

VARIABILIDADE TOPOCLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E O EFEITO OROGRÁFICO NA ZONA NORTE DE SANTA MARIA/RS

Aline da Silva¹
Cassio Arthur Wollmann²

Resumo: Este trabalho é parte de uma pesquisa que teve como objetivo investigar a variabilidade da precipitação pluviométrica em um bairro localizado na zona norte do município de Santa Maria/RS, dentro de uma escala topoclimática. A análise da precipitação pluviométrica registrada na área de estudo de dezembro de 2018 a novembro de 2019 apontou para a ocorrência do efeito orográfico, visto que o volume acumulado de precipitação pluviométrica durante o período de pesquisa foi maior no ponto mais elevado do bairro. Os meses mais e menos chuvosos encontrados durante a pesquisa na área de estudo foram outubro e dezembro, respectivamente. Na análise sinótica dos eventos pluviométricos com registro de efeito orográfico observou-se que a frente polar é o sistema atmosférico com maior atuação na ocorrência destes eventos.

Palavras-chave: orografia; precipitação; topoclima.

TOPOCLIMATIC VARIABILITY OF RAINFALL PRECIPITATION AND THE OROGRAPHIC EFFECT IN THE NORTH AREA OF SANTA MARIA/RS

Abstract: This work is part of a research that aimed to investigate the variability of rainfall in a neighborhood located in the north of the municipality of Santa Maria/RS, within a topoclimatic scale. The analysis of rainfall recorded in the study area from December 2018 to November 2019 pointed to the occurrence of the orographic effect, since the accumulated volume of rainfall during the research time was greater at the highest point in the neighborhood. The most and least rainy months found during the survey in the study area were October and December, respectively. In the synoptic analysis of the pluviometric events with record of orographic effect, it was observed that the polar front is the atmospheric system with greater influence in the occurrence of these events.

Keywords: orographic; precipitation; topoclimate.

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Email: alinendeca@hotmail.com

² Professor Associado II do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFMS). Email: cassio_geo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Os estudos topoclimáticos, inseridos da escala climática local, não se relacionam somente com a variabilidade espaço-temporal observada pela distribuição dos elementos climáticos. De acordo com Romero et al. (2017) o topoclima também está relacionado a identificação das diferentes maneiras pelas quais os objetos estão relacionados entre si e distribuídos no espaço dentro de um conjunto, o qual apresenta diferentes relações socioespaciais. Dessa forma, torna-se necessário considerar os diferentes meios existentes em um determinado espaço.

Neste contexto, o meio urbano, é compreendido como o espaço onde ocorrem as maiores alterações provenientes das atividades antropogênicas. Além disso, o processo de urbanização gera uma reorganização do espaço, adicionando estruturas artificiais ao meio. Estas artificializações alteram os sistemas hídricos superficiais e subterrâneos através da impermeabilização da superfície, interferindo no ciclo hidrológico e na atmosfera local.

Tratando-se do meio natural, as Áreas Protegidas são ferramentas de fundamental importância para a conservação a longo prazo das áreas naturais, seus serviços ecossistêmicos e significado cultural, pois estas se apresentam como refúgio para espécies ameaçadas pela degradação humana. Essas áreas não possuem apenas função de gestão sustentável, atuando também como agentes mitigadores dos impactos causados pelas alterações no clima (GASTON; et al., 2008; ARAÚJO et al., 2011).

Romero (2017) destaca que o topoclima, por ser um objeto de estudo sócio-ambiental, está diretamente associado às atividades econômicas, sociais e culturais. Pensando dentro do contexto social, a precipitação é o mais significativo para a sociedade, visto que o seu volume e intensidade afetam direta e indiretamente a população, a economia e a qualidade do meio ambiente. Entender a distribuição pluviométrica dentro do contexto urbano colabora com a diminuição de impactos socioeconômicos e ambientais causados por períodos de estiagem e inundações, situações estas cada vez mais frequentes dentro do preocupante quadro de extremos climáticos (BARATTO et al. 2015).

A precipitação pluviométrica e sua variabilidade espaço-temporal agem como uma forma de controle no ciclo hidrológico, influenciando diretamente na paisagem e no meio ambiente de uma região. No topoclima, o efeito orográfico causado pela influência do relevo nas precipitações é objeto de interesse em diversos estudos. Dentre eles destacam-se Minder et al. (2008) que investigaram a chuva orográfica no Parque Nacional Olympic Mountains; Sindosi et al. (2015) estudaram a influência da orografia na distribuição e no volume de precipitação no noroeste da Grécia; Milanesi e Galvani (2011) avaliaram a relação entre a chuva e o relevo na Ilha de São Sebastião, em São Paulo; Baratto e Wollmann (2015) estudaram a influência do relevo na distribuição pluviométrica no estado do Rio Grande do Sul; entre diversos outros.

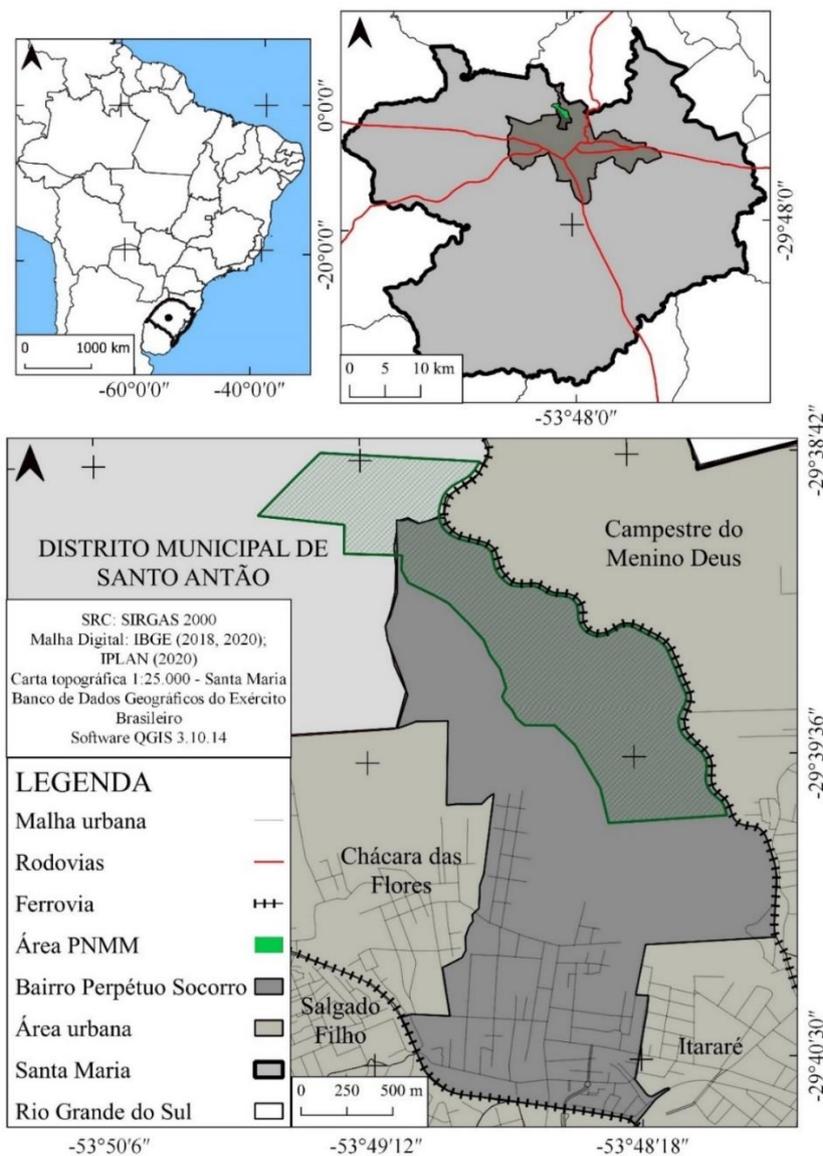
Seluchi et al. (2011) explicam essa influência do relevo na precipitação como sendo resultado da elevação forçada do ar quando o mesmo atinge a vertente a barlavento de uma barreira orográfica. O ar, ao se elevar, acaba condensando-se por conta da redução adiabática da temperatura, causando chuvas de maior intensidade e volume em área de maior altitude.

Silva et al. (2016) analisaram a variação intra-urbana da precipitação pluviométrica no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, utilizando dados coletados no período de 2005 a 2015, em dois pontos localizados na zona norte e na

zona leste da área urbana da cidade. Com a análise dos dados os autores puderam observar que os maiores valores de precipitação pluviométrica ocorrem na zona norte da área urbana, próximo ao Rebordo do Planalto Meridional, e os menores valores na zona leste da cidade. Dessa forma, percebe-se o a orografia como um fator condicionante a variação pluviométrica na região.

Neste sentido, definiu-se a área de estudo desta pesquisa como sendo o bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, situado na zona norte da área urbana de Santa Maria. A área de estudo está localizada em uma área de transição entre dois compartimentos geomorfológicos, a Depressão Periférica e a Serra Geral, sendo fortemente marcado pelo Rebordo do Planalto Meridional (SARTORI, 2009), apresentando assim uma amplitude altimétrica de 280 metros de altitude. O mapa de localização da área de estudo está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

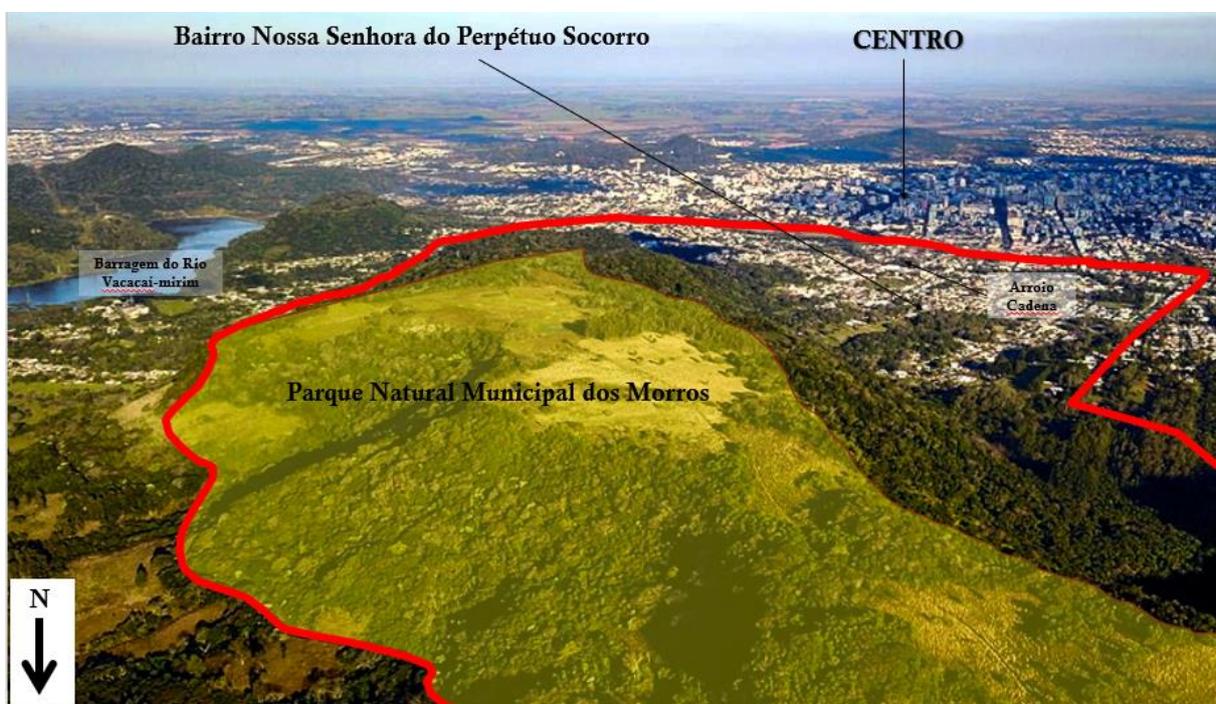


Inserida dentro da área de estudo, na porção mais alta do bairro, está a primeira Unidade de Conservação estabelecida no município, o Parque Natural Municipal dos Morros. Sua área total é de 152 hectares, sendo que 75% desta área

pertence a área urbana de Santa Maria. Segundo os critérios definidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, o SNUC (BRASIL, 2000), o Parque se encaixa na categoria Parque Natural Municipal, sendo uma Unidade de Conservação de Proteção Integral.

Além disso a área do Parque dos Morros abriga importante remanescente florestal da Floresta Estacional Decidual e vegetação de formações campestres, fazendo parte de uma zona de transição entre os dois biomas representativos do Rio Grande do Sul: a Mata Atlântica e o Bioma Pampa. Também a área do Parque funciona como divisor de águas entre as duas maiores sub-bacias hidrográficas da área urbana de Santa Maria, a sub-bacia do Arroio Cadena e a sub-bacia do Rio Vacacaí-mirim. A Figura 2 apresenta a área do Parque Natural Municipal dos morros, dentro do bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro.

Figura 2. Imagem aérea do Parque Natural Municipal dos Morros e da área urbana de Santa Maria



Fonte: <https://www.wikiparques.org/noticias/tag/parque-natural-municipal-dos-morros>
Organizado pelos dos autores, 2022

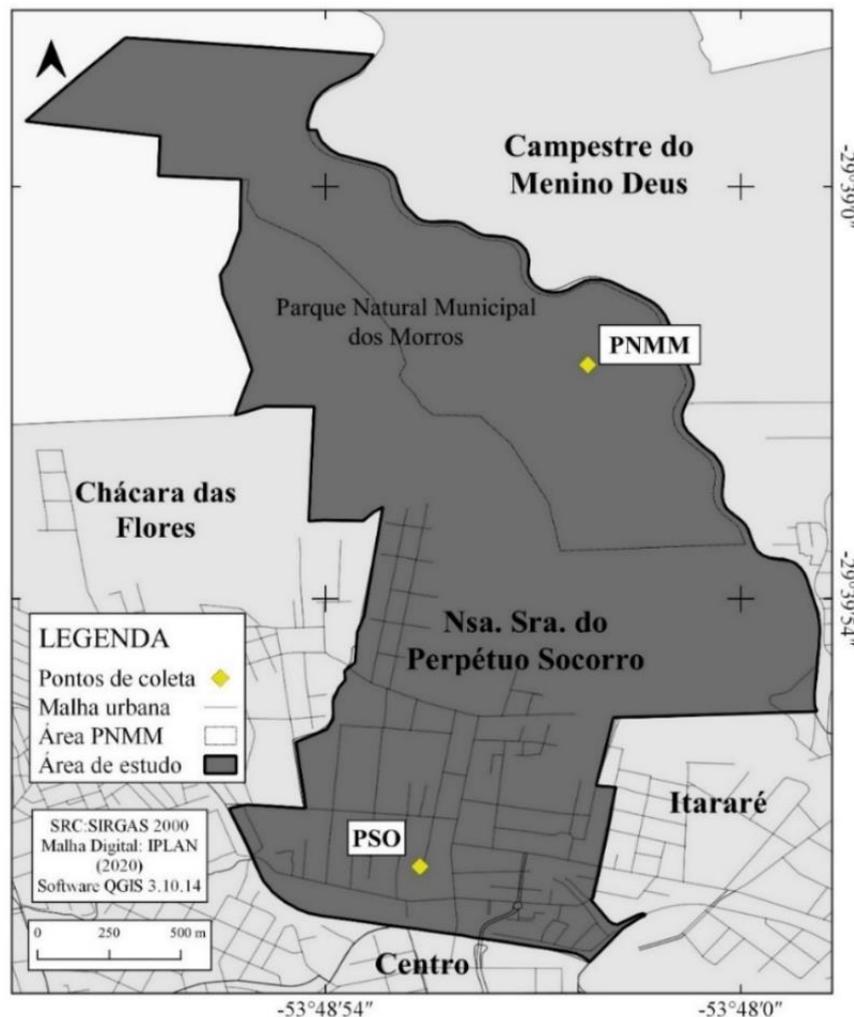
Além disso, a localização do Parque Natural Municipal dos Morros, dentro do limite urbano da cidade de Santa Maria, destaca a sua posição de relevante importância na preservação ambiental, tanto para a biodiversidade ali presente, quanto para a proteção de seus recursos naturais.

Neste sentido, destaca-se o objetivo desta pesquisa, que é o de investigar a variabilidade topoclimática da precipitação pluviométrica e a ocorrência de efeito orográfico na área de estudo. Entende-se a importância dos estudos no que diz respeito ao desenvolvimento de planos de ação que visem auxiliar a restauração e conservação da biodiversidade na Unidade de Conservação e nas áreas adjacentes bem como na qualidade de vida da população que vive ao seu entorno.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa foram definidos dois pontos para a realização da coleta de dados pluviométricos. O primeiro localizado na malha urbana do bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro (ponto PSO), encontra-se em uma cota altimétrica de 103 metros. O segundo ponto, também dentro do bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, foi definido dentro dos limites do Parque Natural Municipal dos Morros (ponto PNMM), na zona norte da área urbana de Santa Maria, em uma cota altimétrica de 376 metros. A localização dos pontos está apresentada na Figura 3.

Figura 3. Localização dos pontos de coleta na área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A coleta de dados contou com a instalação de um pluviômetro de material plástico com capacidade total de 150 mm. Os instrumentos ficaram posicionados a uma altura de 1,5 metros de altura acima do terreno conforme recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM). A coleta dos dados pluviométricos foi realizada no período de 24 de setembro de 2018 a 07 de dezembro de 2019, porém foi realizado um recorte temporal e a análise foi feita levando em consideração o período de 01 de dezembro de 2018 a 30 de novembro de 2019).

O registro dos dados pluviométricos na área de estudo deu-se de forma manual, onde em virtude de uma falha na coleta dos dados pluviométricos referentes ao Parque Natural Municipal dos Morros, não foi possível identificar os valores acumulados diários. Neste sentido, a análise da precipitação na área de estudo foi realizada a partir do acumulado total de cada evento pluviométrico, dentro do domínio de um mesmo sistema atmosférico.

Foram utilizados parâmetros estatísticos básicos durante a análise da precipitação pluviométrica. As relações entre a precipitação e a altitude foram verificadas a partir do teste de correlação. Ainda, os valores de precipitação encontrados nos pontos de coleta foram discutidos a partir da estatística descritiva. Os valores encontrados para os pontos PSO e PNMM foram comparados com a Normal Climatológica (1961-1990).

Para realizar a análise do efeito orográfico foram identificados os eventos pluviométricos mais significativos, como os que um ponto registrou volume pluviométrico com diferença expressiva em relação ao outro ($> 5,0$ mm). Com estes eventos identificados, posteriormente foi realizada a investigação sinótica a fim de identificar os sistemas atmosféricos atuantes nos eventos pluviométricos com registro de efeito orográfico.

Para esta investigação foram utilizadas as cartas sinóticas de superfície disponibilizadas pelo CPTEC/INPE para cada um dos eventos pluviométricos, conforme metodologia adaptada de Forgiarini et al. (2013) Também foram utilizadas as imagens de satélite disponibilizadas pelo CPTEC/INPE a fim de compreender melhor a circulação atmosférica na região e identificar a origem das precipitações registradas.

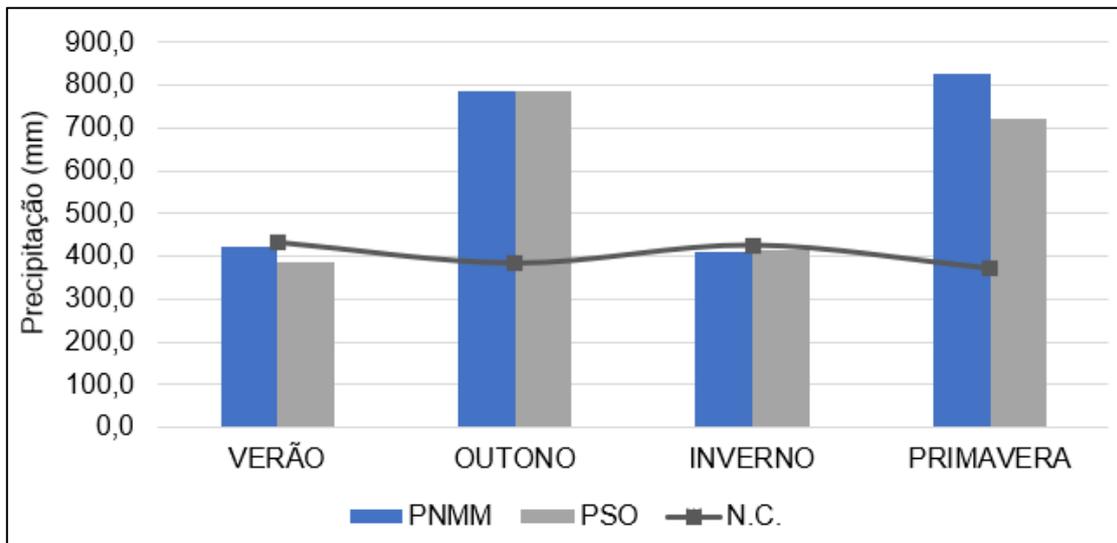
ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A precipitação pluviométrica total para o período analisado foi de 2447,5 mm para o PNMM, 2360,5 mm para o baixo Perpétuo Socorro. De acordo com Alvares et al. (2013) e Rossato (2014), a precipitação anual para a região de estudo (Depressão Central) varia entre 1500-1700mm. O valor médio apontado pela Normal Climatológica (1961-1990) para precipitação pluviométrica anual para Santa Maria está dentro da faixa pluviométrica indicada pelos referidos autores, com 1616,8 mm totais anuais.

Neste sentido, pode-se afirmar que os valores de precipitação pluviométrica registrados para a área de estudo são significativamente superiores aos valores estimados pela bibliografia. O Gráfico 1 apresenta o gráfico de acumulado sazonal de precipitação para os dois pontos analisados.

Observa-se que, num contexto sazonal, os maiores valores acumulados de precipitação foram registrados nos períodos referentes ao outono e primavera, onde o maior volume de precipitação no ponto PNMM, 33,7% do valor total acumulado durante o período de pesquisa, ocorreu durante o período primaveril. O ponto PSO registrou maior volume pluviométrico durante o período outonal, quando registrou 34,1% do volume total precipitado no ano.

Gráfico 1. Valores acumulado sazonal de precipitação pluviométrica nos pontos PSO e PNMM

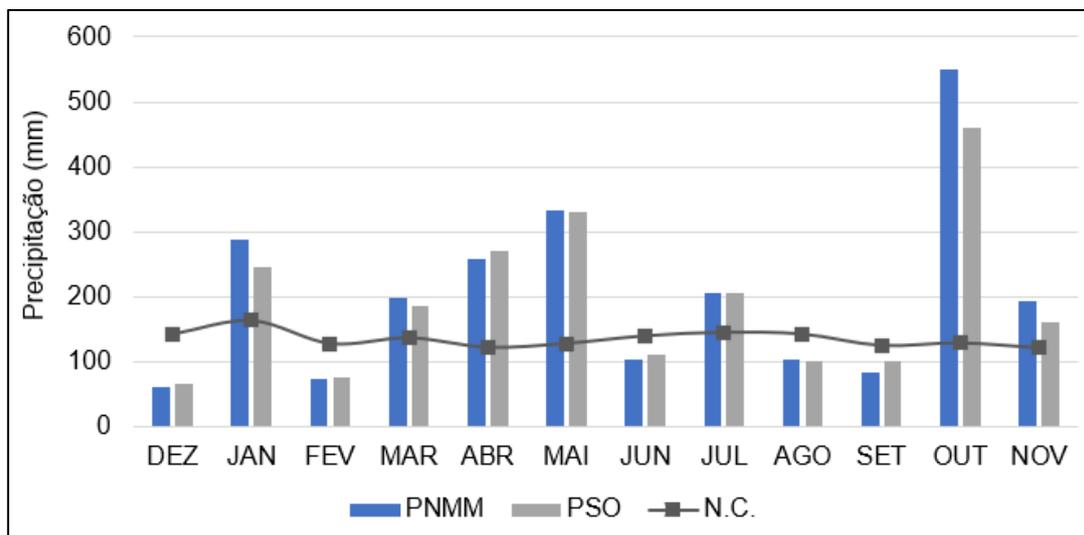


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Os períodos de inverno e verão obtiveram registros de precipitação mais baixas em ambos os pontos. Durante o inverno os pontos PNMM e PSO registraram 16,8% e 18% do acumulado total do ano, respectivamente. No verão o ponto PNMM obteve precipitação correspondente a 17,3% do total anual acumulado, enquanto PSO apresentou seu menor registro de precipitação da análise sazonal, com 16,6% do total de precipitação registrada.

Neste sentido, destacam-se os períodos de primavera e outono com os maiores acumulados pluviométricos na área de estudo. O Gráfico 2 demonstra os valores de precipitação pluviométrica acumulados mensalmente para os pontos analisados.

Gráfico 2. Comparação dos valores mensais totais de precipitação pluviométrica nos dois pontos de coleta de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Conforme pode ser observado no Gráfico 2, em seis dos 12 meses de coleta de dados pluviométricos, o ponto PNMM apresentou acumulado mensal de precipitação superior aos pontos PSO. O ponto PNMM teve seu mínimo de chuva registrado no mês de dezembro, bem como o ponto PSO, com 61 e 65 mm respectivamente. Ambos os pontos registraram valores abaixo da N.C. para o mês de dezembro.

De forma destacada, e em conformidade com o que aponta Sartori (2016), outubro foi o mês que registrou maior acumulado mensal de precipitação. A Tabela 1 apresenta parâmetros referentes distribuição mensal da precipitação pluviométrica nos dois pontos analisados.

Tabela 1. Parâmetros analisados na distribuição mensal da precipitação pluviométrica na área de estudo no período entre os meses de dezembro de 2018 e novembro de 2019.

Parâmetros	PNMM	PSO
Correlação Linear (r) média	0,98	
Mínimo Mensal (mm)	61,0	65,0
Máximo Mensal (mm)	551,0	460,3
Média Mensal (mm)	204,0	192,6
Amplitude pluviométrica	490,0	395,3
Desvio Padrão	141,3	118,5

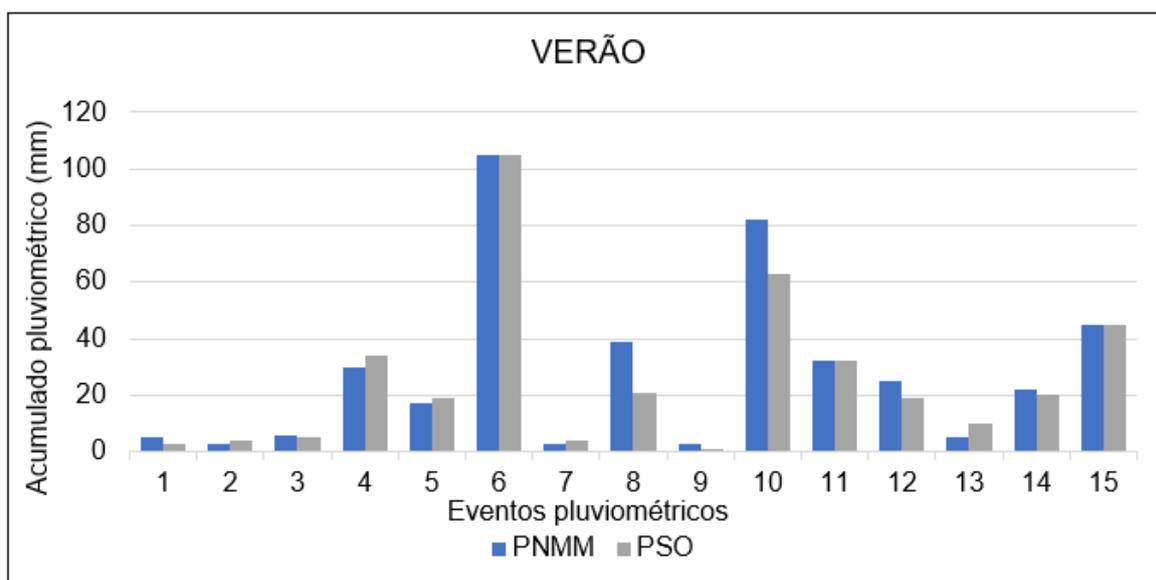
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A distribuição mensal da precipitação pluviométrica entre os pontos PNMM e PSO obteve um coeficiente de correlação (r) de 0,98, o que demonstra uma forte correlação na distribuição mensal da precipitação pluviométrica entre os dois pontos. Conforme afirmam Rossato (2014) e Sartori (2016), a distribuição da precipitação pluviométrica na região da área de estudo é determinada pelas passagens semanais dos sistemas frontais.

Forgiarini et al. (2013) corrobora as autoras afirmando que, associado ao avanço os sistemas frontais, o relevo também influencia na distribuição pluviométrica mensal na região central do Rio Grande do Sul. Esta relação pode ser observada a partir dos valores médios mensais encontrados para os pontos PSO e PNMM. O valor de precipitação média mensal encontrado para o PNMM é de 204 mm, sendo este valor maior do que o encontrado para PSO, de 192,6 mm. Ressalta-se a diferença altimétrica de 276 metros que se apresenta entre o ponto PNMM em relação ao ponto PSO.

A influência do relevo na distribuição pluviométrica na área de estudo pode ser melhor analisada a partir da comparação dos valores registrados nos eventos pluviométricos individuais. No total, foram registrados 64 eventos pluviométricos, 15 durante o verão, 13 no outono, 17 durante o inverno e 19 no período primaveril. O Gráfico 3 apresenta os eventos pluviométricos registrados durante o período veranil.

Gráfico 3. Eventos pluviométricos registrados na área de estudo durante o período veranil (DJF)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Durante o verão, período compreendido nesta pesquisa enquanto os meses de dezembro de 2018, janeiro de 2019 e fevereiro de 2019, foram registrados 15 eventos pluviométricos na área de estudo. Deste total de eventos, o volume de precipitação pluviométrica no Parque Natural Municipal dos Morros (ponto PNMM) foi superior a registrada no ponto PSO em 46,6% dos eventos (eventos 1, 3, 8, 9, 10, 12 e 14), enquanto a chuva registrada em PSO foi maior em 33,3% do total de eventos (2, 4, 5, 7 e 13). Ainda em 20% dos eventos pluviométricos veranils (eventos 6, 11 e 15) ocorridos na área de estudo, foi registrado o mesmo volume pluviométrico para ambos os pontos.

As precipitações no Rio Grande do Sul durante o verão estão condicionadas a passagem da Frente Polar Atlântica, entre situações de deslocamento normal, processo de ciclogênese ou como frente estacionária, embora nem sempre se tenha registro pluviométrico em suas passagens. Ainda, as Frentes Polares atuam indiretamente na distribuição da precipitação durante o verão ao reforçar as condições para o desenvolvimento de linhas de instabilidade pré-frontais (Figura 4) (BRITTO, 2006; SARTORI, 2016).

Figura 4. Chegada de uma nuvem do tipo prateleira (Shelf Cloud), trazendo chuva na área urbana de Santa Maria, visto do Mirante da Fêmea

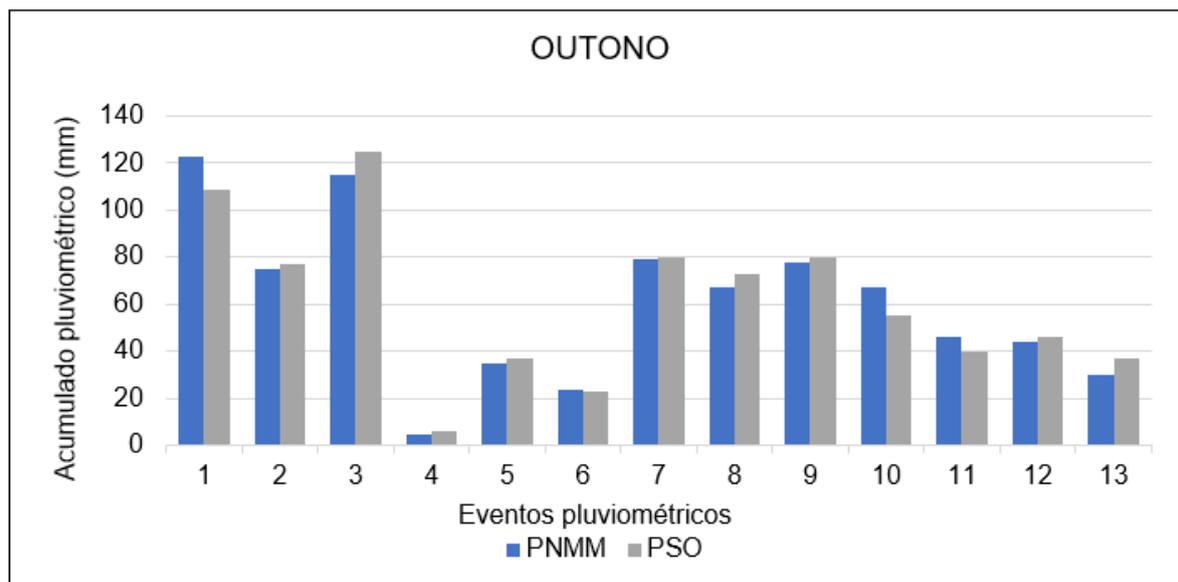


Fonte: Acervo pessoal de Guilherme Lul da Rocha (2019)

Também, durante o verão há uma maior atuação dos Sistemas Intertropicais, como as Instabilidades Tropicais. Estes sistemas de circulação secundária, provocam chuvas fortes e rápidas, tempestades e precipitações de granizo de forma localizada em decorrência das nuvens cúmulo-nimbus de grande desenvolvimento vertical originadas pela convecção térmica resultante do intenso aquecimento do interior do continente. São frequentes entre a primavera e o outono e mais regulares durante o verão (SARTORI, 2016).

O período outonal (nesta pesquisa os meses de março, abril e maio de 2019) foi a estação climática que registrou menor número de eventos pluviométricos na área de estudo, porém o que registrou maior acumulado total de precipitação pluviométrica. O Gráfico 4 apresenta estes eventos juntamente com a variabilidade da precipitação entre os pontos PSO e PNMM.

Gráfico 4. Eventos pluviométricos registrados na área de estudo durante o período outonal (MAM).



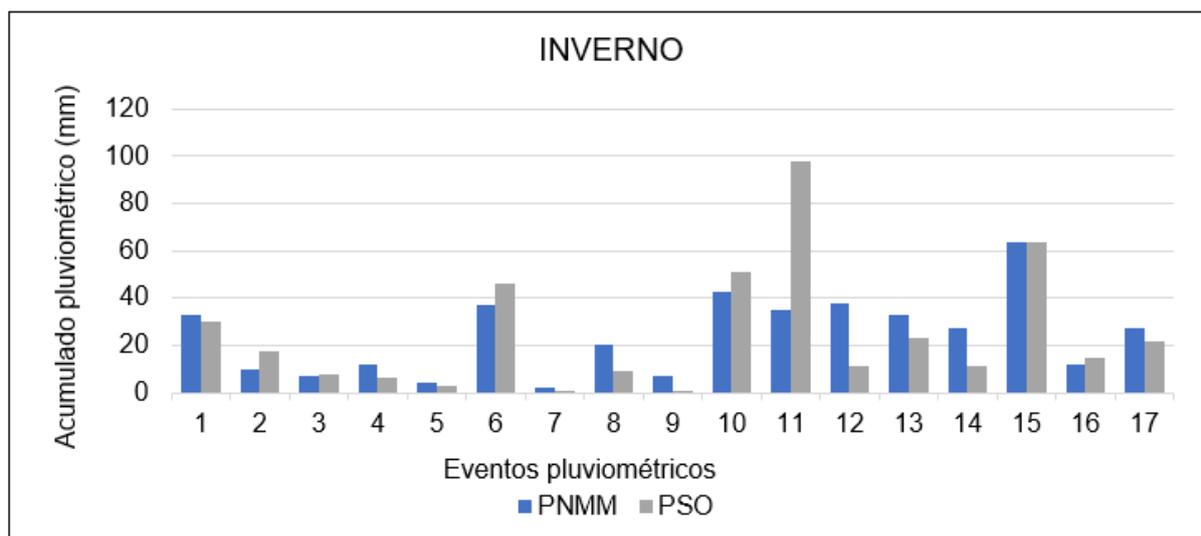
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Durante o outono foram registrados 4 (30,7%) eventos pluviométricos onde o acumulado de precipitação em PNMM foi maior do que o registrado em PSO. O restante dos eventos pluviométricos (69,2%, total de 9 eventos) o ponto PSO registrou volume pluviométrico maior do que o ocorrido em PNMM. Ainda, observa-se que os valores de precipitação pluviométrica registrados nos dois pontos de coleta de dados foram superiores ao valor apontado como chuva forte para a área de estudo por Sartori (2016), de 50 mm, em 7 dos 13 eventos pluviométricos, o que caracteriza eventos de chuva volumosa durante o período.

Monteiro (1963, p. 154) destaca o aumento dos totais pluviométricos no Rio Grande do Sul no período do outono em razão das oscilações que ocorrem nas Frentes Polares entre o Rio da Prata e o Rio Grande do Sul, tornando o período mais chuvoso nesta área. Os valores totais de precipitação pluviométrica em PSO e PNMM foram o mesmo para o período, 788 mm de chuva.

O inverno é o segundo período com maior número de eventos pluviométricos na área de estudo, registrando 17 registros de precipitação pluviométrica. O Gráfico 5 apresenta os valores referentes aos eventos pluviométricos ocorridos durante os meses de junho, julho e agosto de 2019, compreendido como período invernal para esta pesquisa.

Gráfico 5. Eventos pluviométricos registrados na área de estudo durante o período invernal (JJA)



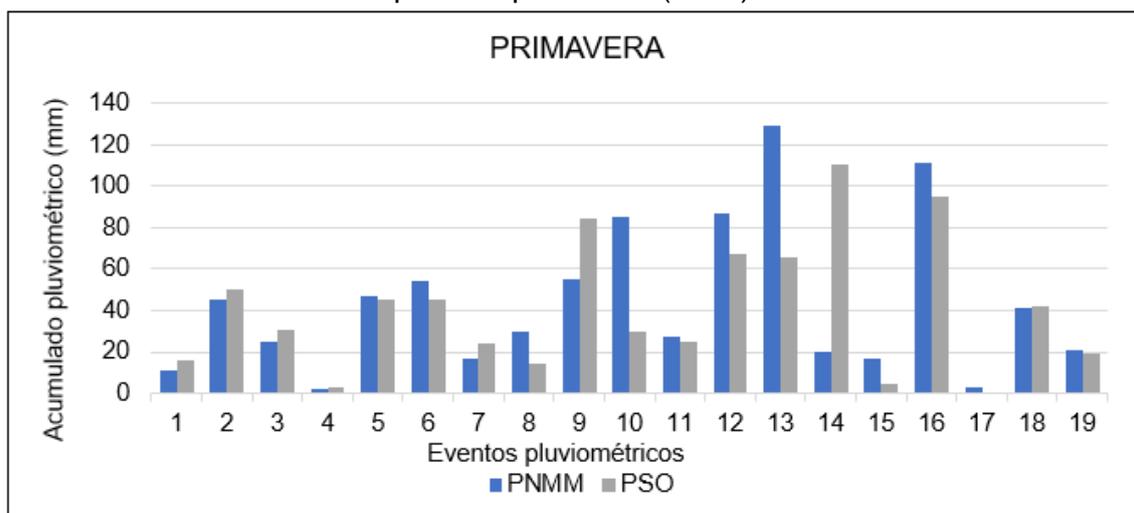
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Dos 17 registros de eventos pluviométricos na área de estudo, a precipitação pluvial registrada para PSO foi maior em relação PNMM em 35,29% dos eventos (2, 3, 6, 10, 11 e 16), com destaque para o evento numerado 11, onde PSO registrou 63 mm a mais de precipitação pluvial do que PNMM. Ainda, 5,88% dos eventos (evento número 15) o valor de chuva registrada foi o mesmo para ambos os pontos. Em 58,82% dos eventos registrados para o período invernal o ponto PNMM registrou precipitação superior ao ponto PSO. Sartori (2016) aponta que a participação da Frente Polar durante o inverno é maior, com aumento dos casos de frentes estacionárias e formação de ciclones frontais.

Nimer (1989, p. 22) coloca que a concentração pluviométrica independe da frequência das passagens das frentes, sendo mais importante a intensidade das chuvas ocasionadas durante a passagem. Conforme o autor, a intensidade das chuvas está relacionada com a estrutura da Frente Polar, a umidade contida na massa de ar de origem tropical na situação pré-frontal. Ainda, a velocidade da passagem da Frente Polar também é fundamental na quantidade de precipitação acumulada, visto que passagens rápidas e mais frequentes da Frente Polar ocasionam acumulados pluviométricos muito menores em relação as mais prolongadas geradas pela situação de semi-estacionamento da Frente Polar (NIMER, 1989).

A primavera, período sazonal referente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2019, obteve maior registro de eventos pluviométricos nesta pesquisa, e o segundo maior em acumulado pluviométrico. O Gráfico 6 apresenta os dados dos eventos pluviométricos primaveris.

Gráfico 6. Eventos pluviométricos registrados na área de estudo durante o período primaveril (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

O total de 19 eventos pluviométricos foram registrados na área de pesquisa durante a primavera. Destes, 57,89% (eventos 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 19) o ponto PNMM registrou maior volume de precipitação pluvial em relação ao PSO. Nos eventos restantes, 42,10%, os valores registrados no ponto PSO foram mais altos do que os registrados no PNMM.

Durante a primavera, os sistemas de origem intertropicais passam a atuar com maior frequência na região, devido ao maior aquecimento no Hemisfério Sul, o que acaba enfraquecendo a inserção dos fluxos polares (SARTORI, 2016). Para Nimer (1989) é durante este período que começam a ocorrer sucessivas ondas de ventos de oeste e noroeste (episódios de vento norte pré-frontais são mais frequentes neste período também). Estes ventos, trazidos por linhas de instabilidades tropicais (IT), formam depressões barométricas alongadas, onde há convergência dinâmica. Além disso, Borsato (2016, p. 116) aponta que a associação dos Jatos de Baixos Níveis (JBNs) com a formação das ITs formam sistemas convectivos, até mesmo os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), ocasionando chuvas fortes e prolongadas, trovoadas, granizos e fortes rajadas de vento.

A partir dos valores acumulados anuais para os dois pontos localizados na área de estudo, é possível apontar para a ocorrência do efeito orográfico na zona norte da área urbana de Santa Maria, visto que o valor registrado para PNMM durante o período da pesquisa é maior do que o registrado para PSO. Também, a diferença orográfica na precipitação pluvial no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro foi mais expressiva nos acumulados mensais registrados em janeiro e outubro e sazonalmente durante o período primaveril. Destaca-se assim a topografia da área de estudo como um fator capaz de intensificar as diferenças na espacialização da precipitação pluviométrica de acordo com o que foi apontado pela literatura.

Dos 64 eventos pluviométricos registrados na área de estudo, foi identificado a ocorrência de efeito orográfico em 32 destes. Sendo que 34,3% do total eventos pluviométricos com registro de efeito orográfico ocorreram durante a primavera,

31,2% durante o inverno, 21,8% durante o verão e 12,5% durante o outono. Estes resultados iniciais estão em desacordo com os estudos realizados por Correa et al. (2016) e Forgiarini et al. (2013) os quais afirmam que o efeito orográfico é mais expressivo durante o período invernal, devido ao maior número de invasões polares na região sul do Brasil.

Na análise sinótica dos 32 eventos pluviométricos, nos quais foram identificadas as diferenças pluviométricas mais expressivas entre a precipitação registrada em PNMM e PSO, pode observar que Frente Polar é a maior responsável pela chuva que ocorre na área de estudo. A Tabela 2 destaca estes eventos, apontando se o efeito orográfico ocorreu ou não, e os sistemas atmosféricos atuantes.

Tabela 2. Eventos pluviométricos e sistemas atmosféricos atuantes.

Evento	Data	Efeito Orográfico	Sistema Atmosférico
1	14 jan. 2019	Sim	Convecção
2	17 jan. 2019	Sim	Convecção pré-frontal
3	23 jan. 2019	Sim	Convecção
4	01 fev. 2019	Não	Frente Fria
5	06 mar. 2019	Sim	Convecção pré-frontal
6	05 abr. 2019	Não	Frente Fria
7	05 mai. 2019	Não	Frente Fria
8	13 mai. 2019	Sim	Oclusão da Frente Fria
9	21 mai. 2019	Sim	Frente Fria
10	28 mai. 2019	Não	Frente Fria
11	17 jun. 2019	Não	Oclusão da Frente Fria
12	25 jun. 2019	Sim	Frente Fria
13	30 jun. 2019	Não	Oclusão da Frente Fria
14	13 jul. 2019	Sim	Frente Fria
15	14 jul. 2019	Sim	Frente Estacionária
16	23 jul. 2019	Não	Frente Fria
17	24 jul. 2019	Não	Oclusão da Frente Fria
18	25 jul. 2019	Sim	Oclusão da Frente Fria
19	29 jul. 2019	Sim	Frente Fria
20	30 jul. 2019	Sim	Frente Estacionária
21	31 ago. 2019	Sim	Frente Fria
22	07 set. 2019	Não	Frente Fria
23	11 set. 2019	Não	Frente Fria
24	12 set. 2019	Não	Frente Estacionária
25	04 out. 2019	Sim	Frente Fria
26	16 out. 2019	Não	Frente Fria
27	19 out. 2019	Sim	Frente Fria
28	29 out. 2019	Sim	Frente Fria
29	30 out. 2019	Sim	Oclusão da Frente Fria
30	31 out. 2019	Não	Oclusão da Frente Fria
31	04 nov. 2019	Sim	Frente Fria
32	08 nov. 2019	Sim	Frente Fria

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Do total de eventos pluviométricos analisados, 56,2% foram provenientes da passagem da Frente Fria pelo estado do Rio Grande do Sul e 21,8% pela oclusão da Frente, 12 % são referentes a chuvas convectivas e somente 9,3% foram ocasionados pelo estacionamento da Frente Fria no estado. As precipitações convectivas foram observadas durante o verão e o outono. Já as Frentes Estacionárias ocorreram durante o inverno e a primavera. A análise sinótica mostrou que as Frentes Oclusas ocorreram durante o outono, inverno e primavera. As passagens das Frentes Frias ocorreram em todas as estações, tendo sido observadas em menor frequência durante o verão e maior frequência durante a primavera.

Em relação ao efeito orográfico foi possível observar que em todas as precipitações de origem convectivas o ponto PNMM registrou volume maior em relação ao ponto PSO. Nos registros de passagem de frentes frias, o efeito orográfico pode ser observado em 55,5% destas. Nas observações de frentes estacionárias o efeito orográfico foi registrado em 66,6% dos eventos. Nas chuvas provenientes da oclusão da frente polar somente 42,8% registraram ocorrência do efeito orográfico, sendo essa a situação sinótica apresentou menor influência na diferença no volume de precipitação entre os pontos PSO e PNMM. Esta afirmação vai ao encontro do já apontado por Forgiarini et. al. (2013) que apontam a ocorrência do efeito orográfico na região central do Rio Grande do Sul e sua intensificação com a passagem de sistemas frontais, decorrentes do avanço das massas de ar de origem polar pela região.

CONCLUSÃO

Com a realização desta pesquisa objetivou-se analisar a variabilidade da precipitação pluvial dentro da área de estudo levando em consideração a influência da barreira orográfica que marca o bairro e divide o meio urbano do meio natural. Observou-se que o volume de precipitação pluviométrica registrado na área de estudo durante o período da pesquisa foi bastante expressivo, com valores acima da média anual da Normal Climatológica (1961-1990). Assim, identifica-se o período de análise como um ano chuvoso.

O volume acumulado anual foi maior no Parque Natural Municipal dos Morros do que na área urbanizada, apontando para a ocorrência de efeito orográfico. Na análise mensal, observou-se o mês de dezembro com menor acumulado pluviométrico, com menos de 70 mm de precipitação na área de estudo. O mês com maior acumulado pluviométrico foi outubro, onde registrou-se maior volume de chuva no ponto PNMM em relação ponto PSO.

Os períodos sazonais do outono e primavera foram mais chuvosos, e os menos chuvosos foram o verão e o inverno. O efeito orográfico foi melhor observado durante o verão e a primavera. Na análise sinótica dos eventos pluviométricos foi observado o efeito orográfico em todas as precipitações de origem convectiva; em 55,5% das passagens de frentes frias; 66,6% das ocorrências de frentes estacionárias e em 42,8% dos casos de oclusão da frente polar.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, 2013. p. 711-728. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil>. Acesso em out. 2020.
- ARAÚJO, M. B.; ALAGADOR, D.; CABEZA, M; NOGUÉS-BRAVO, D.; THUILLER, W., Climate change threatens European conservation areas. **Ecology Letters**, v. 14, 2011. p. 484-492.
- BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A; HOPPE, I. L Distribuição da precipitação pluviométrica no período veranil e invernal de 2013/2014 na área urbana de Santa Maria/RS e seu entorno. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p 577-593, set-dez. 2015.
- BORSATO, V. A dinâmica climática do Brasil e massas de ares. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2016. 184 p.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <L6938 (planalto.gov.br)>. Acesso em 29 de out 2021.
- BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal e precipitação pluvial máxima no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 2, 2006, p. 35-51. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25385/17011>>. Acesso em 29 de out 2021.
- FORGIARINI, F. R.; VENDRUSCULO, D. S.; RIZZI, E. S. Análise de Chuvas Orográficas no centro do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 9 – Vol. 13 – jul-dez, 2013.
- GASTON, K. J.; JACKSON, S. E.; CANTU-SALAZAR, L.; CRUZ-PINON, G. The ecological performance of protected areas. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 39, 2008. p. 93-113.
- MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP), **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, n 9, jul/dez, p. 68-79, 2011.
- MINDER, R.; DURRAN, D. R.; ROE, G. H.; ANDERS, A. M. The climatology of small-scale orographic precipitation over the Olympic Mountains: Patterns and processes. **Q. J. R. Meteorol. Soc.** n. 134, p.817-839, 2008.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 426p.

ROMERO, H. A.; ESPINOZA, G.; OPAZO, D.; SEPÚLVEDA, D. **Topoclimatología cultural y cambios de clima em la zona andina del Norte de Chile**. In: SANCHEZ, R.; HIDALGO, R. ARENAS, F. Re-conociendo las geografías de América Latina y el Caribe. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017. p. 93-131.

ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: tendências e tipologia. In: MENDONÇA, F. (Org.) **Os Climas do Sul em tempos de mudanças globais**. Jundáí, Paco Editorial, 2014. 276 p.

SARTORI, M. G. B. O Vento Norte. Editora Palotti, Santa Maria, 2016. 256 p.

SARTORI, P. L. P. Geologia e geomorfologia de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**. v. 38, jan-jul 2009. p. 19-42.

SELUCHI, M. E.; CHAN CHOU, S.; GRAMANI, M. A case study of a winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil. **Geofísica Internacional**, México, v. 50, n 1, mar 2011.

SILVA, A. N.; VERARDO, G. F. WOLLMANN, C. A. Variabilidade intra-urbana da precipitação pluviométrica em Santa Maria/RS, no período de 2005-2015. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, **Anais...** Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, Goiás, 2016.

SINDOSI, O. A.; BARTZOKAS, A.; KOTRONI, V.; LAGOUVARDOS, K. Influence of orography on precipitation amount and distribution in NW Greece; a case study. **Atmospheric Research**, n 125, p. 105-122, 2015.