	16,7	24,4	37,1
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	223	163	255	390	1031	21,6	15,8	24,7	37,8
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	177	103	165	219	664	26,7	15,5	24,8	33,0
Colombo	Colombo - SE	243	190	235	369	1037	23,4	18,3	22,7	35,6
Contenda	Contenda	188	118	186	248	740	25,4	15,9	25,1	33,5
Curitiba	Prado Velho	242	169	235	343	989	24,5	17,1	23,8	34,7
Curitiba	Curitiba	229	171	252	356	1008	22,7	17,0	25,0	35,3
Mandirituba	Mandirituba	217	169	282	328	996	21,8	17,0	28,3	32,9
Piraquara	Piraquara	267	178	270	347	1062	25,1	16,8	25,4	32,7
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	404	246	422	492	1564	25,8	15,7	27,0	31,5
São José dos Pinhais	Fazendinha	256	176	278	343	1053	24,3	16,7	26,4	32,6
Porto Amazonas	Porto Amazonas	203	168	242	314	927	21,9	18,1	26,1	33,9
Palmeira	Colônia Witmarsum	218	160	251	312	941	23,2	17,0	26,7	33,2
Palmeira	Mandacaia	191	154	227	297	869	22,0	17,7	26,1	34,2
Lapa	Pedra Lisa	214	166	210	298	888	24,1	18,7	23,6	33,6

		Frequência Categoria Intensa									
MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total	Proporção Outono	Proporção Inverno	Proporção Primavera	Proporção Verão	
Araucária	Campina das Pedras	138	99	181	236	654	21,1	15,1	27,7	36,1	
Campina Grande do Sul	Praia Grande	174	114	206	305	799	21,8	14,3	25,8	38,2	
Campo Largo	Itaqui	151	121	200	259	731	20,7	16,6	27,4	35,4	
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	200	170	249	313	932	21,5	18,2	26,7	33,6	
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	135	123	179	247	684	19,7	18,0	26,2	36,1	
Colombo	Colombo - SE	157	120	194	266	737	21,3	16,3	26,3	36,1	
Contenda	Contenda	135	109	167	196	607	22,2	18,0	27,5	32,3	
Curitiba	Prado Velho	152	146	198	238	734	20,7	19,9	27,0	32,4	
Curitiba	Curitiba	155	124	197	261	737	21,0	16,8	26,7	35,4	
Mandirituba	Mandirituba	182	158	214	266	820	22,2	19,3	26,1	32,4	
Piraquara	Piraquara	154	130	205	227	716	21,5	18,2	28,6	31,7	
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	274	172	312	372	1130	24,2	15,2	27,6	32,9	
São José dos Pinhais	Fazendinha	169	147	208	248	772	21,9	19,0	26,9	32,1	
Porto Amazonas	Porto Amazonas	158	141	214	245	758	20,8	18,6	28,2	32,3	
Palmeira	Colônia Witmarsum	181	144	223	285	833	21,7	17,3	26,8	34,2	
Palmeira	Mandacaia	172	127	200	243	742	23,2	17,1	27,0	32,7	
Lapa	Pedra Lisa	158	132	190	280	760	20,8	17,4	25,0	36,8	

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Frequência Categoria Muito Intensa					Proporção	Proporção	Proporção	Proporção
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Montante Aterro Sanitário									
Almirante Tamandaré	(Juruqui)	118	97	162	159	536	22,0	18,1	30,2	29,7
Araucária	Campina das Pedras	88	56	109	141	394	22,3	14,2	27,7	35,8
Campina Grande do Sul	Praia Grande	86	74	128	164	452	19,0	16,4	28,3	36,3
Campo Largo	Itaqui	134	113	158	181	586	22,9	19,3	27,0	30,9
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	105	75	120	161	461	22,8	16,3	26,0	34,9
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	123	94	131	176	524	23,5	17,9	25,0	33,6
Colombo	Colombo - SE	98	74	135	144	451	21,7	16,4	29,9	31,9
Contenda	Contenda	94	83	116	145	438	21,5	18,9	26,5	33,1
Curitiba	Prado Velho	108	68	117	158	451	23,9	15,1	25,9	35,0
Curitiba	Curitiba	113	89	121	159	482	23,4	18,5	25,1	33,0
Mandirituba	Mandirituba	81	64	102	141	388	20,9	16,5	26,3	36,3
Piraquara	Piraquara	85	75	106	140	406	20,9	18,5	26,1	34,5
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	243	148	265	342	998	24,3	14,8	26,6	34,3
São José dos Pinhais	Fazendinha	128	95	151	201	575	22,3	16,5	26,3	35,0
Porto Amazonas	Porto Amazonas	109	103	128	184	524	20,8	19,7	24,4	35,1
Palmeira	Colônia Witmarsum	111	102	146	167	526	21,1	19,4	27,8	31,7
Palmeira	Mandacaia	147	112	154	167	580	25,3	19,3	26,6	28,8
Lapa	Pedra Lisa	140	91	169	181	581	24,1	15,7	29,1	31,2

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Frequência Categoria Extrema				Total	Proporção			
		Outono	Inverno	Primavera	Verão		Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Montante Aterro									
Almirante Tamandaré	Sanitário (Juruqui)	131	112	114	192	549	23,9	20,4	20,8	35,0
Araucária	Campina das Pedras	116	136	156	166	574	20,2	23,7	27,2	28,9
Campina Grande do Sul	Praia Grande	131	108	154	213	606	21,6	17,8	25,4	35,1
Campo Largo	Itaqui	119	111	162	199	591	20,1	18,8	27,4	33,7
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	112	106	166	189	573	19,5	18,5	29,0	33,0
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	130	107	166	190	593	21,9	18,0	28,0	32,0
Colombo	Colombo - SE	120	107	174	194	595	20,2	18,0	29,2	32,6
Contenda	Contenda	120	116	158	182	576	20,8	20,1	27,4	31,6
Curitiba	Prado Velho	119	109	164	193	585	20,3	18,6	28,0	33,0
Curitiba	Curitiba	126	101	165	188	580	21,7	17,4	28,4	32,4
Mandirituba	Mandirituba	113	103	150	196	562	20,1	18,3	26,7	34,9
Piraquara	Piraquara	115	114	161	206	596	19,3	19,1	27,0	34,6
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	111	87	158	215	571	19,4	15,2	27,7	37,7
São José dos Pinhais	Fazendinha	112	105	156	194	567	19,8	18,5	27,5	34,2
Porto Amazonas	Porto Amazonas	132	115	165	173	585	22,6	19,7	28,2	29,6
Palmeira	Colônia Witmarsum	125	113	160	185	583	21,4	19,4	27,4	31,7
Palmeira	Mandacaia	113	118	169	174	574	19,7	20,6	29,4	30,3
Lapa	Pedra Lisa	119	132	164	189	604	19,7	21,9	27,2	31,3

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Intensidade Categoria Ligeira				Total
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0
Araucária	Campina das Pedras	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0
Campina Grande do Sul	Praia Grande	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2
Campo Largo	Itaqui	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	1,2	1,0	1,9	1,4	1,4
Colombo	Colombo - SE	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9
Contenda	Contenda	1,1	0,9	1,0	1,0	1,0
Curitiba	Prado Velho	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Curitiba	Curitiba	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7
Mandirituba	Mandirituba	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
Piraquara	Piraquara	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
São José dos Pinhais	Fazendinha	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4
Porto Amazonas	Porto Amazonas	0,8	0,7	1,0	1,0	0,9
Palmeira	Colônia Witmarsum	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1
Palmeira	Mandacaia	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
Lapa	Pedra Lisa	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Intensidade Categoria Moderada				Total
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6
Araucária	Campina das Pedras	4,5	4,8	4,7	4,8	4,7
Campina Grande do Sul	Praia Grande	4,6	4,8	6,6	4,7	5,2
Campo Largo	Itaqui	4,8	4,9	4,7	4,9	4,8
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	4,1	4,6	4,7	4,8	4,5
Colombo	Colombo - SE	4,7	4,8	4,6	4,6	4,7
Contenda	Contenda	4,5	4,7	4,7	4,8	4,7
Curitiba	Prado Velho	4,6	4,7	4,8	4,8	4,7
Curitiba	Curitiba	4,6	4,7	4,7	4,5	4,6
Mandirituba	Mandirituba	4,7	4,6	4,7	4,7	4,7
Piraquara	Piraquara	4,6	4,5	4,7	4,7	4,6
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6
São José dos Pinhais	Fazendinha	4,9	4,7	4,8	4,8	4,8
Porto Amazonas	Porto Amazonas	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7
Palmeira	Colônia Witmarsum	4,7	4,9	4,7	4,8	4,8
Palmeira	Mandacaia	4,7	4,5	4,7	4,8	4,7
Lapa	Pedra Lisa	4,6	4,7	4,8	4,8	4,7

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Intensidade Categoria Intensa				Total
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	10,9	10,8	10,9	10,8	10,8
Araucária	Campina das Pedras	11,0	10,7	10,5	10,8	10,7
Campina Grande do Sul	Praia Grande	10,7	10,5	10,7	10,4	10,4
Campo Largo	Itaqui	10,7	10,7	10,7	10,8	10,7
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	11,2	11,1	11,1	11,0	11,0
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	10,6	10,7	10,7	10,9	10,6
Colombo	Colombo - SE	10,8	10,7	10,8	10,7	10,8
Contenda	Contenda	10,9	10,8	10,8	10,8	11,0
Curitiba	Prado Velho	11,0	10,9	10,8	11,0	10,9
Curitiba	Curitiba	10,9	10,9	10,9	11,0	10,9
Mandirituba	Mandirituba	10,7	10,7	10,6	10,7	10,7
Piraquara	Piraquara	10,8	10,8	10,8	11,0	10,5
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	10,7	10,7	10,7	10,7	10,8
São José dos Pinhais	Fazendinha	11,0	10,9	11,1	11,0	10,6
Porto Amazonas	Porto Amazonas	10,9	10,9	10,9	10,9	11,0
Palmeira	Colônia Witmarsum	10,8	10,7	10,8	10,6	10,7
Palmeira	Mandacaia	10,8	10,8	11,0	10,8	10,8
Lapa	Pedra Lisa	10,8	10,8	10,7	10,9	10,8

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Intensidade Categoria Muito Intensa				Total
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	19,4	19,4	19,5	19,2	19,7
Araucária	Campina das Pedras	18,7	18,9	18,9	18,9	18,9
Campina Grande do Sul	Praia Grande	18,9	18,7	18,8	18,6	18,5
Campo Largo	Itaqui	19,2	19,5	19,6	19,5	19,5
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	17,7	17,9	18,0	18,0	17,8
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	20,0	20,0	20,3	20,0	19,9
Colombo	Colombo - SE	19,5	18,8	18,5	18,7	18,8
Contenda	Contenda	19,1	18,8	18,7	18,5	19,0
Curitiba	Prado Velho	19,6	19,2	19,3	19,2	19,0
Curitiba	Curitiba	19,4	19,1	19,2	19,0	18,7
Mandirituba	Mandirituba	18,1	18,1	18,0	18,2	18,1
Piraquara	Piraquara	18,0	18,4	18,7	18,3	18,8
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	20,8	20,9	21,3	21,0	20,5
São José dos Pinhais	Fazendinha	20,1	19,8	19,8	19,6	19,8
Porto Amazonas	Porto Amazonas	19,4	19,5	19,9	19,4	19,5
Palmeira	Colônia Witmarsum	19,1	19,1	19,4	18,8	19,3
Palmeira	Mandacaia	19,5	19,7	20,1	19,3	19,9
Lapa	Pedra Lisa	19,2	19,1	19,1	19,1	19,0

MUNICÍPIO	ESTAÇÃO	Intensidade Categoria Extrema				Total
		Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Almirante Tamandaré	Montante Aterro Sanitário (Juruqui)	40,8	43,4	53,4	40,8	40,5
Araucária	Campina das Pedras	39,4	40,6	40,1	42,1	40,7
Campina Grande do Sul	Praia Grande	41,1	40,0	36,7	41,5	40,7
Campo Largo	Itaqui	40,7	40,9	41,1	40,6	41,4
Campo Largo	Ouro Fino de Baixo	37,6	36,2	33,7	37,3	36,6
Campo Largo	Colônia Dom Pedro	43,6	43,2	41,9	43,4	44,4
Colombo	Colombo - SE	38,7	38,7	38,7	38,9	38,4
Contenda	Contenda	38,7	39,1	39,1	39,2	39,2
Curitiba	Prado Velho	38,6	38,6	37,2	39,3	39,5
Curitiba	Curitiba	39,2	39,4	36,3	41,7	40,1
Mandirituba	Mandirituba	37,7	39,3	39,3	41,8	36,6
Piraquara	Piraquara	37,4	36,9	35,1	38,3	36,5
São José dos Pinhais	UHE GUARICANA	48,8	49,2	45,1	38,1	49,1
São José dos Pinhais	Fazendinha	41,9	41,2	38,9	42,2	41,9
Porto Amazonas	Porto Amazonas	41,5	41,5	40,3	40,2	44,9
Palmeira	Colônia Witmarsum	40,3	40,7	40,1	40,8	41,9
Palmeira	Mandacaia	40,9	41,5	40,8	41,1	43,8
Lapa	Pedra Lisa	37,6	38,5	39,6	37,2	40,3

Persistência - Sequência chuvosa em dias							
Dias Consecutivos com Chuva	Almirante Tamandaré	Araucária	Campina Grande do Sul	Campo Largo/Itaqui	Campo Largo/Ouro	Campo Largo/Don	Colombo
01	801	872	959	781	686	1018	776
02	471	370	425	409	416	359	467
03	218	162	183	183	211	157	235
04	160	90	113	95	109	59	169
05	64	36	51	54	56	29	101
06	43	18	26	29	37	18	59
07	31	7	17	13	19	5	33
08	13	6	9	12	17	6	9
09	9	3	4	9	12	0	11
10	4	1	4	3	10	2	8
11	4	1	4	1	6	0	5
12	1	1	4	0	3	0	5
13	1	2	1	0	1	0	0
14	2	0	0	0	0	1	1
15	1	0	0	0	0	0	1
16	1	0	1	0	1	0	2
17	1	0	1	0	0	0	2
18	0	0	1	0	0	0	0
19	0	0	0	0	2	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0

Persistência - Sequência chuvosa em dias											
Dias Consecutivos com Chuva	Contenda	Curitiba/Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	SJP/Guaricana	SJP/Fazendinha	Porto			Lapa
								Amazonas	Palmeira/Colônia	Palmeira/Mandacaiá	
1	818	911	818	739	950	545	963	849	818	922	858
2	396	456	503	423	469	388	469	483	453	446	441
3	132	229	257	227	203	244	190	253	218	184	177
4	72	135	170	135	131	177	111	119	113	94	112
5	45	66	98	64	65	102	43	66	51	45	75
6	25	31	68	34	41	73	21	39	29	21	21
7	12	12	33	23	15	61	16	31	20	15	25
8	10	9	26	12	7	34	8	12	8	3	15
9	4	6	23	13	4	37	5	3	9	4	7
10	2	5	6	7	1	20	5	5	4	0	2
11	2	2	7	6	3	17	0	2	2	1	3
12	0	4	3	4	2	9	1	2	1	2	1
13	0	1	4	0	2	10	3	1	0	0	1
14	0	1	3	3	3	4	0	0	0	0	1
15	0	1	3	0	0	7	1	0	1	0	1
16	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
17	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
20	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
21	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Precipitação diária máxima anuais utilizadas para o cálculo do período de retorno (1980 a 2010)

Ano	Almirante	Araucária	Campina	Campo Largo ITAQUI	Campo Largo OURO	Campo Largo DON	Colombo	Contenda	Curitiba Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	S.J.P Guaricana	S.J.P Fazendinha	Porto Amazonas	Palmeira Colônia	Palmeira Mandacaia	Lapa
1980	110	78	91	102	85	88	110	73	89	86	65	108	77	69	81	79	40	63
1981	20	55	49	78	72	70	54	70	54	52	51	40	100	42	86	73	64	50
1982	84	76	166	80	86	90	84	108	94	100	51	70	101	100	63	94	60	81
1983	75	110	99	99	106	96	74	133	91	97	112	90	110	83	90	42	74	117
1984	67	71	84	63	59	64	55	66	60	63	35	66	68	62	67	49	67	65
1985	41	51	78	48	36	46	45	70	37	38	44	58	52	50	112	50	61	55
1986	71	59	57	62	54	67	83	59	61	58	77	98	90	58	83	36	60	70
1987	69	98	74	67	72	64	94	80	78	77	108	68	112	90	57	96	61	87
1988	101	49	107	83	76	113	94	94	77	82	78	32	99	65	62	95	62	47
1989	67	113	65	60	48	65	73	95	67	72	91	73	101	72	92	78	88	65
1990	67	95	84	79	50	60	79	72	63	68	53	70	70	69	74	106	87	71
1991	75	56	72	51	54	54	65	65	63	63	97	48	70	57	77	81	75	63
1992	76	51	85	82	82	63	71	66	62	65	100	42	94	58	117	100	105	129
1993	108	80	71	101	93	98	142	92	95	95	66	82	60	88	103	77	110	100
1994	76	130	56	83	58	46	68	57	87	55	73	87	170	58	75	64	70	80
1995	95	95	90	139	103	107	97	90	113	121	138	127	157	115	99	97	140	97
1996	72	57	59	87	65	79	78	117	85	83	136	52	66	58	71	100	103	54
1997	106	84	67	83	88	88	81	69	114	102	77	91	107	72	78	98	65	70
1998	87	83	92	78	116	82	83	75	92	93	118	75	92	92	78	96	83	90
1999	52	65	61	56	44	74	121	76	112	146	108	63	89	86	89	69	90	72
2000	67	72	60	60	70	67	58	66	60	74	84	47	107	50	78	74	99	62
2001	93	87	73	74	56	102	104	103	75	71	65	80	107	66	70	60	83	95
2002	83	63	75	59	75	85	54	80	71	80	96	63	75	73	72	64	70	75
2003	84	63	107	72	80	83	68	68	81	93	68	90	94	75	81	109	82	56
2004	70	65	75	46	67	74	76	65	76	48	78	114	146	83	61	68	70	65
2005	69	77	58	61	88	100	55	77	67	74	47	83	109	81	77	91	80	57
2006	49	90	81	100	44	56	38	95	57	43	53	49	96	70	43	54	65	50
2007	87	71	104	98	94	80	70	44	73	112	79	67	73	140	71	84	82	73
2008	66	72	40	60	73	68	67	42	83	75	51	50	121	66	72	88	77	93
2009	80	103	56	80	81	60	60	61	73	75	85	87	82	71	76	74	60	93
2010	111	116	136	79	125	85	92	47	125	120	86	90	98	65	85	77	71	86

Valores Percentil 95% Anual para todas as estações analisadas

Anos	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa
1980	28,1	24,7	25,0	24,7	28,2	26,2	28,1	24,0	21,5	24,6	18,8	26,6	28,2	29,5	25,9	24,0	24,3	28,9
1981	16,2	16,2	22,5	14,0	18,2	17,8	16,2	13,8	19,0	17,8	10,8	20,3	18,7	24,8	16,2	15,0	21,5	16,4
1982	23,8	22,1	37,7	23,8	27,2	23,3	23,8	21,9	24,1	25,5	20,6	24,1	25,7	34,0	29,8	16,0	30,8	25,8
1983	31,0	28,8	35,4	27,7	29,2	29,7	31,0	23,8	29,3	30,6	15,8	29,7	27,8	29,9	26,8	20,0	30,2	25,3
1984	22,3	25,6	26,3	27,8	22,7	28,3	26,3	27,5	22,9	26,3	12,2	24,5	23,2	30,2	24,0	16,0	24,9	19,2
1985	14,5	17,8	12,4	17,8	14,5	15,7	13,0	17,9	12,7	13,8	11,3	19,4	18,9	21,4	17,8	14,4	17,3	18,6
1986	22,5	20,5	21,9	23,2	23,2	22,7	22,4	17,8	23,0	22,6	20,1	28,0	23,9	29,3	29,6	18,0	28,4	17,5
1987	24,4	22,5	26,7	23,6	22,2	25,7	21,6	23,8	23,8	21,7	30,2	19,9	22,2	33,3	22,9	31,2	22,8	26,6
1988	23,0	22,9	23,4	20,0	19,4	19,7	21,0	21,7	20,9	19,8	19,8	14,0	22,0	25,1	19,7	22,5	22,0	21,5
1989	20,2	25,0	24,2	27,4	21,2	22,8	19,2	21,8	22,5	22,3	16,0	19,5	20,2	30,4	23,0	23,2	21,2	22,9
1990	33,9	37,8	25,9	23,8	19,0	22,5	30,7	27,0	28,7	28,8	22,9	28,3	29,6	38,8	29,2	26,9	34,9	29,1
1991	21,8	17,0	23,3	18,9	18,6	22,8	22,7	21,2	20,7	19,5	16,8	16,9	20,8	25,3	21,5	22,0	23,1	25,8
1992	19,4	15,1	20,2	23,8	18,4	19,7	18,6	27,9	19,7	19,3	27,1	23,4	23,0	31,9	22,9	24,0	25,1	27,8
1993	25,1	23,7	26,5	27,9	30,8	24,0	30,0	26,6	27,9	27,7	23,6	27,0	25,6	30,7	23,9	26,9	26,9	31,8
1994	19,3	18,1	20,6	21,8	18,4	21,6	23,2	25,3	22,3	23,1	27,8	25,1	27,3	27,2	22,1	22,3	24,8	20,0
1995	24,5	29,0	25,2	30,9	22,0	20,2	28,6	23,1	25,5	28,2	35,1	25,6	28,0	35,6	22,4	25,7	26,7	26,0
1996	26,8	25,2	24,9	32,2	23,8	32,0	27,2	28,9	30,1	29,3	35,4	26,8	28,1	28,0	31,5	29,2	30,2	28,4
1997	24,4	23,1	27,7	28,0	22,2	33,3	24,5	23,8	27,2	28,3	21,6	20,9	24,3	35,0	28,5	30,6	29,2	28,0
1998	30,5	28,2	31,0	35,6	21,4	33,9	32,5	37,2	27,1	29,1	31,8	29,1	41,0	41,0	31,8	33,4	34,4	32,4
1999	22,2	18,8	21,5	22,1	19,7	26,5	23,2	21,9	26,3	28,6	22,9	21,7	29,4	29,4	19,2	21,5	18,9	22,3
2000	25,4	26,3	24,3	25,0	20,5	31,9	20,2	20,3	23,2	25,5	19,7	18,8	23,3	34,2	24,3	21,1	24,5	24,2
2001	33,5	24,5	30,7	33,8	21,8	34,0	20,8	30,0	27,9	29,5	25,1	23,5	26,3	37,5	30,0	28,5	24,7	25,4
2002	24,9	20,3	23,6	26,3	22,1	34,2	22,3	31,1	27,9	23,1	15,8	24,7	28,1	24,6	29,9	26,6	22,8	24,0
2003	28,5	17,0	14,4	24,8	19,3	30,7	26,9	21,4	28,0	27,4	23,7	18,1	28,1	25,6	21,8	27,4	25,2	24,8
2004	26,9	24,3	16,7	26,7	20,2	29,5	22,3	24,2	18,6	20,9	21,8	23,4	26,0	33,7	23,9	26,0	23,2	22,5
2005	24,8	26,4	19,7	27,9	24,2	31,8	24,3	33,4	29,4	23,7	18,5	22,2	23,8	33,1	30,7	27,6	23,5	26,9
2006	23,3	16,3	11,9	25,5	18,3	18,3	17,0	17,7	20,5	16,0	17,8	14,9	19,0	21,0	21,9	21,9	25,1	22,0
2007	25,6	16,8	20,6	28,8	23,4	34,9	18,7	21,0	25,4	21,2	29,5	23,7	30,6	26,4	26,6	25,3	30,8	29,1
2008	20,7	18,5	19,2	29,0	20,2	28,6	20,1	13,5	19,9	18,8	22,3	17,9	22,1	33,0	27,3	27,8	27,9	22,2
2009	26,7	26,1	24,0	28,3	22,4	26,9	25,4	15,4	25,2	27,4	25,8	25,0	29,4	24,2	25,4	30,1	28,6	29,5
2010	31,5	35,1	25,3	30,1	26,1	29,4	25,1	19,6	26,5	27,8	29,4	25,5	28,6	34,2	37,2	31,1	27,8	28,4

Valores Percentil 99% Anual para todas as estações analisadas

Anos	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa
1980	56,9	56,3	50,1	41,1	49,6	56,8	56,9	51,2	40,0	41,0	31,6	44,8	50,0	56,4	49,8	47,0	41,5	47,1
1981	36,5	29,6	40,5	43,1	32,4	41,4	36,5	38,6	38,3	36,3	22,4	35,9	35,5	43,1	33,1	27,7	42,3	25,0
1982	49,2	46,8	105,9	56,4	66,8	61,2	49,2	46,7	44,8	65,3	35,4	53,7	60,6	59,3	55,3	39,2	47,9	52,2
1983	53,4	59,7	58,6	53,1	52,4	61,6	53,4	57,1	59,4	57,8	45,7	60,5	56,0	57,9	54,6	31,1	62,7	54,5
1984	42,0	52,5	51,1	55,8	46,5	53,0	48,3	57,7	42,3	41,3	19,3	44,0	49,5	48,7	57,5	27,7	52,6	48,3
1985	26,8	39,0	41,2	39,9	25,3	34,7	30,1	36,6	25,1	27,5	21,8	32,2	35,0	44,6	40,8	27,4	32,9	34,6
1986	31,8	34,3	41,2	39,0	41,9	44,0	48,5	34,9	41,0	41,7	33,5	48,1	39,0	63,5	50,0	26,9	44,7	34,6
1987	41,3	43,8	51,5	45,5	43,3	55,5	36,4	54,1	45,6	51,6	73,0	40,8	57,3	67,5	50,7	67,9	51,3	47,4
1988	45,3	40,0	35,4	37,6	31,4	36,9	34,4	40,0	32,1	35,3	32,3	23,1	40,1	55,8	49,8	57,4	51,7	38,7
1989	54,7	68,0	46,4	49,2	39,7	46,0	38,7	50,4	38,4	40,3	36,9	52,6	47,8	70,8	45,4	49,5	42,1	35,0
1990	55,1	72,8	40,0	49,7	38,2	44,9	48,9	45,5	44,4	50,7	41,3	45,6	48,9	50,7	47,3	57,5	57,1	47,2
1991	54,6	43,7	40,4	41,1	27,0	40,9	36,6	46,5	38,7	37,0	34,7	38,0	41,1	50,2	39,8	51,1	44,5	42,8
1992	38,7	38,3	37,2	58,7	34,4	41,1	36,0	56,4	38,3	36,0	55,8	40,1	46,1	52,3	57,0	43,2	53,1	47,7
1993	54,4	48,6	45,3	65,6	49,1	36,8	54,7	51,9	53,1	52,8	47,1	48,1	47,5	53,2	63,2	47,7	57,7	48,2
1994	45,7	51,5	41,1	43,1	26,6	41,1	43,6	37,7	44,5	40,0	58,7	48,3	43,1	44,7	46,3	42,4	50,1	41,5
1995	61,2	71,0	67,7	64,1	65,6	102,9	72,8	51,9	57,4	69,0	94,4	59,5	64,9	92,4	63,5	55,7	58,3	52,5
1996	52,3	44,4	50,7	54,6	54,8	50,6	46,7	47,5	49,1	47,5	88,6	42,5	45,9	43,9	48,5	61,8	51,8	43,1
1997	40,1	47,4	50,6	42,1	39,1	60,2	44,9	41,1	50,0	51,5	49,9	36,2	50,3	73,0	48,9	52,6	47,2	41,1
1998	70,2	56,4	62,1	63,5	37,0	59,5	69,7	67,3	59,7	64,0	57,1	53,3	63,1	63,1	60,9	64,1	53,8	52,4
1999	42,0	45,6	46,5	36,1	36,3	52,2	53,7	43,0	49,6	60,1	42,8	44,3	58,5	58,5	48,2	46,0	38,7	46,3
2000	45,7	45,3	47,0	45,9	35,5	52,1	47,5	35,9	41,4	49,3	39,8	37,6	34,4	54,2	49,3	46,5	52,7	43,7
2001	68,9	50,2	53,9	52,2	44,9	67,8	48,9	49,0	55,8	58,9	46,2	44,0	50,9	74,5	51,1	54,9	48,6	49,8
2002	45,3	43,1	40,6	43,2	37,5	70,6	38,0	64,5	55,8	50,2	35,0	35,8	42,3	50,7	57,4	49,1	49,5	46,1
2003	56,6	54,9	44,5	45,0	40,8	60,8	52,9	45,1	55,1	53,5	52,5	48,3	52,4	56,4	45,9	58,5	44,2	40,2
2004	42,8	43,4	30,8	34,4	33,4	51,6	43,9	38,9	42,0	36,5	36,5	47,2	45,4	71,7	42,4	46,8	47,4	41,8
2005	45,8	50,1	51,4	51,5	45,2	31,8	38,1	53,1	51,9	49,0	37,4	44,2	55,0	71,1	55,8	57,1	52,4	52,3
2006	45,2	45,5	34,6	51,5	34,8	18,3	29,7	37,4	42,5	36,7	33,2	35,9	48,1	39,0	36,8	35,3	48,2	41,0
2007	57,8	56,5	50,5	62,8	54,1	34,9	50,5	30,4	44,9	52,0	61,0	46,0	48,9	57,9	52,0	64,3	59,1	55,2
2008	38,3	38,6	30,4	46,6	41,3	28,6	39,2	26,5	39,4	38,2	37,0	34,5	38,4	66,1	50,9	47,5	52,8	45,2
2009	56,0	53,9	47,7	52,0	47,2	26,9	45,9	43,8	42,3	53,1	61,5	48,5	55,1	51,4	53,1	60,2	48,6	56,5
2010	64,7	70,2	77,5	61,0	65,4	29,4	52,2	38,6	44,0	45,1	43,7	59,0	49,4	64,4	63,3	54,0	47,9	52,8

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 95%

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	26	19	20	17	23	17	27	20	17	19	14	24	21	17	19	18	18	22	358
1981	11	7	12	7	12	7	11	8	11	16	4	16	12	9	6	7	11	3	170
1982	17	18	35	18	24	16	18	15	19	21	16	20	19	27	24	8	25	22	362
1983	28	26	33	19	36	24	31	19	24	23	8	28	20	17	23	9	24	20	412
1984	17	21	23	20	21	20	23	24	17	20	2	21	14	18	15	7	18	11	312
1985	4	7	8	15	8	7	8	11	5	7	4	12	12	9	12	7	8	12	156
1986	17	15	15	13	18	12	15	12	16	16	16	23	15	18	27	6	20	13	287
1987	18	18	20	14	21	18	15	19	18	16	27	15	17	22	14	23	15	19	329
1988	18	17	16	16	19	10	14	16	9	12	14	4	10	13	14	15	17	11	245
1989	14	24	18	16	18	14	12	16	17	17	14	12	15	19	12	17	14	10	279
1990	24	40	22	14	13	14	26	27	27	25	19	25	21	32	23	22	35	31	440
1991	13	18	17	19	7	15	17	17	12	11	11	13	12	12	14	17	12	19	256
1992	9	8	14	14	11	12	12	21	11	8	22	18	15	22	17	18	17	22	271
1993	20	20	25	20	31	12	28	21	23	24	23	25	17	19	17	24	20	26	395
1994	12	14	16	14	13	12	18	21	16	16	23	20	19	14	17	16	17	12	290
1995	19	23	20	21	19	16	26	19	21	23	38	21	20	26	16	19	20	20	387
1996	27	23	20	22	22	23	21	25	26	22	31	28	21	15	24	27	23	25	425
1997	19	19	23	24	18	29	19	20	26	31	18	13	15	25	23	32	23	22	399
1998	27	21	28	25	20	26	28	38	26	26	35	29	34	24	31	37	30	27	512
1999	15	14	15	17	13	18	18	16	19	22	21	15	30	17	10	14	12	14	300
2000	22	25	19	19	13	22	15	15	15	19	13	16	15	21	17	18	17	17	318
2001	27	20	26	20	21	27	17	25	26	24	25	19	20	23	23	26	16	19	404
2002	20	14	17	19	17	30	16	24	20	17	13	21	20	14	21	21	16	18	338
2003	21	13	10	18	18	21	21	15	23	22	23	12	22	14	14	25	17	17	326
2004	21	20	10	19	17	24	16	20	13	15	18	18	22	23	16	21	13	15	321
2005	19	23	16	23	21	24	19	28	26	17	13	17	16	23	25	21	16	22	369
2006	15	11	6	18	15	12	8	11	16	9	10	11	13	7	13	14	17	14	220
2007	20	13	18	21	19	29	14	13	21	17	25	19	21	15	19	19	23	24	350
2008	13	10	7	21	20	21	14	7	14	12	19	10	15	23	20	20	20	17	283
2009	23	19	18	22	18	18	23	9	18	22	23	21	21	11	18	24	21	23	352
2010	23	27	21	26	24	21	21	17	21	24	32	22	25	23	32	26	18	24	
	579	567	568	571	570	571	571	569	573	573	574	568	569	572	576	578	573	571	9866

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 99%

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	5	5	3	4	9	7	5	4	2	3	1	4	4	3	4	3	0	4	70
1981	2	1	0	5	2	2	3	2	1	1	1	0	0	2	2	1	1	1	27
1982	4	3	13	7	8	7	5	4	4	7	2	6	8	3	6	3	2	5	97
1983	4	6	11	4	11	8	8	6	7	5	3	7	4	4	5	0	8	5	106
1984	2	5	5	5	5	3	5	8	2	1	0	4	4	1	6	0	4	5	65
1985	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	1	2	2	14
1986	2	1	2	2	2	1	4	1	3	2	1	5	1	5	3	0	2	2	39
1987	2	2	5	2	4	4	2	8	4	5	8	2	6	5	3	9	4	4	79
1988	3	0	3	1	2	2	2	2	1	2	3	0	1	3	3	5	5	0	38
1989	7	7	2	4	2	1	3	4	2	2	3	6	3	7	2	5	3	1	64
1990	6	8	2	4	1	1	4	4	3	5	2	4	4	2	2	5	7	5	69
1991	4	3	2	1	1	1	1	4	3	3	2	1	3	2	3	4	3	6	47
1992	3	1	1	5	1	1	3	5	3	3	5	0	1	3	6	2	5	2	50
1993	5	4	2	6	6	2	8	8	5	4	4	5	3	0	7	4	7	4	84
1994	4	6	2	3	2	0	4	2	4	2	7	4	2	1	3	2	2	3	53
1995	6	8	8	6	9	8	6	5	5	6	12	11	9	9	5	4	5	8	130
1996	6	2	4	6	7	2	2	4	5	4	9	2	2	1	2	7	4	3	72
1997	1	3	3	1	3	7	4	1	5	5	6	2	4	7	2	4	4	4	66
1998	8	6	8	9	2	5	9	12	8	9	7	8	11	6	7	7	4	3	129
1999	0	2	2	2	1	2	5	3	5	5	2	4	7	4	4	2	1	4	55
2000	3	1	3	1	1	4	3	1	3	4	2	2	0	4	3	2	4	3	44
2001	7	4	4	6	4	10	4	5	6	7	3	4	4	7	4	6	2	7	94
2002	4	2	4	2	1	9	2	7	3	6	2	3	2	3	5	4	3	3	65
2003	6	5	3	3	3	5	7	3	8	5	7	4	4	2	3	5	3	4	80
2004	2	2	2	0	1	1	3	2	3	1	1	5	3	6	2	3	4	2	43
2005	2	4	4	4	4	5	2	8	6	4	1	4	5	5	4	5	5	5	77
2006	1	3	2	5	1	2	0	3	2	0	1	1	4	2	0	1	2	2	32
2007	6	6	4	7	8	3	5	0	3	4	7	4	4	4	4	7	6	8	90
2008	1	3	2	3	3	5	1	0	4	3	3	1	2	5	3	3	5	1	48
2009	6	4	2	4	5	1	2	3	2	6	7	5	6	3	4	6	3	6	75
2010	7	10	7	7	7	5	4	0	3	3	3	6	4	7	8	5	4	6	96
	119	117	118	119	116	114	116	121	115	117	115	116	115	116	117	115	114	118	2098

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 95% para Primavera

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	7	4	3	4		4	8	3	2	3	1	4	5	3	4	1	3	5	70
1981	4	2	2	3	3	4	4	2	5	4	0	5	4	2	4	0	3	2	53
1982	8	7	16	6	9	6	9	6	8	9	2	8	6	8	9	4	9	7	137
1983	5	5	5	5	8	6	5	2	6	5	1	7	5	5	7	0	6	4	87
1984	4	5	6	7	7	5	7	4	4	4	0	5	3	5	4	5	8	3	86
1985	0	2	1	3	3	1	1	3	2	3	2	4	3	5	3	2	2	2	42
1986	2	3	5	1	3	3	4	5	4	3	6	9	6	7	6	0	4	4	75
1987	2	1	3	3	6	3	4	4	3	3	3	2	3	5	2	3	3	1	54
1988	4	4	2	2	2	2	2	5	1	2	4	1	0	4	3	3	3	2	46
1989	1	5	3	7	3	2	4	4	2	4	3	3	1	2	3	4	3	3	57
1990	5	6	5	3	0	4	6	5	5	4	5	5	3	6	5	6	9	4	86
1991	4	4	3	2	2	4	5	4	4	5	6	1	3	3	3	3	3	5	64
1992	0	1	2	2	2	1	2	4	1	1	3	3	2	4	4	4	3	0	39
1993	8	5	7	6	13	5	11	11	10	9	8	9	4	6	5	5	7	6	135
1994	3	5	6	2	5	1	6	5	3	6	6	3	5	3	4	5	6	3	77
1995	3	6	6	5	4	3	5	6	6	7	4	4	5	6	6	6	7	8	97
1996	8	5	5	4	4	8	7	7	7	6	10	7	5	7	6	3	6	5	110
1997	4	8	6	9	6	12	9	6	9	10	9	2	7	8	8	13	6	9	141
1998	6	8	8	8	9	5	9	7	8	5	9	8	12	6	9	10	6	7	140
1999	3	5	2	3	3	3	4	4	4	4	8	3	8	2	3	4	4	3	70
2000	7	7	5	8	4	7	2	4	6	9	4	7	6	4	6	8	8	6	108
2001	7	6	9	6	9	6	5	8	6	7	5	4	4	6	7	6	5	6	112
2002	7	5	6	8	3	11	8	9	9	7	5	8	7	4	10	10	9	10	136
2003	6	4	3	4	5	6	7	5	8	8	6	4	5	4	4	9	7	4	99
2004	5	7	2	6	8	8	4	7	3	4	6	6	5	6	6	8	4	6	101
2005	8	12	7	9	11	9	9	11	13	5	5	8	8	14	11	9	8	10	167
2006	7	6	2	10	9	4	4	3	4	4	4	6	6	4	6	9	8	8	104
2007	4	4	4	5	2	7	1	3	5	3	5	5	5	3	4	2	3	6	71
2008	2	2	3	5	7	6	6	2	3	2	6	2	5	8	3	4	5	3	74
2009	10	9	7	8	4	9	12	6	9	10	11	10	12	6	8	11	10	12	164
2010	1	3	1	3	3	3	4	2	2	4	4	3	4	3	1	3	2	2	48
	145	156	145	157	163	158	174	157	162	160	151	156	157	159	164	160	170	156	2850

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 99% para Primavera

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	1	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	10
1981	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	8
1982	2	1	5	3	2	2	2	1	1	1	0	1	2	0	3	2	1	2	31
1983	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	10
1984	2	1	1	1	4	2	4	2	1	0	0	1	1	0	2	0	2	1	25
1985	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1986	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	6
1987	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	6
1988	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	7
1989	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	17
1990	1	2	0	1	0	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	2	15
1991	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	6
1992	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1993	2	2	1	2	3	0	3	4	3	2	2	2	2	0	2	3	3	1	37
1994	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1	1	1	2	13
1995	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	0	1	2	12
1996	2	0	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	13
1997	0	2	0	0	0	3	2	0	1	0	3	0	1	2	0	1	0	0	15
1998	2	1	1	2	1	1	3	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	27
1999	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	10
2000	1	1	0	0	1	2	1	1	2	2	1	2	0	1	1	1	1	1	19
2001	1	2	0	2	1	3	2	2	3	2	1	2	2	1	1	3	1	2	31
2002	2	2	2	2	0	4	1	2	2	2	1	2	0	0	2	3	2	3	32
2003	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	3	1	0	0	1	0	0	0	13
2004	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	11
2005	1	2	1	2	1	2	1	6	3	1	1	1	2	3	1	2	3	4	37
2006	1	1	0	4	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	15
2007	2	2	1	3	1	1	0	0	0	1	2	0	1	0	1	1	2	0	18
2008	1	1	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	1	2	1	16
2009	5	4	1	2	0	1	1	3	2	4	6	4	4	3	3	5	3	5	56
2010	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	34	32	21	30	25	28	33	36	30	25	35	26	26	20	25	30	31	37	524

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 95% para Verão

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	8	7	9	7	8	6	8	7	7	7	3	11	8	8	9	8	7	7	135
1981	5	3	6	3	5	2	5	5	4	4	0	8	5	5	2	5	4	1	72
1982	3	3	8	6	7	4	3	3	5	4	7	5	5	7	6	3	6	5	90
1983	8	6	11	4	8	7	8	2	5	4	1	6	4	2	4	1	5	2	88
1984	4	3	7	3	5	4	7	7	2	3	1	3	4	4	2	1	4	1	65
1985	3	1	4	3	3	4	5	5	1	3	1	5	5	2	4	3	1	4	57
1986	9	4	4	10	8	4	7	2	9	7	7	7	6	9	14	2	10	3	122
1987	6	5	7	2	5	5	3	4	6	4	8	2	5	9	3	10	4	6	94
1988	5	4	7	5	4	3	4	6	5	6	2	0	4	6	4	5	7	8	85
1989	6	8	8	6	7	7	3	6	9	8	2	5	5	12	2	5	5	3	107
1990	5	16	7	6	6	2	7	7	8	7	5	9	6	6	6	5	8	8	124
1991	4	7	5	7	4	6	8	7	6	5	3	5	4	3	5	9	5	8	101
1992	1	2	3	4	1	2	1	3	2	1	2	7	2	5	3	3	4	5	51
1993	4	7	9	8	10	1	7	3	7	9	7	10	8	9	6	10	9	10	134
1994	6	5	5	4	2	4	4	8	6	7	10	10	7	4	5	3	4	2	96
1995	10	11	11	8	11	8	14	6	9	10	28	13	11	15	5	9	9	9	197
1996	8	8	8	11	12	10	5	10	11	9	10	12	11	3	10	17	10	12	177
1997	7	7	11	10	8	12	6	9	11	16	7	7	4	15	8	7	9	8	162
1998	7	5	7	6	2	8	5	12	2	4	9	5	10	9	4	5	9	7	116
1999	6	2	7	3	7	7	10	8	10	12	8	9	13	8	3	3	4	5	125
2000	8	10	8	6	3	5	7	5	3	5	6	4	5	14	5	6	4	6	110
2001	9	7	6	7	6	9	7	8	7	6	7	6	7	6	4	9	3	6	120
2002	9	4	5	4	7	11	5	6	8	5	5	10	8	5	3	5	3	3	106
2003	7	2	5	6	5	6	7	6	7	6	10	5	10	8	5	9	5	9	118
2004	7	4	5	4	5	7	6	4	4	3	7	3	6	8	2	5	1	3	84
2005	4	3	3	7	4	5	2	6	5	4	4	3	0	1	4	2	2	5	64
2006	5	2	3	4	3	5	2	3	9	3	4	1	4	1	5	2	5	4	65
2007	9	5	9	8	11	13	8	8	6	7	12	9	8	7	8	8	12	12	160
2008	2	0	1	5	2	1	5	1	1	3	5	1	3	9	4	3	1	3	50
2009	6	5	4	9	8	5	5	2	5	5	8	6	5	2	6	7	6	6	100
2010	11	10	11	13	12	11	7	10	8	9	15	11	11	13	15	12	8	10	197
	192	166	204	189	189	184	181	179	188	186	204	198	194	215	166	182	174	181	3372

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 99% para Verão

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	2	3	2	1	2	3	2	2	1	1	1	2	3	1	2	1	0	1	30
1981	1	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	10
1982	0	1	1	1	3	2	1	2	1	3	0	3	3	2	1	0	1	2	27
1983	0	1	4	1	3	2	2	1	1	2	0	0	0	1	1	0	1	1	21
1984	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	10
1985	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	5
1986	1	0	1	1	1	1	3	0	3	1	1	3	1	4	2	0	1	1	25
1987	0	2	1	1	0	0	0	2	2	3	3	0	2	3	0	4	1	0	24
1988	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	0	10
1989	4	3	2	2	1	0	2	2	1	1	0	4	0	5	0	1	0	0	28
1990	1	4	1	2	0	0	1	2	0	0	1	1	1	0	0	1	2	0	17
1991	2	1	0	0	0	1	0	3	1	2	0	0	1	1	1	2	2	0	17
1992	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
1993	0	0	0	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3	1	3	3	21
1994	1	2	1	0	0	0	1	0	2	1	1	2	1	0	0	1	1	0	14
1995	3	5	7	4	6	3	4	2	2	3	10	7	5	6	2	2	2	3	76
1996	1	2	1	6	3	1	1	2	3	2	2	1	2	1	1	5	1	1	36
1997	1	1	2	1	3	4	2	1	3	4	3	1	2	4	1	2	4	1	40
1998	1	1	3	2	0	1	2	5	1	0	2	2	5	3	0	1	0	1	30
1999	0	1	1	0	0	1	3	0	2	3	0	3	1	1	2	1	0	0	19
2000	1	0	2	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2	1	1	3	2	17
2001	3	1	1	0	2	2	0	2	1	3	0	1	1	3	0	2	1	2	25
2002	2	0	1	0	1	5	1	4	1	2	1	1	2	2	1	1	1	0	26
2003	2	1	2	1	0	1	2	1	2	1	3	1	3	1	0	1	2	2	26
2004	1	1	1	0	0	1	2	0	2	0	1	2	2	5	0	1	1	0	20
2005	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2006	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	8
2007	3	3	3	2	5	2	2	0	2	2	4	3	2	4	2	3	3	5	50
2008	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	1	0	0	0	9
2009	0	0	0	2	3	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	13
2010	3	5	4	4	5	4	2	0	2	2	2	4	2	5	4	2	1	2	53
	34	39	48	39	41	37	38	34	36	40	41	47	43	63	30	35	35	32	712

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 95% para Outono

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	4	2	5	2	5	4	4	4	3	3	6	3	3	4	3	3	2	3	63
1981	1	1	2	1	3	1	1	1	0	3	3	2	3	2	0	1	4	0	29
1982	1	2	2	0	2	2	1	0	1	1	1	1	2	7	2	0	3	2	30
1983	9	7	11	4	11	5	11	7	6	7	3	8	4	3	6	3	8	8	121
1984	4	6	5	4	6	3	4	4	6	8	1	7	3	4	1	0	2	1	69
1985	1	3	3	3	1	2	1	3	1	1	1	2	4	1	4	1	4	4	40
1986	5	5	4	1	3	1	2	4	0	2	2	3	1	1	5	3	5	4	51
1987	7	5	6	8	8	7	8	7	8	8	9	8	7	6	6	6	5	9	128
1988	9	8	7	6	8	5	8	5	3	4	6	2	6	3	6	6	6	0	98
1989	5	7	3	3	3	2	2	4	3	3	5	2	6	3	5	4	2	3	65
1990	7	5	8	1	4	4	5	5	7	7	1	3	5	11	2	5	6	9	95
1991	3	3	5	3	1	4	2	3	1	1	1	4	3	3	3	3	2	3	48
1992	7	2	6	7	4	7	7	7	5	4	9	6	8	8	8	8	9	10	122
1993	5	4	5	4	2	5	7	5	3	4	5	4	2	3	4	5	3	6	76
1994	0	0	4	5	3	4	3	4	4	1	4	3	4	5	4	4	2	2	56
1995	4	2	1	4	0	3	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	1	1	37
1996	5	4	2	4	3	1	5	5	3	3	5	4	2	3	3	2	4	1	59
1997	3	1	2	2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	3	6	2	3	30
1998	5	2	6	8	4	7	8	10	8	9	8	9	5	4	11	11	8	7	130
1999	3	2	2	4	1	5	1	1	3	3	3	1	3	2	2	4	1	3	44
2000	2	1	0	2	2	4	0	1	2	1	0	0	0	2	1	0	0	1	19
2001	5	2	6	5	4	7	3	4	8	6	7	4	4	5	7	6	2	3	88
2002	2	3	3	3	3	6	1	5	2	4	2	2	3	2	7	3	2	3	56
2003	4	4	1	4	4	4	4	2	5	5	3	1	5	1	2	3	2	1	55
2004	6	6	3	5	4	5	4	6	5	6	4	6	7	7	6	6	5	2	93
2005	3	3	4	2	2	4	5	5	4	5	2	2	2	4	5	5	1	4	62
2006	1	2	1	2	1	2	1	4	1	2	1	3	2	1	0	1	2	0	27
2007	5	3	4	5	5	6	4	2	8	5	6	4	6	4	6	7	7	6	93
2008	4	4	1	6	6	7	2	3	5	3	5	3	2	4	6	7	6	5	79
2009	3	0	2	0	1	2	1	0	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	17
2010	8	9	8	5	7	6	7	4	7	7	8	5	7	6	12	8	5	7	126
	131	108	122	113	112	126	115	119	118	123	113	106	112	111	132	123	111	111	2106

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 99% para Outono

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	0	1	0	1	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	10
1981	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4
1982	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	7
1983	2	2	4	1	4	2	3	2	3	2	1	3	3	1	2	0	3	1	39
1984	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	7
1985	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	7
1986	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	5
1987	2	0	3	0	3	4	1	5	1	1	5	1	3	0	2	2	1	3	37
1988	1	0	1	1	2	2	1	1	1	2	1	0	1	0	1	3	3	0	21
1989	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0	9
1990	2	1	0	0	1	0	0	1	1	3	0	1	0	1	0	0	1	1	13
1991	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	4	9
1992	2	1	1	1	0	1	2	3	2	2	0	0	0	2	5	2	5	1	30
1993	3	1	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	2	0	1	0	18
1994	0	0	1	2	1	0	2	2	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	13
1995	1	1	0	0	0	3	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	11
1996	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	2	2	1	14
1997	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	3	9
1998	2	1	2	2	0	2	2	1	1	3	1	1	2	1	3	3	1	0	28
1999	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	7
2000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
2001	2	0	1	3	1	3	1	0	1	1	0	0	0	1	2	1	0	0	17
2002	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	5
2003	2	2	0	1	1	1	3	0	3	2	0	1	0	0	1	2	0	1	20
2004	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	11
2005	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	2	1	1	0	19
2006	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	9
2007	1	1	0	2	1	0	2	0	1	1	1	1	1	0	1	3	1	3	20
2008	0	2	0	1	2	2	0	0	3	2	0	1	1	0	1	2	3	0	20
2009	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
2010	4	2	3	3	2	1	2	0	1	1	1	2	1	2	4	2	3	3	37
	30	22	25	22	28	27	24	25	25	31	19	19	22	17	39	31	30	27	463

Frequência Anual dos eventos acima ou igual ao percentil 95% para Inverno

	Almirante	Araucária	Campina	Itaqui	Ouro	Don	Colombo	Contenda	Prado	Curitiba	Mandirituba	Piraquara	Fazendinha	Guaricana	Porto	Colônia	Mandacaia	Lapa	Total
1980	7	6	3	4	4	3	7	6	5	6	4	6	5	2	3	6	6	7	90
1981	1	1	2	0	1	0	1	0	2	5	1	1	0	0	0	1	0	0	16
1982	5	6	9	6	6	4	5	6	5	7	6	6	6	5	7	1	7	8	105
1983	6	8	6	6	9	6	7	8	7	7	3	7	7	7	6	5	5	6	116
1984	5	7	5	6	3	8	5	9	5	5	0	6	4	5	8	1	4	6	92
1985	0	1	0	6	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	2	17
1986	1	3	2	1	4	4	2	1	3	4	1	4	2	1	2	1	1	2	39
1987	3	7	4	1	2	3	0	4	1	1	7	3	2	2	3	4	3	3	53
1988	0	1	0	3	5	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	1	16
1989	2	4	4	0	5	3	3	2	3	2	4	2	3	2	2	4	4	1	50
1990	7	13	2	4	3	4	8	10	7	7	8	8	7	9	10	6	12	10	135
1991	2	4	4	7	0	1	2	3	1	0	1	3	2	3	3	2	2	3	43
1992	1	3	3	1	4	2	2	7	3	2	8	2	3	5	2	3	1	7	59
1993	3	4	4	2	6	1	3	2	3	2	3	2	3	1	2	4	1	4	50
1994	3	4	1	3	3	3	5	4	3	2	3	4	3	2	4	4	5	5	61
1995	2	4	2	4	4	2	4	4	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2	56
1996	6	6	5	3	3	4	4	3	5	4	6	5	3	2	5	5	3	7	79
1997	5	3	4	3	3	4	4	4	5	4	2	3	3	1	4	6	6	2	66
1998	9	6	7	3	5	6	6	9	8	8	9	7	7	5	7	11	7	6	126
1999	3	5	4	7	2	3	3	3	2	3	2	2	6	5	2	3	3	3	61
2000	5	7	6	3	4	6	6	5	4	4	3	5	4	1	5	4	5	4	81
2001	6	5	5	2	2	5	2	5	5	5	6	5	5	6	5	5	6	4	84
2002	2	2	3	4	4	2	2	4	1	1	1	1	2	3	1	3	2	2	40
2003	4	3	1	4	4	5	3	2	3	3	4	2	2	1	3	4	3	3	54
2004	3	3	0	4	0	4	2	3	1	2	1	3	4	2	2	2	3	4	43
2005	4	5	2	5	4	6	3	6	4	3	2	4	6	4	5	5	5	3	76
2006	2	1	0	2	2	1	1	1	2	0	1	1	1	1	2	2	2	2	24
2007	2	1	1	3	1	3	1	0	2	2	2	1	2	1	1	2	1	0	26
2008	5	4	2	5	5	7	1	1	5	4	3	4	5	2	7	6	8	6	80
2009	4	5	5	5	5	2	5	1	2	4	4	3	3	3	4	6	5	5	71
2010	3	5	1	5	2	1	3	1	4	4	5	3	3	1	4	3	3	5	56
	111	137	97	112	106	103	101	114	105	104	106	108	106	87	114	113	118	123	1965