

Variabilidade da precipitação mensal e sazonal em Foz do Iguaçu/PR: análise do período de 1980 a 2017

*Variability of monthly and seasonal precipitation in Foz do Iguaçu/Paraná-Brazil:
analysis of the period from 1980 to 2017*

Mariana Cristina da Cunha Souza

Faculdade de Tecnologia, Presidente Prudente, SP, Brasil

cunha.souza@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0671-1642>

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil

margarete.amorim@unesp.br

 <http://orcid.org/0000-0002-3975-493X>

RESUMO

A variabilidade dos elementos climáticos é um processo que possibilita o reconhecimento de padrões, assim como a caracterização do clima em uma cidade e/ou região. Além de interferirem diretamente no modo como o espaço é produzido em sociedade, essas variações são importantes para que haja equilíbrio entre a vida humana e os ciclos observados, reduzindo os impactos advindos de eventos extremos, por exemplo. Sendo assim, o objetivo geral deste artigo foi identificar padrões e compreender a distribuição da precipitação nas escalas mensal e sazonal em Foz do Iguaçu, estado do Paraná, na série histórica de 1980 a 2017. A metodologia consistiu na revisão da literatura científica sobre escalas climáticas e sua importância para os estudos de Climatologia Geográfica, bem como na aquisição e tratamento estatístico de dados pluviométricos. Foram usados os programas Excel e RStudio. Os resultados obtidos indicam a concentração das chuvas nas estações da primavera e verão; os desvios positivos de precipitação foram mais significativos até os anos 2000, quando passaram a ser menos marcantes na série; as amplitudes positivas de precipitação estiveram mais acentuadas nos meses de janeiro e outubro, no período chuvoso; as amplitudes negativas foram evidentes em períodos de estiagem; a máxima absoluta ocorreu na primavera e a mínima no inverno; em janeiro e outubro houve melhor distribuição das chuvas, ou seja, mais dias com precipitação; em julho e agosto houve menos dias com chuva; a dispersão dos dados foi alta em toda a série, demonstrando a heterogeneidade dos dados, entretanto, esteve mais definida no mês de agosto, durante o inverno; e algumas variações expressivas puderam ser associadas aos períodos de manifestação do fenômeno ENOS em ambas as fases, El Niño e La Niña.

Palavras-chave: Escala climática; Variabilidade climática; Climatologia Geográfica.

ABSTRACT

The variability of climatic elements is a process that enables the recognition of patterns, as well as the characterization of the climate in a city and/or region. In addition to directly interfering in the way space is produced in society, these variations are important for a balance between human life and observed cycles, reducing the impacts arising from extreme events, for example. Therefore, the general objective of this article was to identify patterns and understand the distribution of precipitation in the monthly and seasonal scales in Foz do Iguaçu-Paraná-Brazil, from 1980 to 2017. The methodology consisted of a review of the scientific literature on climate scales and its importance for Geographic Climatology studies, as well as for the acquisition and statistical treatment of rainfall data. Excel and RStudio programs were used. The results obtained indicate the concentration of rainfall in the spring and summer seasons; positive rainfall deviations were more significant until the 2000s, when they became less marked in the series; the positive amplitudes of precipitation were more accentuated in the months of January and October, in the rainy period; negative amplitudes were evident in periods of drought; the absolute maximum occurred in spring and the minimum in winter; in January and October there was a better distribution of rains, that is, more days with precipitation; in July and August there were fewer days with rain; the dispersion of data was high throughout the series, demonstrating the heterogeneity of the data, however, it was more defined in the month of August, during the winter; and some expressive variations could be associated with the periods of manifestation of the ENSO phenomenon in both phases, El Niño and La Niña.

Keywords: Climate scale; Climate variability; Geographic Climatology.

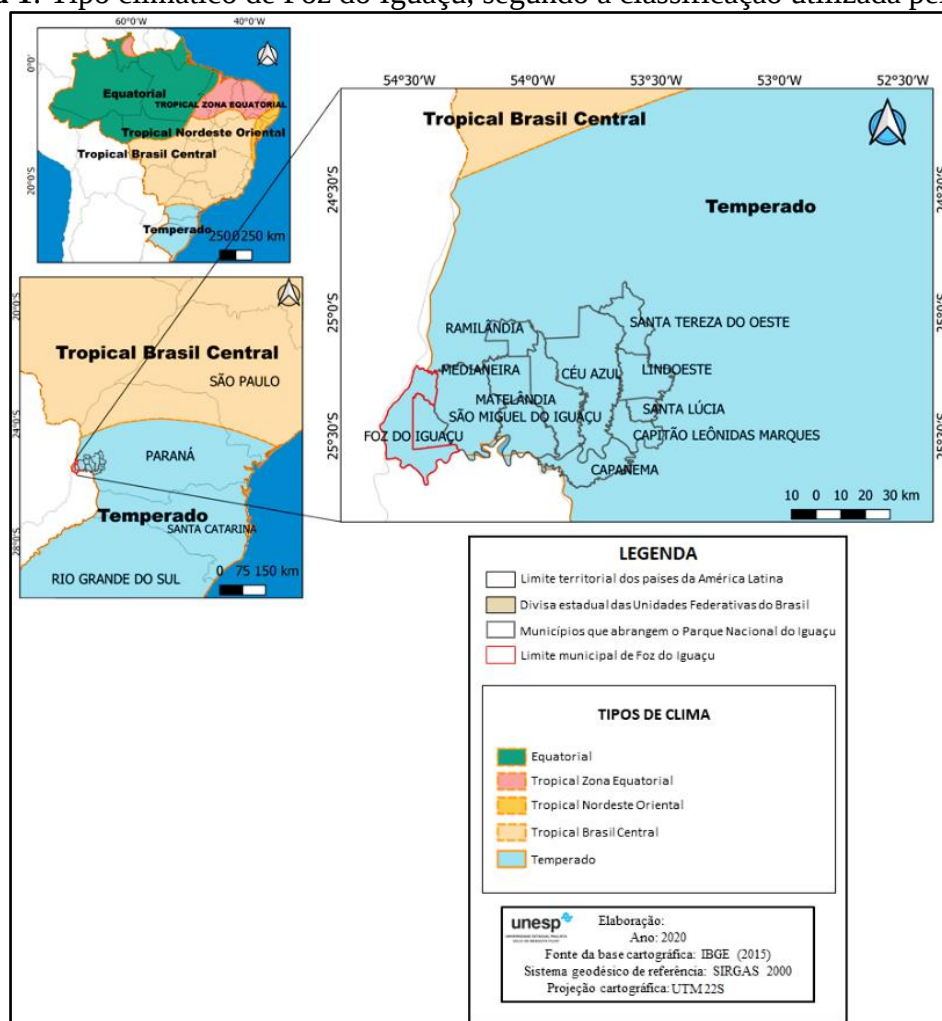
1. INTRODUÇÃO

O clima e suas variações influenciam na forma pela qual as práticas sociais são projetadas no espaço, portanto, o monitoramento de elementos como a precipitação, temperatura, umidade, direção dos ventos e outros, é uma forma de conhecer a gênese da dinâmica atmosférica e sua relação com a superfície terrestre (SANT'ANNA NETO; ZAVATTINI, 2000).

Os fatores espaço e tempo (cronológico), desse modo, são importantes na análise climática, no sentido de compreender se as variações são condicionadas por fatores de mudanças ou se são ciclos periódicos, que tendem a se repetir de tempos em tempos, tratando-se apenas da variabilidade do clima (SANT'ANNA NETO; ZAVATTINI, 2000). Logo, o objetivo geral deste artigo foi identificar padrões e compreender a distribuição da precipitação nas escalas mensal e sazonal em Foz do Iguaçu-Paraná, aplicando técnicas de estatística descritiva aos dados da série histórica de 1980 a 2017.

Foz do Iguaçu está localizada no extremo oeste no estado do Paraná, em uma área conhecida como Tríplice Fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina. Encontra-se em uma zona de transição do clima tropical e subtropical (GARCIA, 2004). Essa região apresenta temperatura média anual entre 21° e 22°C e a precipitação média anual entre 1600mm e 1800mm (INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ - IAPAR, 2018). Na classificação climática utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002) e elaborada por Nimer (1972), o clima regional é definido como temperado (considerando-se a temperatura e precipitação), subquente (média entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês) e úmido (com 1 a 3 meses secos) (**Figura 1**).

Figura 1: Tipo climático de Foz do Iguaçu, segundo a classificação utilizada pelo IBGE



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

De modo geral, no estado do Paraná, as variações climáticas estão associadas à atuação de quatro massas de ar principais: Massa Equatorial Continental (mEc); Massa Tropical Continental (mTc); Massa Tropical Atlântica (mTa) e Massa Polar atlântica (mPa) (NIMER, 1989).

A mPa (fria e úmida) predomina nos meses de inverno e no verão, a mTa e a mTc são mais atuantes, causando chuvas. A mTa (quente e úmida) causa chuvas intensas e a mTc (quente e seca) chuvas mais amenas, que ocorrem por causa do forte aquecimento da superfície, gerando sistemas convectivos esparsos e localizados (BORSATO, 2006).

Em períodos mais quentes, o Sistema de Circulação Perturbada de Sul é responsável pela maior parte das chuvas. Entretanto, o Sistema de Circulação Perturbada de Oeste ocasiona precipitação intensa, podendo ocorrer granizo e ventos com rajadas de 60 a 90 Km/h (NERY, 2005). Já nos meses de transição entre as estações do ano, como fevereiro (verão) para março (outono), as correntes de oeste formam a linha de instabilidade tropical, acarretando chuvas convectivas (TROPPMAIR, 1990; NERY, 2005; BORSATO, 2000).

Do mesmo modo, o fenômeno ENOS colabora para a variabilidade climática regional paranaense e essa relação acontece por causa da circulação zonal, que recebe as influências dos campos de pressão atmosféricos associados à temperatura (aquecimento ou resfriamento) das águas do Oceano Pacífico (NERY; MARTINS, 1998; CUNHA, 1999).

Outros sistemas atuantes no estado são os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs), especialmente na primavera e verão; e as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com maior participação a partir de setembro e outubro, estendendo-se até março e abril.

2. O CLIMA E AS ESCALA CLIMÁTICAS

De acordo com Sant'Anna Neto (2013), a forma mais adequada de se estudar os processos climáticos é em sua totalidade espaço-temporal. Por isso, as escalas climáticas são abordadas como processos dinâmicos, com atributos sensíveis aos ritmos, variações e alterações de todas as forçantes que podem interferir no sistema climático, inclusive as de origem antrópica e socioespacial. Dessa maneira, é necessário compreender como se articulam: a mudança, como escala superior e utilizada em termos de generalização; a variabilidade, como escala intermediária e que confere sentido às conexões entre a macro e a microescala; o ritmo, que se configura como a escala inferior no sentido da especificidade (**Quadro 1**).

Quadro 1: Escalas climáticas: atributos e propriedades

ESCALA	TEMPO: duração	Tempo geológico/mudança (alteração-ruptura): milhares/milhões de anos. Fenômenos: aquecimentos e glaciações; manchas solares; movimentos das correntes oceânicas. Gênese: natural.
		Tempo histórico/variabilidade e ritmo: tempo curto/associado à presença do homem na paisagem. Gênese: natural e/ou socioeconômica.
	ESPAÇO: extensão	Superiores/global/zonal: milhões de km ² . Possível estabelecer relações generalizantes e aproximativas.
		Intermediárias/regional: centenas ou milhares de km ² . Permitem a observação e a compreensão de processos, tanto naturais quanto socioeconômicos, que articulados, revelam os diversos níveis da estrutura espacial .
		Inferiores/local: abaixo de dezenas de km ² . Os atributos da paisagem permitem identificar os tipos de tempo, apresentando uma especialização dos processos , diretamente associados à produção do espaço e à morfologia urbana.

Fonte: Monteiro (1999); Sant'Anna Neto (2013).

As escalas de processos climáticos referem-se, portanto, à velocidade, duração e intensidade dos mecanismos que dotam o tempo e o clima de mobilidade e de alternância de padrões. Enquanto processos, as escalas não são fechadas em si porque estão contidas umas nas outras (SANT'ANNA NETO, 2013).

Em cada escala do clima existe a adequação da abordagem teórica, metodológica e espaço-temporal com o conjunto de técnicas utilizadas na obtenção, organização e sistematização dos dados, respeitando-se as aplicações entre os meios urbanos e rurais, bem como nas formas de comunicação dos resultados (CRISTOFOLETTI, 1995).

Destaca-se que o uso de alguns instrumentos e metodologias não se restringe somente à uma escala climática, pois eles podem ser empregados em conjunto, subsidiando análises detalhadas, que respeitam as particularidades de cada estudo. Essas questões são significativas, assim como o reconhecimento de cenários multiescalares, o debate sobre a escala em si e a efetiva integração das investigações climáticas com a dimensão socioespacial.

Para Zavattini (2002), o caminho continua sendo o de compreender como e em que medida os fenômenos de ordens diferenciadas, com relações hierárquicas não lineares e processos de produção, formação e distribuição distintos, interagem dialeticamente.

Sant'Anna Neto (2013) defende que essa articulação é admissível pelo viés da variabilidade, pois nessa dimensão são estabelecidas as relações com as escalas superiores - compreendendo como se desdobram os sistemas atmosféricos e como as transformações das paisagens impactam as variáveis climáticas, e com as escalas inferiores - identificando e particularizando os climas locais.

2.1. A escala da variabilidade na climatologia geográfica

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2007, p. 89), a variabilidade climática “[...] denota las variaciones del estado médio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos” e pode decorrer tanto de processos internos do sistema climático (variabilidade natural) quanto de forçantes externas (humanas).

Sant'Anna Neto e Zavattini (2000) definem variabilidade como os ciclos periódicos do sistema climático tendentes de repetição no tempo e no espaço. Contudo, Conti (2005) faz a ressalva de que a variabilidade dos fenômenos climáticos não apresenta tendências que se repetem de um ano para o outro e nem de década para década, como se obedecesse a um padrão pré-determinado.

Isso ocorre em função da gênese da variabilidade climática, que de acordo com Angelocci e Sentelhas (2007) pode decorrer de três causas principais: I) terrestres, associadas às alterações da composição atmosférica; II) astronômicas, observada na escala de dezenas de milhares de anos; e III) extraterrestres, cujas causas estão na variação da atividade do Sol, medida pelo número de manchas solares na sua superfície.

Na escala da variabilidade, os atributos estão conectados aos controles e componentes ligados à sazonalidade, aos padrões, aos ciclos naturais e às transformações históricas da paisagem, sejam de origens antrópicas e/ou naturais (SANT'ANNA NETO, 2008). Como escala intermediária entre o ritmo e a mudança, a variabilidade é considerada neste e em muitos outros trabalhos, um processo de análise necessário ao entendimento de como são espacializados os efeitos da dinâmica do clima no processo produtivo do espaço geográfico e da sua dimensão turística (NUNES; LOMBARDO, 1995; SANT'ANNA NETO, 2008; NASCIMENTO JÚNIOR, 2013).

A aplicabilidade da variabilidade climática é diversa e por meio dela, uma atenção especial pode ser destinada aos fenômenos atmosféricos que ocorrem de forma eventual ou episódica e que causam os maiores impactos na sociedade, interferindo diretamente no cotidiano das pessoas e no modo como o espaço é produzido (SANT'ANNA NETO, 2013).

Apesar da sua importância, os estudos sobre variabilidade climática nem sempre foram sistematizados como são hoje. Nunes e Lombardo (1995) afirmam que na década de 1990, a sociedade e os recursos tecnológicos estavam relativamente adaptados a certo nível de variabilidade.

Nessa época, o que acontecia fora dos limites de variação esperados, ocasionava situações de risco e perigo para a sociedade. Igualmente, as inconsistências nas definições da variabilidade e a falta de articulação entre os resultados das pesquisas com a dimensão socioespacial, inviabilizava considerações mais abrangentes para a apreensão da totalidade, exercício analítico defendido por Sant'Anna Neto (2013).

De certa forma, não havia consenso sobre a questão da variabilidade climática, pois, enquanto alguns pensadores defendiam que apenas as considerações mais generalizantes poderiam levar a uma compreensão do tema, outros afirmavam que esses estudos negligenciavam as feições locais, dificultando a relação entre fenômenos globais, regionais e locais. Para estes pensadores, seria em nível local e regional que o efeito dos impactos, devido à variabilidade climática, seria mais sentido (NUNES; LOMBARDO, 1995).

Nascimento Júnior (2017) pontua sobre a necessidade de se abordar a variabilidade climática como processo ou componente do clima, alegando que no campo da Geografia, essa diferenciação é fundamental na compreensão dos aspectos que diferenciam a mudança da variabilidade.

Confalonieri (2003, p. 194) explica que a variabilidade não é sinônimo de mudança climática porque a mudança, enquanto propriedade inerente ao sistema climático terrestre, representa oscilações naturais nos padrões do clima, que serão observadas desde a escala local até a global. A adoção da escala é que definirá se trata-se de variabilidade ou mudança. O aumento e/ou intensificação da variabilidade pode preceder a mudança. Não há, portanto, uma distinção absoluta entre variabilidade e mudança climática, pois uma flutuação que indica variabilidade na escala de milênios pode representar, contrariamente, uma mudança na escala de décadas ou séculos.

3. METODOLOGIA

Na Climatologia Geográfica, a escala da variabilidade é admitida para os estudos que buscam analisar as variações em séries históricas de no mínimo 30 (trinta) anos. Atualmente, os instrumentos de medição automáticos fixados em estações climatológicas no solo, juntamente com as geotecnologias e sensoriamento remoto, possibilitam o monitoramento contínuo da atmosfera e a aquisição de dados permanentes sobre as características climáticas ao redor do mundo, facilitando as pesquisas pautadas em critérios de variação espacial e temporal.

No estado do Paraná, Foz do Iguaçu é uma das cidades que possuem séries históricas longas o suficiente para se observar padrões de variabilidade em escalas mais amplas (NASCIMENTO JÚNIOR, 2013).

Por isso, foi selecionado um período de 38 anos - 1980 a 2017, para a realização dessa pesquisa. Os dados de precipitação mensal e número de dias com chuva (NDC) foram cedidos por e-mail pelo Instituto Águas do Paraná, que monitora a coleta realizada pela estação meteorológica Salto Cataratas (**Quadro 2**).

Quadro 2: Características da Estação Meteorológica Salto Cataratas

ESTAÇÃO	PRIMEIRA LEITURA	ALT. (m)	COORDENADAS		PERÍODO DE OBS.
			LAT. (S)	LONG. (W)	
Salto Cataratas	01/08/46	152	25° 40' 59"	54° 25' 59"	1960 - atual

Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

Os arquivos foram disponibilizados em planilhas do Excel¹, facilitando a sistematização no *RStudio Desktop*². As análises foram iniciadas com a identificação de parâmetros básicos, como a média ($\bar{X}$), o desvio padrão (DP), o coeficiente de variação (CV) e os valores máximos/mínimos.

¹ Editor de planilhas da *Microsoft Corporation*.

² Software de domínio público desenvolvido pela empresa *RStudio, Inc*, sendo um ambiente de desenvolvimento integrado para cálculos estatísticos e gráficos, em linguagem de programação R.

O DP foi calculado a fim de se obter o coeficiente de variação. Na estatística, o desvio padrão indica uma medida de dispersão dos dados em torno de média amostral de uma variável aleatória. Um baixo desvio padrão demonstra que os pontos dos dados tendem a estar próximos da média ou do valor esperado. Um alto desvio padrão indica que os pontos dos dados estão espalhados por uma ampla gama de valores.

Logo, o DP pode ser usado para detectar valores extremos em séries históricas de precipitação. Para identificar os valores extremos positivos é somado o desvio junto à média do período. Para os extremos negativos, o cálculo consiste em subtrair o valor à média do período. Assim, todos os valores médios que se encontram além desses limiares podem ser considerados extremos e/ou anômalos (FANTE, 2014).

O CV consiste em uma média relativa à dispersão, útil para a comparação e observação em termos relativos do grau de concentração em torno da média de séries distintas. Com essa análise, buscou-se definir a variação do conjunto dos dados pluviais. Quanto mais próximo a 0 (zero), menor é a dispersão dos dados e menor é a amplitude entre os valores máximos e mínimos. Ou seja, mais parecidos são os valores da série e pouco oscilam em relação à média (FANTE, 2014; VIDE, 2013).

O CV também foi utilizado para compreender de que forma os dados de precipitação se apresentam no conjunto trabalhado. Assim, a variabilidade nas escalas mensal e sazonal³ e do NDC foram obtidas por meio da função padronizar disponível no Excel, que usa um valor numérico, a média e o desvio padrão para retornar um escore padronizado Z.

Tendo em vista a observação de dados faltantes (menos de 5%), foi feito o preenchimento das falhas, utilizando-se os valores médios da variável (precipitação e NDC), obtidos na coluna correspondente dentro da planilha. A imputação pela média não altera a média amostral, mas dependendo do conjunto de dados e da porcentagem de dados faltantes, pode alterar outras características da distribuição porque os valores que foram considerados não são os reais (NUNES; KLÜCK; FACHEL, 2009; DURRANT, 2005).

Para identificar os meses-padrão e realizar a análise sazonal (Quadro 2) da precipitação foi aplicada a técnica do percentil, resultando na representação dos dados em painéis de variabilidade espaço-temporal. O percentil foi selecionado porque usa os quantis e não é influenciado pelos pontos *outliers*, permitindo o entendimento da variabilidade e das anomalias, de modo mais detalhado e com menor generalização (GRAÇA MARTINS, 2014).

Foi estabelecido o percentil 20, isto é, percentil de 0 a 0,20 foram considerados meses muito secos (MMS), percentil de 0,21 a 0,40 foram considerados meses secos (MS), percentil de 0,41 a 0,60 foram considerados meses habituais (MH), percentil de 0,61 a 0,80 foram considerados meses chuvosos (MC) e percentil de 0,81 a 1 foram considerados meses muito chuvosos (MMC). A análise sazonal seguiu a mesma regra (Quadro 3).

Quadro 3: Classificação dos meses-padrão e sazonal por cores: Percentil 20

CLASSIFICAÇÃO	INTERVALOS DA P MESES-PADRÃO (mm)	INTERVALOS DA P SAZONAL (mm)	COR
MMS	$\geq 0\text{mm}$ e $\leq 62.8\text{mm}$	$\geq 0\text{mm}$ e $\leq 296.92\text{mm}$	
MS	$> 62.8\text{mm}$ e $\leq 109\text{mm}$	$> 296.92\text{mm}$ e $\leq 389.72\text{mm}$	
MH	$> 109\text{mm}$ e $\leq 158.2\text{mm}$	$> 389.72\text{mm}$ e $\leq 468.72\text{mm}$	
MC	$> 158.2\text{mm}$ e $\leq 216.8\text{mm}$	$> 468.72\text{mm}$ e $\leq 572.12\text{mm}$	
MMC	$> 216.8\text{mm}$	$> 572.12\text{mm}$	

Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

O conjunto de técnicas aplicado ao tratamento dos dados são eficientes para se compreender padrões, variações, linearidades e descontinuidades numéricas, contribuindo para tecer análises qualitativas e quantitativas, com rigor técnico e científico.

³ Por sazonal entende-se: verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante a análise dos meses-padrão de 1980 a 2017 mostram períodos mais expressivos de estiagem nos primeiros anos da década de 1980, com exceção de 1983 (*El Niño* muito forte). A década de 1990 foi mais úmida, entretanto, 1991, 1995 e 1999 (anos de *La Niña*) sofreram com secas. Os anos 2000 foram mais secos que os anteriores e nos últimos anos da série histórica, foram observados períodos mais úmidos (**Quadro 4**).

Quadro 4: Pannel de classificação dos meses-padrão em Foz do Iguaçu: 1980 a 2017

ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1980	281,8	80,0	93,0	44,6	269,9	59,9	46	107,9	151,9	189,5	96	79,5
1981	131,2	49,8	66,5	202,8	35,8	102,1	0	3,9	90,9	133,7	97,5	323,7
1982	20,4	163,2	70,9	52,7	72,9	157,5	287,7	135,5	39,6	157,7	498,9	46,8
1983	191,4	156,6	198,1	304,8	347,0	185,9	420,5	7,4	223,3	253,9	296,4	24,5
1984	130,3	71,6	129,6	186,7	40,4	194,3	53,2	140,5	80,0	95,3	177,9	105
1985	54,8	188,4	114,0	143,1	105,7	84,2	118,3	75,5	40,3	133,3	61,3	27,4
1986	164,9	282,0	183,5	91,0	335,8	42,1	70,6	123,3	175,1	131,6	102,5	209,3
1987	149,9	208,7	40,5	268,4	251,8	48,8	111,6	35,6	17,9	294,5	200,8	206,1
1988	98,1	135,8	34,7	176,8	163,3	134,1	2,3	11,4	21,4	199	69,4	70
1989	226,1	151,5	86,0	113,0	61,8	155,6	71,1	251	179,5	220	67,3	119,8
1990	390,5	76,9	111,6	288,5	234,3	271,9	129,7	317,7	335,5	117,7	107,4	139,9
1991	233,9	0,5	71,2	139,2	77,5	286,6	24,5	50,2	104,4	78,6	148,8	247,9
1992	10,2	247,0	191,2	185,4	373,9	134,9	155,6	167,4	118,5	169,6	137,7	86,1
1993	196	160,2	160,8	18,9	222,2	226,7	152,9	20,5	215,8	179,5	177,1	146
1994	37,9	257,9	54,3	118,9	214,3	248,7	69,6	27,4	113,9	189	375,7	244,2
1995	136,3	120,3	194,0	138,1	12,8	53,3	55	27,9	168,2	209,7	37,3	96,8
1996	166,1	180,5	185,9	106,6	104,0	109,6	71	14,8	139	636,2	160,6	514,4
1997	132,5	146,5	38,2	75,6	367,6	275,4	96,6	191,6	213,4	200,9	332,7	124,9
1998	93,3	242,7	279,0	292,5	152,6	82,8	39	303	227,9	272,3	35,2	126,8
1999	171,2	133,7	68,9	125,6	132,4	167,9	109,5	19	60,8	41,5	66,3	197,5
2000	223,2	192,7	52,8	143,5	158,2	185,1	60,7	126,8	142,7	216,8	128,2	196,5
2001	172,7	275,1	86,1	158,2	68,5	121,4	97,7	50,3	134,6	117,6	170,4	186,2
2002	290,3	53,4	64,6	39,5	350,9	87,3	69,2	94,7	115,7	297,2	316,5	294,6
2003	99,1	166,6	84,4	133,5	30,5	82,8	62,8	49,7	194,1	324,7	117,2	442,1
2004	13,5	44,9	67,5	132,9	356,5	66,9	156,1	14,5	49,3	245,8	171,3	29,1
2005	168,8	9,7	33,5	119,7	331,5	188,1	85	41,2	227	405,2	36,8	50,9
2006	206,5	64,0	220,2	79,0	2,0	92,6	26,4	88,2	184	174	232,6	244,2
2007	149	101,9	66,8	232,2	179,8	19	88,4	20,8	26,4	129,2	193,5	169
2008	171	99,0	38,7	269,3	89,0	204	79	187	146	289	109	43
2009	183	150,0	45,0	76,0	321,0	102	161	176	255	403	203	217
2010	155	142,0	256,0	141,0	90,0	58	127	21	106	222	74	319
2011	104	125,0	88,0	131,0	11,0	85	217	191	160	283	142	43
2012	121	41,0	61,0	243,0	103,0	156	140	3	43,2	265	80	184
2013	160	166,0	154,0	72,0	202,0	242	54	57	136	174	148	108
2014	194	90,0	285,0	234,0	232,0	438	208	20	201	74	133	235
2015	110	126,0	103,0	114,0	214,0	104	246	42	100	108	294	366
2016	158	181,0	242,0	66,0	153,0	34	62	172	43	212	95	232
2017	90	217,0	126,0	196,0	221,0	70	6	171,4	134,63	212	159,22	175,57

Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

Algumas sínteses são pertinentes quanto aos meses-padrão:

- I. Em julho (34%) e agosto (53%) foram mais recorrentes os meses-padrão muito secos.
- II. Em março (34%), junho (29%) e novembro (29%) foram mais comuns meses-padrão secos. Neste momento uma ressalva é fundamental: ao considerar a precipitação média

acumulada para novembro, nota-se que este mês poderia ser classificado como mês-chuvoso, já que o valor registrado é maior, por exemplo, do que em janeiro (MC). No entanto, quando se analisa o mês de novembro em escala de detalhe, verifica-se que as anomalias positivas de precipitação ocorridas nos anos 1982, 1983, 1994, 1997, 2002, 2006, 2009 e 2015, ocasionam o aumento do valor médio da precipitação acumulada no mês.

III. Nos meses de fevereiro (26%), abril (37%) e setembro (26%) o mês-padrão característico foi o habitual.

IV. Em janeiro (32%) a maior parcela das observações referiu-se ao mês-padrão chuvoso. Os meses de maio (37%), outubro (37%) e dezembro (32%) foram classificados como meses-padrão muito chuvosos.

Sazonalmente, as estações da primavera e verão são mais úmidas; já o outono e inverno, mais secas (**Quadro 5**). Essa característica é marcante em toda a série.

Quadro 5: Painel de classificação sazonal em Foz do Iguaçu: 1980 a 2017

ANO	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
1980	441,3	407,5	213,4	437,4
1981	504,7	305,1	106	322,1
1982	230,4	196,5	580,7	696,2
1983	372,5	849,9	613,8	773,6
1984	306,9	356,7	388	353,2
1985	270,6	362,8	278	234,9
1986	656,2	610,3	236	409,2
1987	564,7	560,7	196	513,2
1988	303,9	374,8	147,8	289,8
1989	497,4	260,8	477,7	466,8
1990	607,3	634,4	719,3	560,6
1991	482,3	287,9	361,3	331,8
1992	343,3	750,5	457,9	425,8
1993	502,2	401,9	400,1	572,4
1994	540	387,5	345,7	678,6
1995	353,4	344,9	136,2	415,2
1996	861	396,5	195,4	935,8
1997	403,9	481,4	563,6	747
1998	462,8	724,1	424,8	535,4
1999	502,4	326,9	296,4	168,6
2000	612,4	354,5	372,6	487,7
2001	634	312,8	269,4	422,6
2002	638,3	455	251,2	729,4
2003	707,8	248,4	195,3	636
2004	87,5	556,9	237,5	466,4
2005	229,4	484,7	314,3	669
2006	514,7	301,2	207,2	590,6
2007	419,9	478,8	128,2	349,1
2008	313	397	470	544
2009	550	442	439	861
2010	616	487	206	402
2011	272	230	493	585
2012	346	407	299	388,2
2013	434	428	353	458
2014	519	751	666	408
2015	602	431	392	502
2016	571	461	268	350
2017	482,57	543	247,4	505,85

Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

As porcentagens de ocorrência são: verão com 31,6% dos anos com padrão chuvoso; primavera com 31,6% dos anos com padrão muito chuvoso; outono com 26,3% dos anos com padrão habitual e 26,3% dos anos com padrão seco; e inverno com 47,4% dos anos com padrão muito seco. Haja vista que Foz do Iguaçu está em uma região de clima temperado, subquente e úmido, essa informação corroborou a concentração de chuvas na primavera e no verão.

Conforme esclareceu Borsato (2006), durante o verão, a mTa e a mTc dão origem às correntes de norte e nordeste, com contínuos avanços e recuos acompanhados de instabilidades pré e pós-frontais. A mTa causa chuvas intensas, já os episódios de precipitação provenientes da mTc são amenos. A mTc é mais persistente no final da primavera e início do outono.

Em relação às máximas e mínimas, observou-se que a máxima absoluta⁴ e a maior média da precipitação mensal acumulada em Foz do Iguaçu foram registradas na primavera, em outubro (MMC). A mínima absoluta foi registrada no inverno, em julho, assim como a menor média mensal, em agosto, ambos MMS (**Figura 2**).

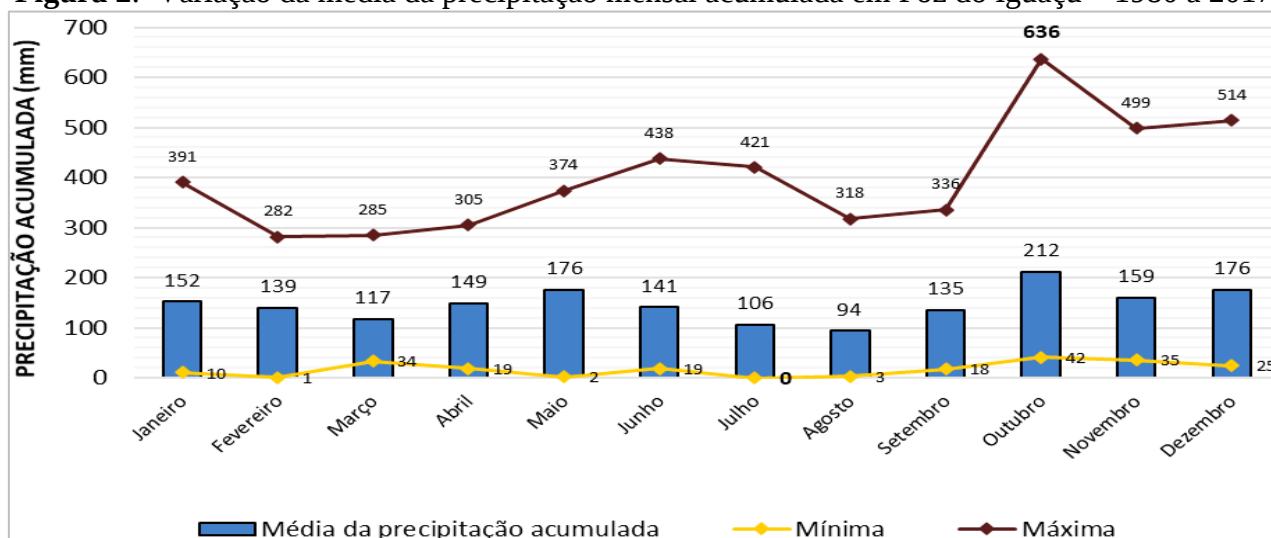
Foi verificado o aumento das chuvas em dois períodos durante o ano: no outono, a partir de abril e na primavera, a partir de setembro, padrão que também corresponde à variação do NDC. As amplitudes positivas, que representam mais dias com chuva no período, são mais acentuadas nos meses de janeiro (MC) e outubro (MMC), ou seja, nesses meses existe melhor distribuição da precipitação (**Figura 3**).

Por outro lado, para os meses de julho e agosto, os desvios negativos representam menos dias com chuva, característica esperada por se tratar de MMS (**Figura 4**).

A dinâmica supracitada também reflete a influência dos SCMs e das ZCAS, que intensificam a precipitação durante a primavera (setembro, outubro e novembro) e o verão (dezembro, janeiro e fevereiro). As ZCAS podem, ainda, se estender até março e abril, durante a estação do outono.

A respeito da variação dos dados, nota-se que a dispersão da precipitação na cidade foi alta (**Figura 5**), sobretudo na estação seca, quando predomina a atuação da mPa e ocorre a diminuição das chuvas. Entretanto, ao penetrar no continente sob a forma de frente fria, a mPa pode provocar instabilidades no tempo, como a queda da temperatura e eventos de precipitação intensa, devido às suas características: fria e úmida (MONTEIRO, 1968).

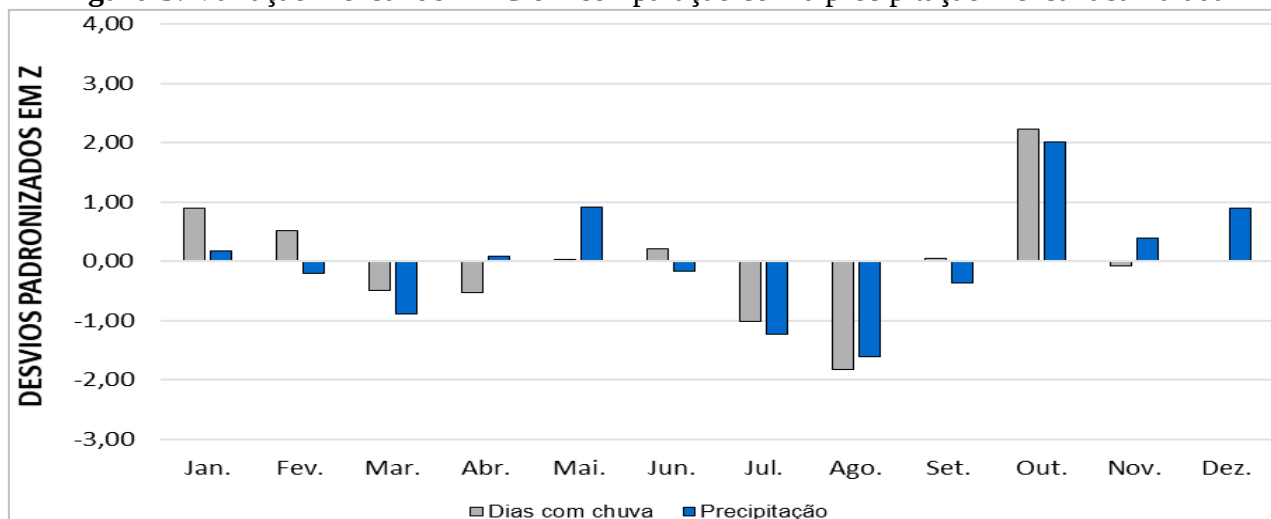
Figura 2: Variação da média da precipitação mensal acumulada em Foz do Iguaçu – 1980 a 2017



Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

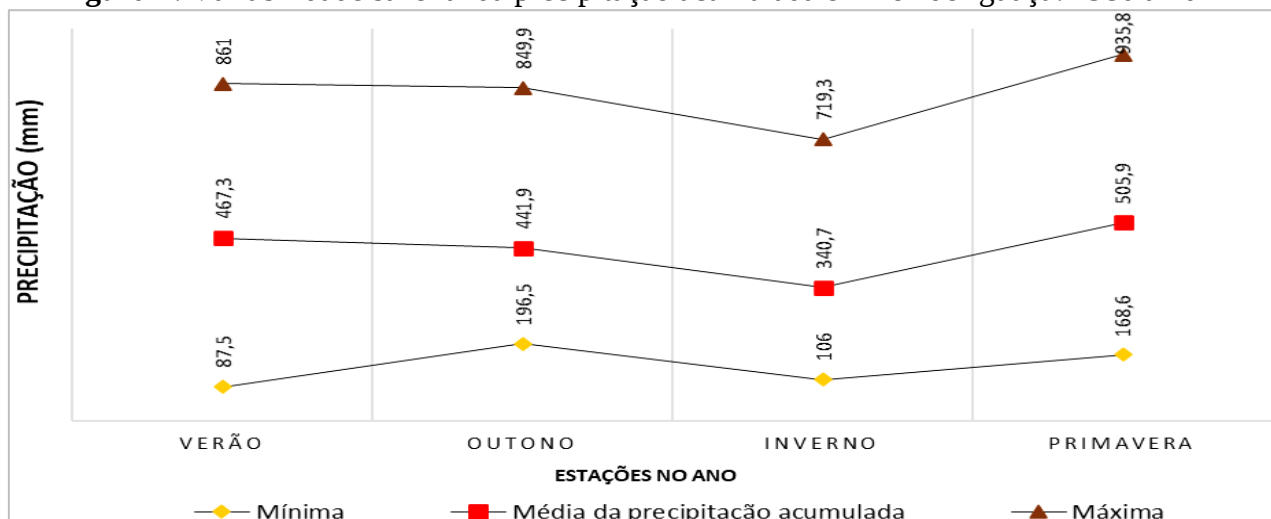
⁴ A máxima absoluta de 636mm registrada em outubro de 1996 foi confirmada pela análise dos metadados da planilha utilizada e em comparação com os dados de outras estações meteorológicas localizadas em Foz do Iguaçu, que apresentaram valores iguais ou bastante similares.

Figura 3: Variação mensal do NDC em comparação com a precipitação mensal acumulada



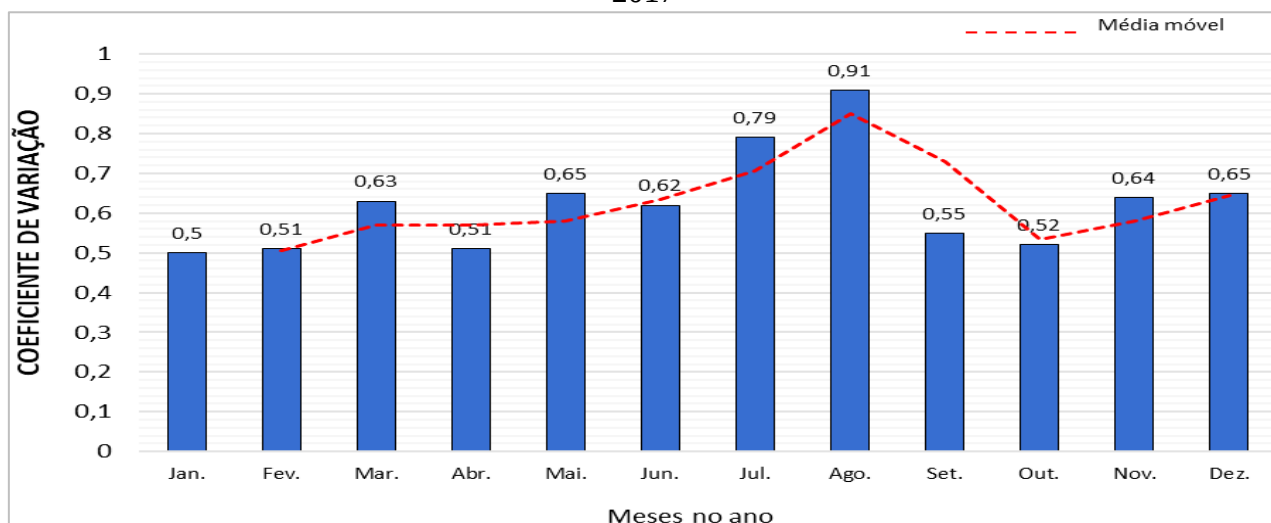
Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

Figura 4: Variabilidade sazonal da precipitação acumulada em Foz do Iguaçu: 1980 a 2017



Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

Figura 5: Coeficiente de variação mensal da precipitação acumulada em Foz do Iguaçu: 1980 a 2017

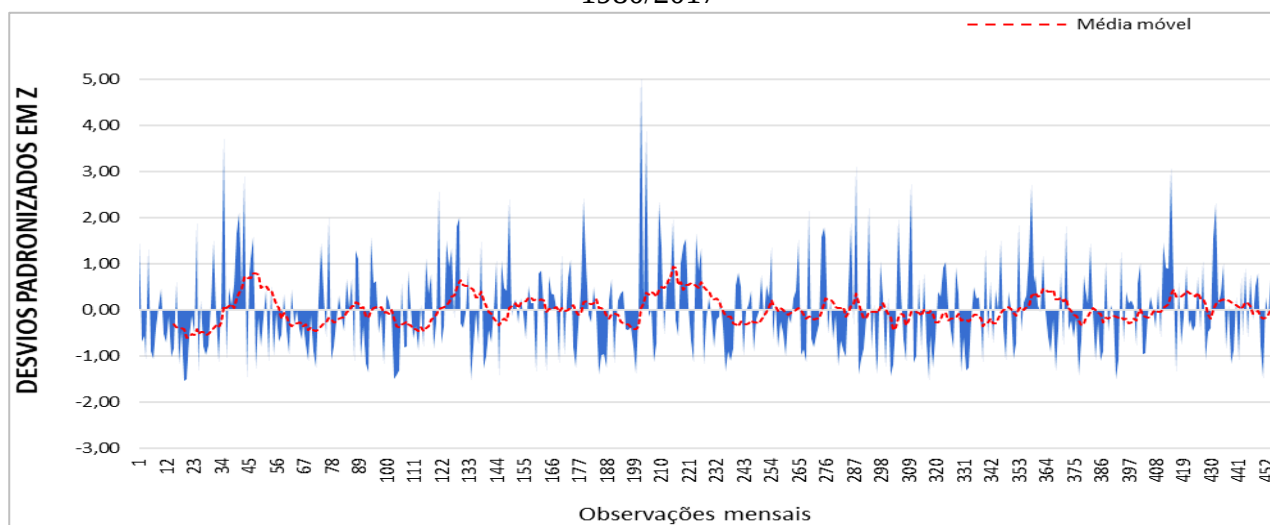


Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

O mês com o maior CV foi agosto (MMS) - 91% e o mês com menor CV foi janeiro (MMC) - 50%, reforçando o padrão da estação seca em relação a estação chuvosa, isto é, os dados oscilam de maneira mais expressiva em épocas secas. A média móvel confirma esse comportamento, evidenciando que o aumento mais efetivo do coeficiente de variação se dá a partir de junho, mês que marca o início do inverno no Brasil.

De modo geral, os dados da precipitação mensal acumulada em Foz do Iguaçu mostram que há flutuações marcantes em todo o período analisado. Todavia, os desvios são mais expressivos até o início dos anos 2000, especialmente os positivos, indicando ocorrência de precipitação mais intensa (**Figura 6**).

Figura 6: Variação mensal da precipitação absoluta acumulada em Foz do Iguaçu – série histórica 1980/2017



Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

Notam-se mais desvios próximos de +1 até o início dos anos 2000 (na observação mensal – número 241). A partir de então, contrariamente, a variabilidade das chuvas na cidade parece menos marcante, com menor ocorrência de valores extremos. Logo, mais próximos de 0.

Outras variações significativas também foram associadas aos períodos correspondentes à manifestação do fenômeno atmosférico-oceânico ENOS. Essa informação é relevante para o processo analítico da variabilidade das chuvas em Foz do Iguaçu, uma vez que de acordo com Nery (2005), a relação entre anomalias positivas e negativas de precipitação e a ocorrência do El Niño e/ou La Niña já foi confirmada por estudos científicos. Alguns exemplos são as pesquisas de Sampaio e Satyamurty (2014), Calderon e Borsato (2017), Chiella e Limberger (2017), dentre outros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados de precipitação acumulada em Foz do Iguaçu na série histórica 1980 a 2017 mostra que grande parte dos anos-padrão chuvosos e muito chuvosos coincidem com períodos de manifestação do El Niño. Já os anos-padrão secos e muito secos também parecem estar relacionados à fase fria do fenômeno ENOS, isto é, ao La Niña. Em toda a América do Sul, o ENOS ocasiona perturbações no sistema climático e, especialmente na região Sul do Brasil, o La Niña provoca estiagem e o El Niño contribui para o aumento dos totais de precipitação. Além dos fenômenos que ocorrem em escala sinótica, a precipitação na cidade de Foz do Iguaçu relaciona-se à circulação atmosférica regional, dinamizada pelos sistemas frontais, pelos SCMs e pelas ZCAS.

Diante dos resultados apresentados, justifica-se a necessidade de abordagem do clima e estruturação das reflexões com base no pensamento escalar, ou seja, como exercício básico ao

entendimento e à interpretação dos dados climáticos como um instrumento aproximativo da realidade investigada. As escalas dos fenômenos climáticos possibilitam compreender a gênese das variações observadas. Ademais, os saberes relacionados às escalas dos fenômenos climáticos são norteadores ao entendimento da produção do espaço em sociedade.

A escala climática não é um dado, nem o ato de delimitar, ao contrário, é o processo pelo qual o fenômeno é observado. Na perspectiva temporal, por exemplo, a escala da variabilidade possibilita a incorporação de apreciações sobre os processos superiores e inferiores do sistema climático como a ocorrência de eventos extremos e suas repercussões socioespaciais.

Nesse sentido, a aplicação das técnicas de estatística descritiva no processo analítico da variabilidade da precipitação para Foz do Iguaçu mostrou-se pertinente ao objetivo geral estabelecido para o artigo, subsidiando a identificação dos padrões de distribuição das chuvas na escala mensal e sazonal. Metodologicamente, portanto, considera-se a análise quantitativa e estatística fundamental aos estudos da variabilidade, uma vez que propicia o entendimento de como os elementos do clima se apresentam em períodos e ciclos de episódios normais e extremos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Ministério do Meio Ambiente e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, que autorizaram a realização da pesquisa no Parque Nacional do Iguaçu. Do mesmo modo, ao Instituto Águas do Paraná, por disponibilizar os dados pluviométricos solicitados.

REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Variabilidade, anomalia e mudança climática**. Material didático da disciplina LCE306 - Meteorologia Agrícola. 2007.

BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Auto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Nupélia, UEM: Maringá.

BORSATO, V. A. **A climatologia dinâmica e o ensino da geografia no segundo grau: uma aproximação ao problema**. Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. Revista GeoNotas, v. 4, n.1, 2000.

CALDERON, G.; BORSATO, V. A. **O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1, p. 177-197, 2017.

CHIELLA, M. F.; LIMBERGER, L. **Variabilidade Climática em Foz do Iguaçu-PR**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais[...]** Campinas-SP, p. 2629-2632., 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **A geografia física no estudo das mudanças ambientais**. In: BECKER, B. et al. (orgs.) Geografia e meio ambiente no Brasil. São Paulo: Hucitec, p.334-345, 1995.

CONFALONIERI, U. E. C. **Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil**. Terra Livre. São Paulo. Ano 19, v. I, n. 20. Jan/jul., p. 193-204, 2003.

CONTI, J. B. **Considerações sobre as mudanças climáticas globais**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 16, p.70-75, 2005.

CUNHA, G.R. **El Nino oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.2, p.277-284, 1999.

DURRANT, G. B. **Imputation methods for handling item-nonresponse in the social sciences: a methodological review**. NCRM (NCRM Working Paper Series, (NCRM-002), 2005.

FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente-SP, 2014.

GARCIA, M. R. **A influência termo-pluviométrica na produtividade de grãos a norte do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2004.

GRAÇA MARTINS, M. E. **Percentis**. Rev. Ciência Elem., v.2. n. 3, 2014. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/218/>. Acesso em: 01 jul. 2021.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. 2018. Disponível em: <http://www.iapar.br/>. Acesso em: 12 de fev. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Climas zonais – IBGE - Atlas geográfico**. 2002. Disponível em: https://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf. Acesso em: 01 mar. 2023.

IPCC. Cambio climático 2007: **Informe de síntesis**. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **O estudo geográfico do clima**. Cadernos Geográficos, Florianópolis, n. 1, UFSC/Depto de Geociências, 1999.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. Climatologia, São Paulo, n. 1, p. 1- 21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima**. In: IBGE - Geografia do Brasil-Grande Região Sul. RJ, p. 114-145, 1968.

MORE. **Mecanismo online para referências**, versão 2.0. Florianópolis: UFSC: Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 09 fev. 2023.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente-SP, 2013.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **Perspectivas da variabilidade**. Geografia em Questão. v.10. n. 1, p. 95-114, 2017.

NERY, J. T. **Dinâmica climática da região sul do Brasil**. Revista Brasileira de climatologia. Aracaju, v.1, n. 1, p. 61 – 75, 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Rio de Janeiro, 1989.

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

NUNES, L.N; KLÜCK, M. M.; FACHEL, J. M. G. **Uso da imputação múltipla de dados faltantes**: uma simulação utilizando dados epidemiológicos. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, p. 268-278, 2009.

NUNES, L. H; LOMBARDO, M. A. **A questão da variabilidade climática**: Uma reflexão crítica. *Instituto Geológico*. São Paulo, n. 16, p. 21 – 31, 1995.

SAMPAIO, G. O.; SATYAMURTY, P. **O El Nino de 1997/98**: evolução e impactos no Brasil, 2014.

SANT'ANNA NETO, J. L; ZAVATINI, J. A. (org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: Implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá, EDUEM, 2000.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Escalas geográficas do clima. Mudança, variabilidade e ritmo**. *In*: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L; MONTEIRO, A. (org.). *Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso*. – 1ª ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 75– 92, 2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da Climatologia Geográfica a Geografia do Clima**: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. *Anpege*, v. 4, p. 61 – 88, 2008.

TROPPMAIR, H. **Perfil fitoecológico do Estado do Paraná**. *Boletim de Geografia – UEM*, p. 67-81, 1990.

VIDE, J. M. **El tiempo y el clima**. 1ª ed. Barcelona/Espanha: Rubes Editorial, 2013.

ZAVATTINI, J. A. **O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil**. *Revista Geografia*, Rio Claro, v. 27, n. 3, p. 101-131, 2002.



Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.