



HISTÓRICO E PROJEÇÃO DE ENXURRADAS EM MORRETES- PR

Emerson Luís Pawoski da Silva¹

Maria Helena de Carvalho Rodrigues Silva²

Francisco de Assis Mendonça³

RESUMO

A cidade de Morretes, do litoral sul do Brasil, é adjacente à cadeia de montanhas da Serra do Mar. Esse relevo em conjunto com a convecção e encontro de massas de ar, fazem as precipitações serem intensas na região e associadas a desastres hidrológicos, como as inundações rápidas, ou enxurradas. Conforme previsões climáticas, o aumento da temperatura proporcionará o incremento na precipitação e risco de enxurradas. Para compreender a relação entre precipitação e enxurradas na macrozona urbana de Morretes, verificou-se a pluviosidade 1940 a 2020 com dados da Agência Nacional de Águas, registros de enxurradas com relatórios da Defesa Civil, episódios ENOS e projeção futura da precipitação dos meses com mais desastres com observações meteorológicas. A interação desses itens foi avaliada pela Correlação de Pearson. A relação retrospectiva demonstra que as enxurradas em Morretes são influenciadas pela precipitação, mas, outros fatores, como a cobertura da terra, interferem nesse desastre. Essas chuvas não demonstraram ter relação com ENOS, mas, futuros estudos com o Modo Anular Sul são indicados para encontrar associações com outras teleconexões. A relação projetiva é que com o aumento da temperatura acima de 2°C, a média mensal da precipitação de março aumente e desastres hidrológicos sejam mais comuns. De acordo com o histórico de urbanização, são previstas quantidades menores de enxurradas, inundações rápidas, e maiores das graduais e de alagamentos. O planejamento territorial e adequada cobertura da terra são recomendados para gestão desses desastres futuros.

Palavras-chave: Precipitação, Modelagem, Desastres.

RESUMEN

La ciudad de Morretes, en la costa sur de Brasil, colinda con la Sierra del Mar. Este relieve, con la convección y el encuentro de masas de aire, hacen que las lluvias en la región sean intensas y asociadas con desastres hidrológicos, como inundaciones repentinas y anegamiento. Según las previsiones meteorológicas, el aumento de temperatura incrementará las precipitaciones y riesgo de inundaciones. Para comprender la relación entre precipitación e inundaciones repentinas en la macrozona urbana de Morretes, se verificó la precipitación de 1940 a 2020 con datos de la Agencia Nacional del Agua, los registros de inundaciones con informes de Defensa Civil, episodios ENOS y la proyección futura de precipitación de meses con más desastres con observaciones meteorológicas. La interacción de estos ítems se evaluó mediante la Correlación de Pearson. Retrospectivamente, las inundaciones en Morretes están influenciadas por las precipitaciones, pero además, por otros factores como la cobertura del suelo, interfieren en este desastre. Estas lluvias no han mostrado estar relacionadas con ENOS, pero se indican estudios futuros con el Modo Anillo del Sur para encontrar asociaciones con otras *teleconexiones*. La

¹ Doutorando em Geografia na Universidade Federal do Paraná - UFPR, em.pawoski@gmail.com;

² Doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ, mhcrsilva@gmail.com;

³ Doutor em Geografia na Universidade Federal do Paraná - UFPR, chico@ufpr.br.



proyección es que con un aumento de temperatura por encima de 2°C el promedio mensual de precipitación de marzo aumentará y los desastres hidrológicos serán más comunes en ese período. Según el histórico de la urbanización, se pronostican cantidades reducidas de inundaciones rápidas y mayores de inundaciones graduales. Se recomienda una planificación territorial y una cobertura de la tierra adecuada para la gestión de estos futuros desastres.

Palabras clave: Precipitación, Modelaje, Desastres.

INTRODUÇÃO

O Litoral do Estado do Paraná, na região do Brasil, inclui as cidades: Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá e Pontal do Paraná, bem como áreas rurais de outras cidades do primeiro planalto. A cobertura da terra, no litoral do Paraná, tem influência do relevo, com maior nível de urbanização ou edificação nas áreas planas das interbacias e menor nas áreas com maior declividade (SILVA et al, 2019). Nessa região são comuns tempestades e vendavais, que serviram de condicionantes ao modo de vida dos habitantes (MAYER; DOURADO; KRELLING, 2019, MENDONÇA, 2017) e temas de estudos acadêmicos. Morretes está entre as mais citadas em estudos sobre desastres no Paraná, pois, apresenta casos de alagamentos, inundações graduais e rápidas (também conhecidas como enxurradas) e constantes erosões em declives (BATISTA et al., 2021).

A cidade de Morretes se encontra adjacente e na porção leste da cadeia de montanhas da Serra do Mar. Essa configuração espacial e geográfica resulta em um acúmulo de massas de ar úmidas advindas do Oceano Atlântico (CUNICO, 2016) e tenha uma pluviosidade que varia de 1800 a 2200 mm³/ ano (ESTÊVEZ et al, 2011, IBGE, 2012). A interação entre o oceano e esse relevo pode ser esclarecida da seguinte forma:

Os movimentos sazonais do centro de alta pressão no Atlântico Sul determinam a maior ou menor penetração de ventos em baixos níveis da costa e, conseqüentemente, a maior ou menor precipitação orográfica na Serra do Mar. No semestre quente, essa penetração cresce na Região Sul, enquanto no semestre frio cresce mais na Região Nordeste do Brasil, sendo insignificante na Região Sul. (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021, p.73).

Os primeiros registros de Morretes datam de 1560, quando o território pertencia ao grupo carijó da nação tupi-guarani. Nesse tempo, o local era usado pelos europeus como uma rota ao interior do continente e para extração de minérios, em especial o ouro. Com o tempo, os assentamentos passaram a ocorrer nas margens dos rios, o que



facilitava com o que o transbordamento desses atingissem a sociedade e dessa maneira, ocorreram muitas dragagens nos canais da cidade (CAVAZZANI; GOMES, 2017).

As edificações de Morretes têm vegetação no entorno como quintais, praças, parques que somadas às áreas de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, e assim pequena parcela do território é edificada com pavimentação e com solo exposto (Figura 1) (SILVA et al., 2019). De 2005 a 2017, a área urbanizada de Morretes cresceu de 0,27 a 0,34 % do território. Essa edificação ocorreu em direção a leste, contrário a Serra do Mar (SILVA et al., 2020).

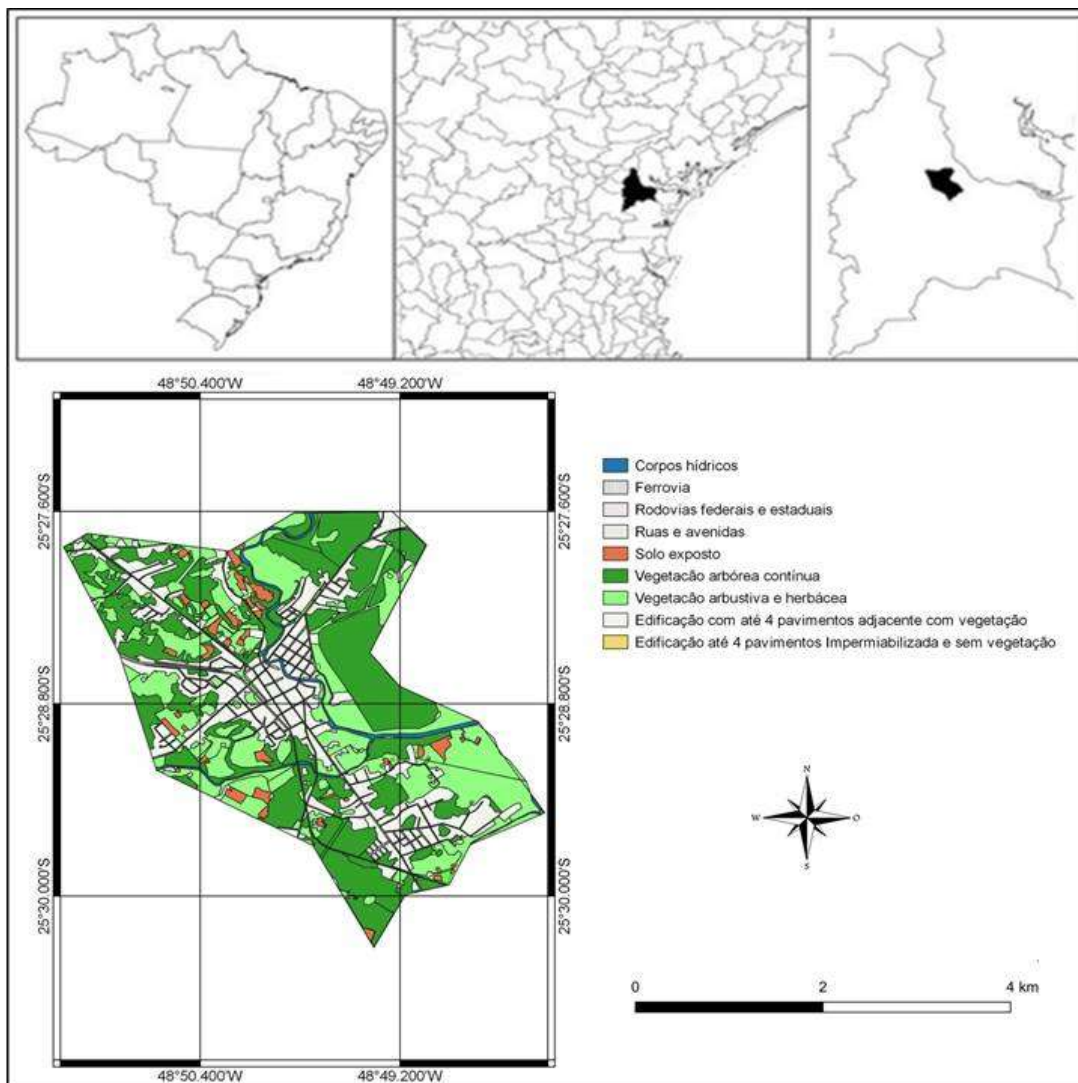


Figura 1: Cobertura da terra na macrozona urbana de Morretes - Paraná.
Adaptado: SILVA et al. (2019).

A grande quantidade de vegetação arbórea e a latitude S 25° colocam essa cidade sob o efeito de notável evaporação e evapotranspiração (MAACK, 2012). Pelas massas



de ar recebidas ou vapores de água locais, Morretes apresenta muitos dias chuvosos e podendo apresentar mais de 2000 mm³/ ano. O clima, vegetação, tipo e água do solo estão relacionados a topografia da cidade, de 20 a 1340 metros e declividade média de 7,62% (AGUASPARANÁ, 2019). Em relação ao clima e pluviosidade nos meses, nas proximidades do primeiro planalto, impera o clima Cfb que não ultrapassa 30 mm³/mês, as encostas são caracterizadas pelo clima Cfa e suas precipitações superiores a 30 mm³/mês e nas terras baixas há o clima Af, que excede a de pluviosidade de 60 mm³/mês (VANHONI; MENDONÇA, 2008). Para o monitoramento, há 14 estações pluviométricas na cidade (IAT, 2021) e 5 fluviométricas (ANA, 2021), distribuídas em todas as macrozonas (MORRETES, 2011).

A área observada, a macrozona urbana da cidade de Morretes no litoral do Estado do Paraná (SILVA et al., 2019), tem um histórico de chuvas intensas, convectivas ou criadas pelo encontro entre a massa polar atlântica e outras massas, nos meses mais quentes e isso decorreu em diversos desastres hidrológicos, principalmente nos meses de fevereiro-março-abril (MENDONÇA, 2017). De forma geral, ocorrem mais chuvas no semestre de setembro-fevereiro, mas, o relevo influencia bastante na distribuição espacial e temporal da precipitação e umidade. Durante o semestre março-outubro, células de alta pressão dos Oceanos Pacífico, Índico, Atlântico e Antártico sobem em direção ao equador e portanto há precipitação (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021).

A intensidade e frequência de chuvas, bem como da declividade associada à Serra do Mar, fazem o local ser suscetível a inundações, alagamentos e enxurradas (AGUASPARANÁ, 2019). Foram registrados vários locais com inundações urbanas ao longo dos anos, sendo: 1 em 1796, 1 em 06/02/1831, 2 em 14 a 16/03/1835, 1 em 05/10/1831, 1 de 15 a 17/10/1831, 1 em 11/12/1832, 1 em 08/03/1838, 1 em 10/01/1941, 1 em 14/02/1844, 1 em 16/03/1844, 1 em 28 a 30/01/1846, 1 em 16/11/1849, 1 em 15 a 16/02/1850, (CAVAZZANI; GOMES, 2017), 50 em 11/1969 (INCRA, 1970), 3 em 10/01/1995, 4 em 27/01/2003, 18 em 24/01/2004, 17 em 27/02/2008, 18 em 12/02/2010, 11 em 04/03/2010, 50 em 11/03/2011 e 8 em 27/12/2015 (PARANÁ, 2020, BRASIL, 2021). Ao todo foram contabilizados 22 episódios de enxurradas no município de Morretes, havendo registros com detalhes da precipitação somente no período de 1995 a 2015 pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) (BRASIL, 2021).



O 6º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021) relata a participação antrópica nas variações e mudanças climáticas, além de destacar que o aumento da temperatura acima de 2°C tornará as intensidades e frequências de desastres muito mais prejudiciais. Apesar do aumento da temperatura média no planeta tende a ser mais acentuado nos pólos, em todo o Brasil, são projetados aumentos na temperatura média e no nível relativo do mar. Contudo, são esperadas precipitações mais intensas nas regiões noroeste e no sudeste, havendo associação com inundações graduais e rápidas (conhecidas como enxurradas) nessa última.

Devido ao potencial incremento na precipitação e ocorrência de enxurradas em cenários futuros, esse estudo teve como objetivo relacionar historicamente a precipitação e ocorrência de enxurradas na cidade de Morretes, para compreensão desse desastre ambiental e sua gestão.

METODOLOGIA

A relação entre precipitação e enxurradas foi realizada de forma retrospectiva com registros históricos e projetiva com modelagem de cenários futuros.

A relação retrospectiva, de 1940 a 2020, foi feita com uma reanálise de precipitação de dados da Estação: Morretes – 2548000, (S 25°28'00" e W 48°49'59"), através da plataforma *HidroWeb* da Agência Nacional das Águas (ANA, 2021) devido a zona de abrangência dessa atender a macrozona urbana de Morretes (Figura 2) (BUFFON; SOUZA, 2018).

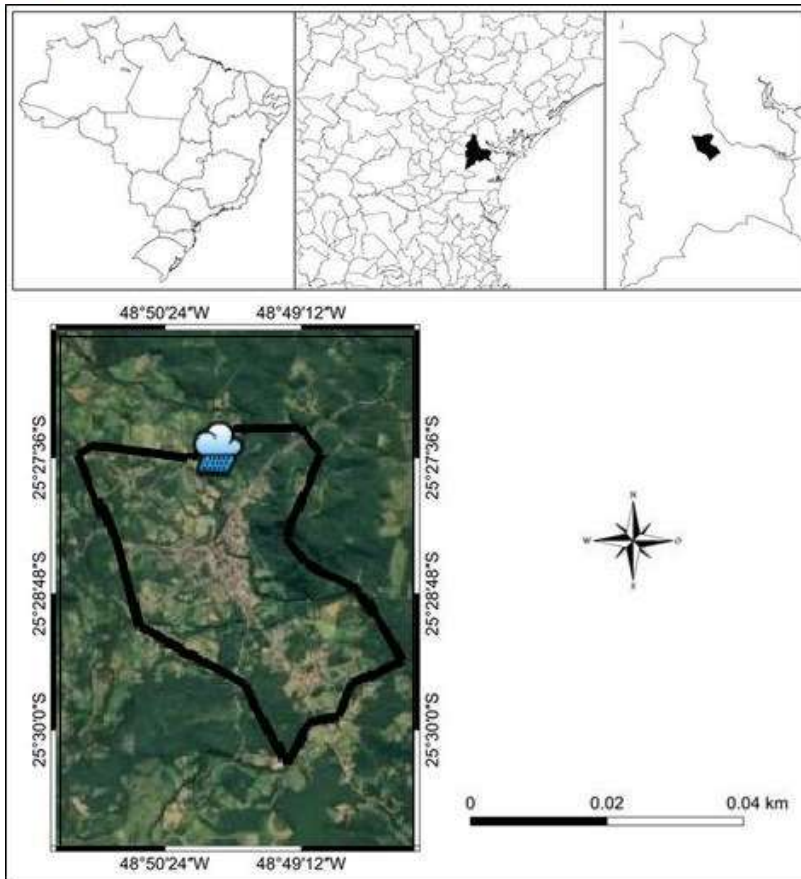


Figura 2: Localização da Estação Morretes na macrozona urbana de Morretes - Paraná.
Fonte: SILVA; SANTOS; TONETTI, (2020), ANA (2021).

Através dos registros históricos (diários, mensais e anuais) de 1940 a 2020 avaliou-se o aumento da intensidade da precipitação por regressão linear simples. Foram observados os anos para correlacionar (Correlação de Pearson) com as teleconexões El Niño e La Niña (Figura 3) (NULL, 2021), e meses com quantidade de enxurradas, para verificar se as teleconexões influenciam no clima da cidade e quais meses apresentam maiores chances de ocorrer mais enxurradas.



| El Niño - 26 | | | | La Niña - 23 | | |
|--------------|--------------|------------|-----------------|--------------|--------------|------------|
| Weak - 11 | Moderate - 7 | Strong - 5 | Very Strong - 3 | Weak - 11 | Moderate - 5 | Strong - 7 |
| 1952-53 | 1951-52 | 1957-58 | 1982-83 | 1954-55 | 1955-56 | 1973-74 |
| 1953-54 | 1963-64 | 1965-66 | 1997-98 | 1964-65 | 1970-71 | 1975-76 |
| 1958-59 | 1968-69 | 1972-73 | 2015-16 | 1971-72 | 1995-96 | 1988-89 |
| 1969-70 | 1986-87 | 1987-88 | | 1974-75 | 2011-12 | 1998-99 |
| 1976-77 | 1994-95 | 1991-92 | | 1983-84 | 2020-21 | 1999-00 |
| 1977-78 | 2002-03 | | | 1984-85 | | 2007-08 |
| 1979-80 | 2009-10 | | | 2000-01 | | 2010-11 |
| 2004-05 | | | | 2005-06 | | |
| 2006-07 | | | | 2008-09 | | |
| 2014-15 | | | | 2016-17 | | |
| 2018-19 | | | | 2017-18 | | |

Figura 3: ENOS 1952 – 2019.
Fonte: NULL (2021).

A partir dos meses selecionados, foram medidos: média, amplitude e desvio padrão. Essas medições foram feitas com e sem dados discrepantes (outliers), que foram removidos através dos quartis, para observar se enxurradas estavam relacionadas os extremos de precipitação. Para as relações, utilizou-se da Correlação de Pearson, devido à possibilidade de interação entre diferentes dados e apresentação de relações positivas e negativas. As correlações foram classificadas nas categorias, apresentadas por Mukaka (2012): muito fraca de 0 a 0,3; fraca de 0,3 a 0,5; moderada de 0,5 a 0,7; forte de 0,7 a 0,9; e forte sendo acima de 0,9. Todos os cálculos foram feitos com valor-p 0,05 no software *Past* versão 3.26 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

Considerando que extremos de precipitação favorecem a ocorrência de enxurradas, foi realizada a projeção de dois cenários futuros, otimista e pessimista, que podem ocorrer com e sem ações/ medidas de atenuação das variações climáticas como redução de CO₂, NO₂, reflorestamento e outras. Essa modelagem foi realizada por modelos prontos inseridos no software QGIS versão 3.10. Os modelos projetivos de precipitação foram ssp126 (mais otimista) e ssp585 (mais pessimista) do modelo BCC-CSM2-MR para os meses de março dos períodos 2021-2040 e 2041-2060 baseados no *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6) em resolução de 2,5' (WORLDCLIM, 2021).

REFERENCIAL TEÓRICO

Os desastres hidrológicos associados a chuvas podem ser divididos em quatro categorias (Figura 4): (1) alagamentos – quando há acúmulo de água num local devido ao relevo e infiltração; (2) enchente – ou elevação das águas de um canal; (3) inundação gradual – transbordamento de canal; e (4) inundação rápida ou enxurrada – que pode ser causada por transbordamento de canal ou débito elevado de água em relevo acidentado (BRASIL, 2007).



Figura 4: Desastres hidrológicos.

Legenda: A – Enchente; B – Inundação gradual; C – Alagamento; D – Inundação rápida ou Enxurrada.

Fonte: BRASIL (2007).

As inundações, graduais e rápidas, são comumente estudadas através de processos atmosféricos e da superfície, pela climatologia e geomorfologia respectivamente. Na atmosfera se destacam as mudanças climáticas, casos de vulnerabilidade social e modelagem, enquanto na superfície, os impactos desses desastres, escoamento/ infiltração e urbanização são os principais temas de estudos (SIMAS et al., 2021). A sociedade, além de sofrer os efeitos desses desastres, também participa das causas através da ocupação de áreas suscetíveis, como planícies de inundação e encostas montanhosas, redução da infiltração e modificações em canais de drenagem (SANTOS, 2012). Outra forma de interferência é pelo aumento da temperatura, decorrente da emissão de gases que retém mais calor na atmosfera e pela



cobertura da terra que pode reduzir o albedo, bem como infiltração e evaporação da água no solo (MONTEIRO; MENDONÇA, 2011). Para Zhang et al. (2019) as mudanças climáticas têm intensificado a magnitude e frequência de desastres hidricos, em especial enxurradas, alterando as funções e resiliências ecossistêmicas.

Em relação aos aspectos atmosféricos relacionados a chuvas, Cavalcanti e Ferreira (2021) relatam as teleconexões que atuam no Brasil: El Niño (que promove chuvas excessivas em novembro decorrentes da convecção), La Niña (com chuvas intensas concentradas), Oscilação de Madden-Julian e Oscilação Decenal do Pacífico (que carregam umidade e calor do Oceano Pacífico para a América do Sul), Oscilação Multidecenal do Atlântico (que interage com os episódios de El Niño e La Niña, e os intensifica), Monções (que levam chuvas de setembro do noroeste ao sul-sudeste em novembro) e os modos Anular-Sul, Pacífico-América do Sul e Transpolar (que tem relação inversa de pressão e umidade com a Austrália). Desse modo, a umidade dos oceanos, relevo e o encontro de massas quentes e frias são os principais elementos na gênese da precipitação.

Além do conhecimento do regime de chuvas, são necessários diferentes procedimentos para esses estudos, como cobertura terra, infiltração e modelagem (CHRISTOFOLETTI, 1981). A modelagem climática é uma das principais ferramentas para previsão de episódios futuros desses desastres associados a extremas precipitações, no entanto, a maioria dos modelos e softwares de modelagem é ajustada para maiores escalas espacial (SIMAS et al., 2021). Devido à capacidade computacional, os softwares de modelagem, muitas vezes, direcionam procedimentos globais em detrimento das particularidades locais (LIMBERGER, 2016). Isso não significa que os modelos globais devam ser desconsiderados, e sim, comparados à literatura sobre o local estudado.

De forma geral, a ocorrência de enxurradas está associada aos extremos de precipitação e substratos que favorecem o escoamento superficial, e dessa forma a avaliação da pluviosidade é um indicador desses eventos ambientais (BRASIL, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições de precipitação com outliers demonstraram grande variação nos registros, evidenciados na amplitude e no desvio padrão. O valor de R^2 (Figura 5), no



entanto, é ínfimo, demonstrando pouca relação entre a passagem do tempo e mudanças na precipitação.

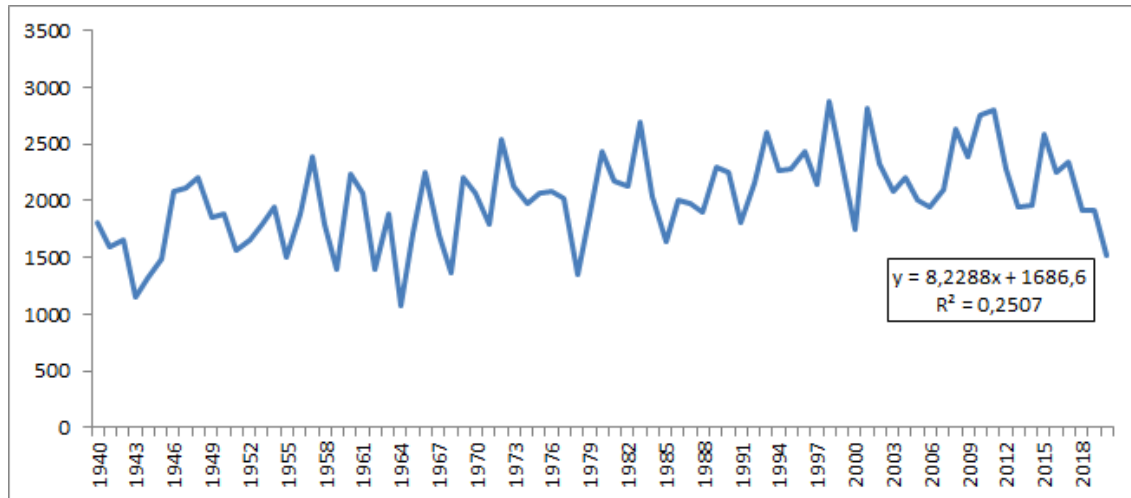


Figura 5: Evolução da precipitação 1940 a 2020.
Fonte: ANA (2021).

A maioria das precipitações se concentra principalmente entre 40 e 200 mm³/ dia. A frequência de eventos com magnitude acima de 560 mm/ dia são pouco expressivos (Figura 6), o que é corroborado por Christofolletti (1981), que apresenta que eventos hidrológicos de maior magnitude, também chamados de extremos, são mais raros.

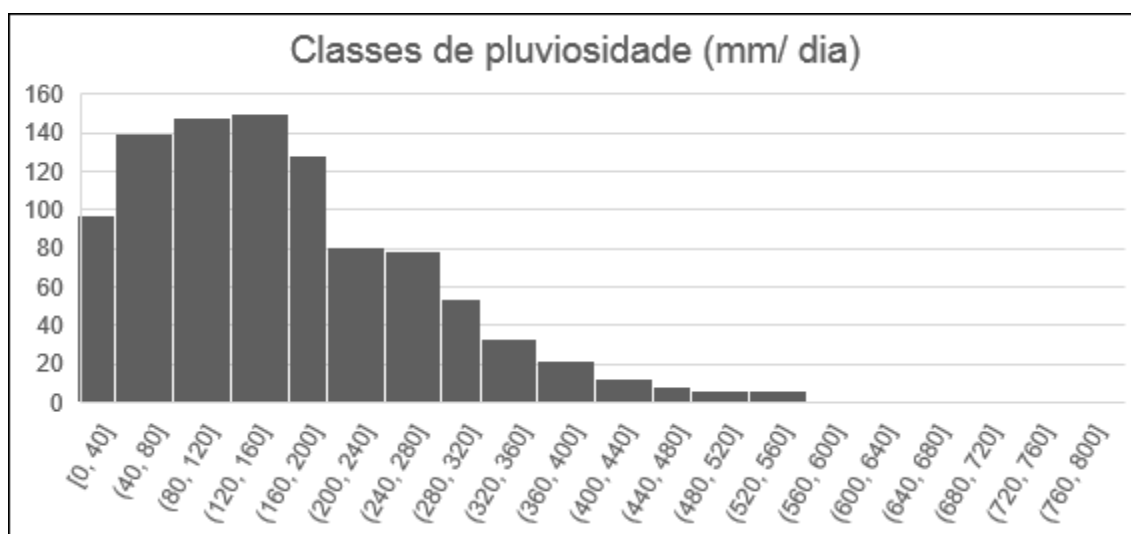


Figura 6: Classes de pluviosidade diária de Morretes 1940 – 2020.
Fonte: ANA (2021).



As medições de precipitação com outliers (Quadro 1) demonstraram grande variação nos registros, evidenciados na amplitude e no desvio padrão. O valor de R^2 foi ínfimo, demonstrando pouca relação entre a passagem do tempo e mudanças na precipitação. A grande maioria dos registros, após a remoção de outliers, se localizou entre os valores: 0 e 455,90 (Figura 7).

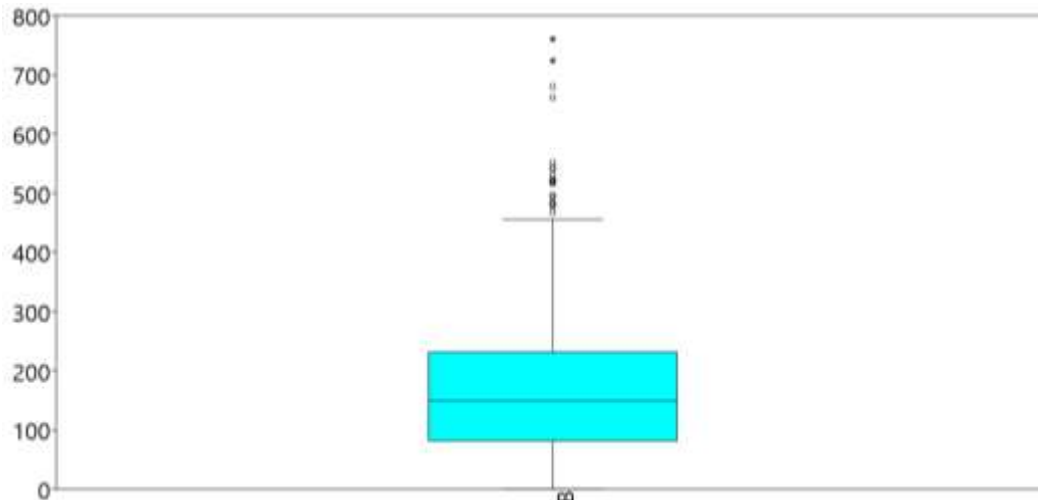


Figura 7: Boxplot com quartis e acima, os dados discrepantes/ outliers.

Os dados corrigidos (sem outliers) foram utilizados para verificar correlação com eventos de enxurradas na cidade de Morretes, porém, notou-se que o registro do extremo de março de 2011 foi removido pela correção. Desse modo, para o Índice de Correlação de Pearson foram utilizados os dados com outliers.

Quadro 1: Medidas com e sem dados discrepantes.

| Medidas | Com outliers (mm) | Sem outliers (mm) |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Média | 167 | 159,66 |
| Amplitude | 760,5 | 455,9 |
| Desvio Padrão | 113,3 | 100,21 |

Fonte: ANA (2021).

Destaca-se que o registro de enxurradas na cidade de Morretes se localiza entre os anos de 1995 e 2015 (PARANÁ, 2021), e por essa razão o período de precipitações escolhido para análise está compreendido entre esses anos. O Índice de Correlação de



Pearson da intensidade das precipitações com enxurradas (0,7) ao longo do ano, dos meses janeiro (0,5), fevereiro (0,2), março (0,7) e dezembro (0,2) indicam que, apesar de haver uma associação (Quadro 2) (MUKAKA, 2012), outros fatores, além das chuvas, estão associados às enxurradas (BRASIL, 2021). Os meses de janeiro, fevereiro e março são indicados com maior precipitação devido ao aquecimento das águas do Oceano Atlântico (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021). A maioria dos meses tem precipitação entre 40 e 200 mm, mas, a frequência de eventos com magnitude acima de 560 mm/ dia é pouco expressiva. A análise estatística não mostrou relação entre os meses e anos de enxurradas com ENOS (El Niño e La Niña), que podem ter tido seus efeitos reduzidos devido à elevação dos Andes e da Serra do Mar (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021).

Quadro 2: Enxurradas em bairros e no período 1995-2015 de Morretes.

| Mês/ Ano | Bairros atingidos por enxurradas | Precipitação mensal (mm ³) |
|----------------|----------------------------------|--|
| janeiro/1995 | 3 | 551,6 |
| janeiro/2003 | 4 | 318,3 |
| janeiro/2004 | 18 | 445,5 |
| fevereiro/2008 | 17 | 425,1 |
| fevereiro/2010 | 18 | 317,1 |
| março/2010 | 11 | 363,7 |
| março/2011 | 50 | 760,5 |
| dezembro/2015 | 8 | 454,3 |

Fonte: ANA (2021).

O mês de março foi identificado como o mais relacionado a enxurradas e precipitações intensas. Os maiores valores de março podem ter relações com a teleconexão Modo Anular Sul, que gera baixa pressão atmosférica na região em março (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021). Conforme as projeções (Figura 8), as precipitações sobre a região não mudam no cenário otimista com uma média de 233 mm³/ mês, enquanto que no cenário pessimista em 2060 a média será de 300 mm³/ mês. Observa-se que em ambos os cenários, a precipitação é maior na porção leste da Serra do Mar, onde estão as cidades do litoral do Paraná, devido à repressão da umidade na cadeia montanhosa (MENDONÇA, 2017; SILVA et al., 2019).

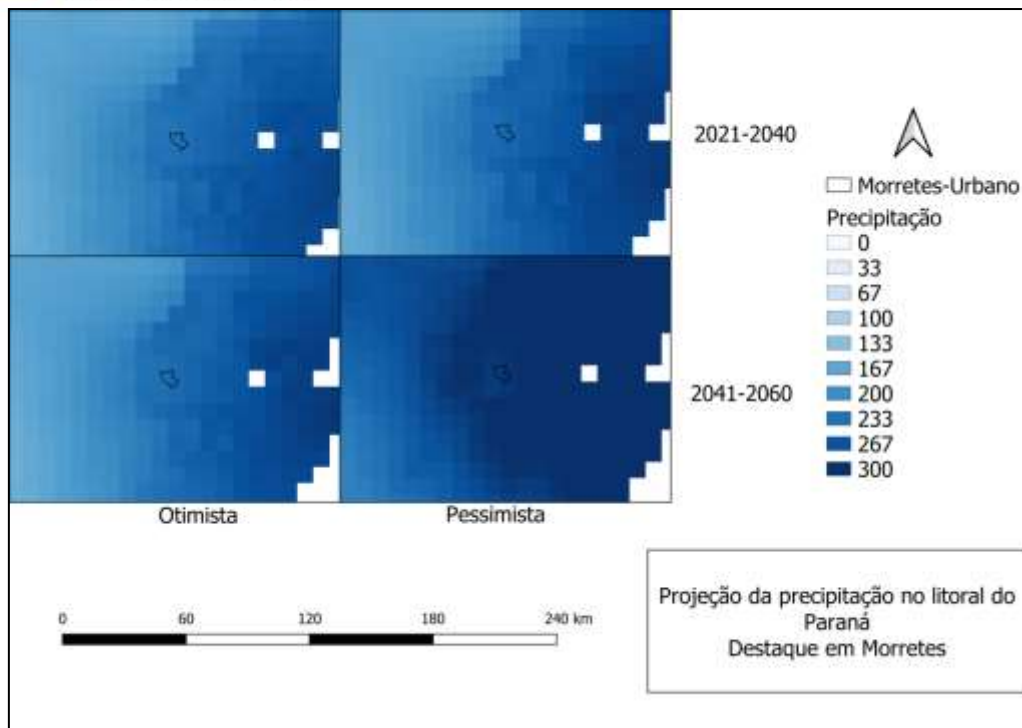


Figura 8: Evolução da precipitação no mês de março de 1940 a 2020.
Fonte: WORLDCLIM (2021).

Entre os anos de 1940 e 2020, a estação pluviométrica Morretes apresentou uma média de precipitação de 231,16 mm³ no mês de março, com desvio padrão 111,43 e valores extremos como 0,00 e 760,50 mm³/ mês (ANA, 2021). Desse modo, os valores médios preditos nos dois cenários futuros se encontram dentro do desvio padrão, contudo, a projeção pessimista de 2060 tem a média bastante acima do valor médio histórico. Marengo e colaboradores (2021) elaboraram projeções de precipitação entre os anos de 1971 a 2100, e observaram que para os cenários de aumento de 1,5,; 2,0 e 4°C a intensidade das chuvas é elevada gradativamente, atingindo principalmente as regiões sul e sudeste do Brasil. Desse modo, em ambos os cenários, otimista e pessimista, é recomendada uma edificação que permita escoamento e infiltração, e isso passa a ser mais importante no cenário pessimista de 2060, onde teoricamente essas ações/ medidas não seriam tomadas (IPCC, 2021).

Se a taxa de crescimento de Morretes se manter, a área urbanizada será de 2,64% em 2040 e 4,85% em 2060. Na possibilidade da disposição espacial dessas novas áreas for em direção contrária ao conjunto da Serra do Mar, e logo em planícies, a tendência é que os desastres hidrológicos sejam majoritariamente de inundações e alagamentos em relação a enxurradas, associadas a declives (MENDONÇA, 2017). As chuvas podem ser



intensificadas pela convecção dadas a latitude e cobertura da terra, bem como pelo encontro de massas de ar.

No Brasil, há legislações ligadas a desastres em diferentes estâncias. No nível federal, existem a Política Nacional sobre Mudanças do Clima e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Essas políticas designam a rede da Defesa Civil para planejamento, resposta e adaptação das áreas suscetíveis e populações vulneráveis (BRASIL, 2016). As principais medidas, além, do realocamento de pessoas, incluem modificações na paisagem que facilitem a infiltração (RUANGPAN et al., 2020).

Como exposto, a projeção para desastres hidrológicos em Morretes, litoral do Estado do Paraná no sul do Brasil, é que esses apresentem menor energia de impacto e tenham maior duração. O acúmulo de água superficial é um ambiente propício a propagação de doenças como leptospirose, verminoses e também as relacionadas com vírus e bactérias (FREITAS, 2011). Embora, a projeção futura é de ocorrer menor quantidade de enxurradas na cidade, a população estará exposta a outros problemas relacionados ao excesso de água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cidade de Morretes, do sul brasileiro, a intensidade de chuvas tem influência no desenvolvimento de inundações rápidas, ou enxurradas. O verão é a estação com maior quantidade desses eventos e a gênese desses é o conjunto da precipitação mais intensa com habitação em áreas de risco. Embora ENOS não tenham demonstrado proporcionar esses eventos, outras teleconexões, como Modo Anular Sul, são indicadas para futuros estudos.

A modelagem futura do clima demonstra que com o aumento da temperatura são esperados mais desastres hidrológicos. Conforme o crescimento da cidade, esses desastres não serão de inundações rápidas e sim de graduais e de alagamentos.

Os produtos de modelagem, com base no exposto, podem ser utilizados como ferramentas de planejamento territorial e gestão de riscos ambientais em adição a outras ferramentas e estudos.



REFERÊNCIAS

- AGUASPARANÁ – Instituto Das Águas do Paraná; COBRAPE – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea (BHL)**. Paraná. 2019.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Séries Históricas de Estações**. 2021. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 12.5.2021.
- BATISTA, F.E.S.; FONSECA, M.N.; FERENTZ, L.M.S.; PINHEIRO, E.G.; STRINGARI, D. Panorama da produção científica sobre a redução de riscos de desastres no estado do Paraná. **Revista de Geografia**, v.38, n.2, p.265- 283, 2021.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- BRASIL. **Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.
- BRASIL. **S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. 2021. Disponível em: <https://s2idsearch.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- BUFFON, E.A.M.; SOUSA, M.S. Proposta metodológica para avaliação dos registros secundários de alagamentos: uma abordagem a partir de Curitiba-Paraná, Brasil. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v.19, n.67, p. 188–204, 2018.
- CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J. (Orgs). **Climas das regiões brasileiras e variabilidade climática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- CAVAZZANI, A.L.M.; GOMES, S.A.R. (Orgs). **Memória histórica de Morretes**. Curitiba: Editora UFPR, 2017.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CUNICO, C (Org). **Zoneamento ecológico - econômico do Estado Do Paraná - Litoral**. Curitiba: ITCG, 2016.
- ESTÊVEZ, L.F.; CUNICO, C.; MEZZOMO, M.M.; BIESEK, A.S.; MAGANHOTTO, R. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Marumbi, Morretes-PR: Unidades De Paisagem, Fragilidade Potencial e Hemerobia. **RAÍÇA**, v.23, p.428-447, 2011.
- FREITAS, C.M. **Um equilíbrio delicado: crise ambiental e a saúde no planeta**. Rio de Janeiro: Garamond, 2011.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, p. 1–9, 2001.
- IAT - Instituto das Águas do Paraná. **Relatório de Alturas Diárias de Precipitação**. 2021. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih->



web/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial.

Acesso em: 30.06.2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

INCRA-Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Morretes e suas possibilidades**. Curitiba: INCRA, 1970.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, 2021.

LIMBERGER, L. ESTUDOS DE TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS E POSSIBILIDADES DE AVANÇOS NA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA: CONCEITOS, FONTES DE DADOS E TÉCNICAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.19, p.10-19, 2016.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4 ed. Ponta Grossa: UEPG, 2012.

MAYER, F. Z.; DOURADO, M. S. ; KRELLING, A.P. PERCEPÇÃO DOS PESCADORES EM RELAÇÃO AOS EVENTOS METEOROLÓGICOS DE SHANGRI-LÁ, PONTAL DO PARANÁ. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 4, p. 76-97, 2019.

MARENGO, J.A.; CAMARINHA, P.I.; ALVES, L.M.; DINIZ, F.; BETTS, R.A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. **Frontiers in Climate**, v.3, 610433, 2021.

MENDONÇA, F. (Org). **Os Climas do Sul**: Em Tempos de Mudanças Climáticas Globais. Jundiaí: Paco Editorial, 2017.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F.A. (Orgs). **Clima urbano**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MORRETES. **Lei Complementar Municipal n.º 06, de 04 de fevereiro de 2011**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-morretes-pr>. Acesso em: 02 jul. 2020.

MUKAKA, M.M. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v.24, n.3, p.69–71, 2012.

NULL, J. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2021. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 12.5.2021.

PARANÁ. **SigRisco - Sistema Paranaense de Informações para Gestão de Riscos a Desastres Naturais**. Disponível em: < <http://www.viconsaga.com.br/sigriscopr> >. Acesso em: 02 jul. 2021.

RUANGPAN, L.; VOJINOVIC, Z.; SABATINO, S.; LEO, L.S.; CAPOBIANCO, V.; OEN, A.M.P.; MCCLAIN, M.E.; LOPEZ-GUNN, E. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. **Natural**



Hazards and Earth System Sciences, v.20, p.243-270, 2020.

<https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020>

SANTOS, K.R. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. **Élisée**, v.1, n.1, p.177-190, 2012.

SIMAS, I. T. H.; RODRIGUES, C.; CAZAROTO, P. C.; RODRIGUES, B. S. Metanálise de pesquisas sobre inundações urbanas: identificação de fatores causais e métodos empregados em estudos recentes. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. e185760, 2021. <http://dx.doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.185760>

SILVA, C.M.O.; OLIVEIRA, M.H.F.; FERRARINI, J.C.G.; SILVA, E.L.P.; TONETTI, E.L.; PEREIRA, L.A. EVOLUÇÃO DA ÁREA URBANIZADA NO MUNICÍPIO DE MORRETES-PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 59077-59085, 2020.

SILVA, E.L.P.; SANTOS, E.; TONETTI, E.L. Interação planta-polinizador em praças públicas da cidade de Morretes (Paraná). **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.3. p.21-42, 2020.

SILVA, E.L.P.; SILVA, P.O.; TONETTI, E.L.; SANTOS, E.; FARIA, G.G. Qualidade ambiental e hemerobia da macrozona urbana de Morretes. **Revista Científica Interdisciplinar Interlogos**, v.6, n.1, p.1-13, 2019.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O CLIMA DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ. **Climatologia**, v.3, p.49-63, 2008.

<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25423>

WORLDCLIM. **Future climate, 2.5 minutes spatial resolution**. 2021. Disponível em: https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim2.5m.html. Acesso em: 08.6.2021.

ZHANG, Y.; WANG, Y.; CHEN, Y.; LIANG, F.; LIU, H. Assessment of future flash flood inundations in coastal regions under climate change scenarios—A case study of Hadahe River basin in northeastern China. **Science of the Total Environment**, v.693, p.133550-133550, 2019.