

•
CAROLINE LUDWIG

**CARACTERIZAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA DOS EVENTOS DE
INUNDAÇÃO E ALAGAMENTO OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE
CHAPECÓ (SC)**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Profa Aline de Almeida Mota

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 01 / 12 / 2016

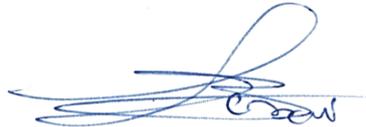
BANCA EXAMINADORA



Profa Me. Aline de Almeida Mota – UFFS



Prof. Dr. Fernando Grison – UFFS



Prof. Me. Leandro Bassani - UFFS

Caracterização Hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento ocorridos no município de Chapecó, SC

Caroline Ludwig; Aline de Almeida Mota (Orientadora)

Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS/Campus Chapecó – carolineeludwig@gmail.com

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é realizar a caracterização hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento ocorridos na área urbana do município de Chapecó. A partir da coleta de dados hidrometeorológicos, foi realizada a caracterização das ocorrências de eventos de inundação e alagamento identificadas entre os anos de 1980 e 2015 e posteriormente do cálculo de variáveis hidrometeorológicas. Constatou-se que as estações do ano que tiveram maiores ocorrências de eventos de inundação e alagamento foram a primavera e o verão, outra observação realizada, foi que os eventos que ocorrem no inverno, são os que atingem maior número de bairros, essa estação apresenta os maiores valores para os *API*, logo, condições de umidade do solo maiores podem favorecer que ocorram inundações mais severas. Diante disso, pode-se observar que existem períodos do ano que podem influenciar na maior quantidade de eventos de inundação e alagamento e na maneira como eles ocorrem no município de Chapecó.

Palavras-chave: *Inundações, Caracterização, Hidrometeorologia, API.*

INTRODUÇÃO

Cada vez mais recorrentes e causando maiores impactos, os desastres naturais tem acarretado em perdas econômicas, sociais e ambientais. O agravamento dos danos e perdas devido a esses fenômenos são associados por cientistas às mudanças climáticas que já vem ocorrendo (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009), mas principalmente esse aumento se deve ao aumento da população, do crescimento urbano desordenado e a industrialização (KOBAYAMA et al., 2006).

Alguns dados divulgados pelo CRED (2015) mostram que houve um aumento a partir do século XXI do número de pessoas que foram afetadas ou morreram em decorrência de desastres naturais. Além disso, a ONU divulgou um relatório para Redução do Risco de Desastres em 2015, alertando que nesse ano mais de 100 milhões de pessoas em todo o mundo foram afetadas por desastres naturais como terremotos, furacões e enchentes.

No Brasil, foram registrados, entre os anos de 1991 e 2012, 38.996 ocorrências de desastres naturais, sendo a região mais atingida a Região Nordeste com 15.210 ocorrências, seguida pela Região Sul com 13.255 ocorrências. As maiores frequências são em decorrência de secas e estiagem, enxurradas e inundações (UFSC, 2013).

O Estado de Santa Catarina é um dos que mais sofre com desastres, embora tenha uma extensão territorial pequena. Na classificação dos municípios mais atingidos por desastres no Brasil, 8 entre os 10 são catarinenses. O município de Chapecó é o segundo mais atingido do país, os principais eventos são secas e estiagens, seguido por enxurradas e inundações (UFSC, 2013).

Os registros de inundação e alagamentos na cidade de Chapecó não são recentes, datam desde 1960, e o crescimento populacional e urbano, ocorrido desde

então, tem colaborado para o aumento da ocorrência desses eventos, acarretando em danos e perdas à população atingida (BINDA; BUFFON; FRITZEN, 2012). A preocupação em decorrência desse fato está na minimização dos prejuízos causados, buscando a boa gestão da bacia hidrográfica a qual a cidade pertence, melhorando a relação do homem com o ambiente.

A forma com que ocorrem as precipitações que causaram as inundações e alagamentos, bem como as condições meteorológicas em que elas aconteceram, são características que podem identificar situações de similaridade na ocorrência desses eventos, podendo contribuir para possíveis previsões.

O Índice de Precipitação Antecedente (*API*) foi desenvolvido para prever de maneira simples e prática a ocorrência de inundações (BOUGHTON & DROOP, 2003). Segundo Kohler e Linsley (1951), a utilização desse método na estimativa do escoamento superficial apresenta bons resultados, principalmente quando utilizado em conjunto com estações do ano ou temperatura, além disso, pode ser aplicado em qualquer tipo de bacia hidrográfica.

A Lei Nº 12.608/2012, estabelece que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar medidas necessárias para a redução dos riscos a desastres.

Estudos hidrológicos da ocorrência de inundações e alagamentos são de suma importância para a prevenção desses eventos, pois contribuem na elaboração de projetos de planejamento e gerenciamento, como o zoneamento ambiental, e se caracterizam por ser medidas preventivas, não estruturais, tornando-se mais baratas e acessíveis.

A área urbana do município de Chapecó se torna base para a pesquisa realizada neste trabalho, em que busca-se analisar as inundações e alagamentos que ocorreram no município, contribuindo para o melhor

entendimento da ocorrência desses fenômenos do ponto de vista hidrológico.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho é realizar a caracterização hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento na área urbana do município de Chapecó.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Chapecó está situado no estado de Santa Catarina e localiza-se na mesorregião Oeste do estado. A microrregião de Chapecó está entre as coordenadas geográficas de 27°16' a 26°56' de latitude Sul e 52°52' a 52°19' longitude Oeste de Greenwich e a área territorial do município abrange um total de 625,758 km² (IBGE, 2016), fazendo divisa com nove municípios: ao Norte com os municípios de Coronel Freitas, Nova

Itaberaba e Cordilheira Alta; ao Sul com o Estado do Rio Grande do Sul; ao Leste com os municípios de Paial, Seara, Xaxim e Arvoredo; e, ao Oeste, com os municípios de Guatambu e Planalto Alegre (Figura 1).

A Bacia Hidrográfica da qual o município de Chapecó faz parte é a do Rio Uruguai que tem uma área de 174.533 km², equivalente a 2% do território brasileiro. Essa bacia tem grande relevância para o setor econômico brasileiro, pelas atividades agroindustriais desenvolvidas e pelo forte potencial hidrelétrico (ANA, 2016). Já a área urbana do município de Chapecó, em três principais bacias hidrográficas a do Rio dos Índios (55,7 km²), Lajeado São José (76,3 km²) e Rio Taquaruçuzinho (8,8 km²) (DEBASTIANI, 2015).

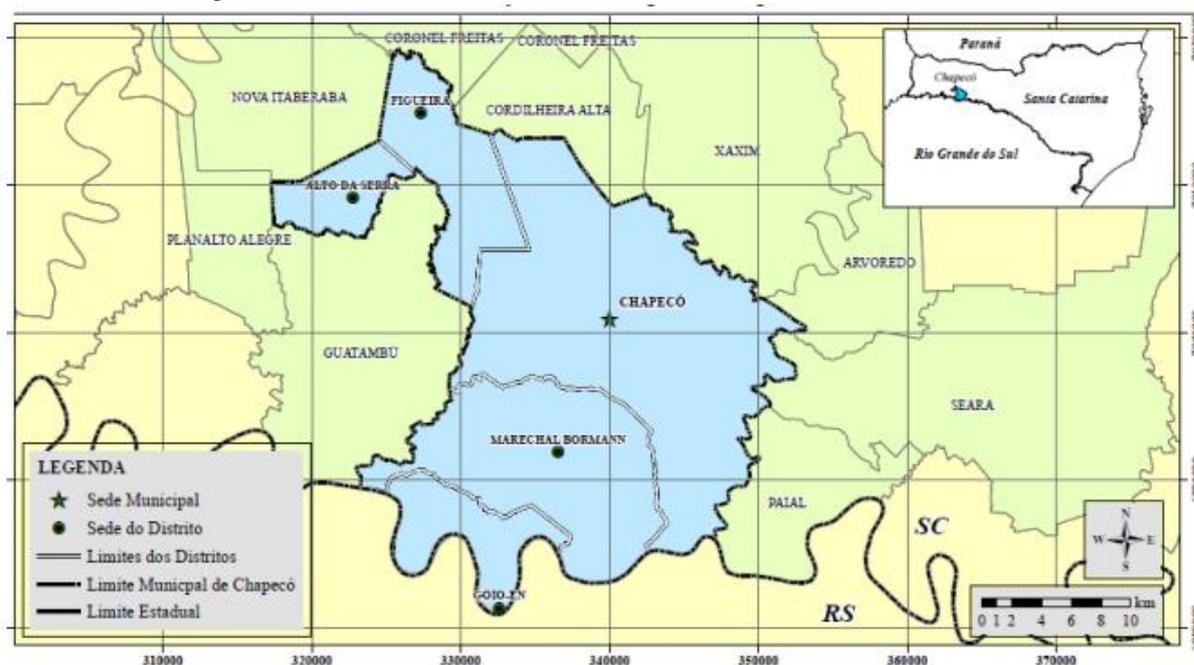


Figura 1 – Localização do Município de Chapecó. Fonte: DEBASTIANI (2015).

Os principais usos do solo no município de Chapecó em 2014 eram: 7,6% de mancha urbana, 25,4% de solo exposto, 18% de solo cultivado e 47,8% são áreas de vegetação (DEBASTIANI, 2015). No entanto, o crescimento populacional do município de Chapecó pode contribuir para aumentar a porcentagem de mancha urbana, segundo o censo de 2010 o município de Chapecó apresentou um crescimento populacional de 24,88% de 2002 a 2010, e estima-se uma população de 209.553 habitantes para 2016 (IBGE, 2016).

Dados hidrometeorológicos

Os dados hidrometeorológicos utilizados na caracterização dos eventos de inundação e alagamento

foram: umidade relativa do ar (%), temperatura média, máxima e mínima (°C), pressão atmosférica (mmHg) e precipitação pluviométrica diária (mm). Esses dados foram obtidos junto a Epagri/Ciram, e foram registrados na estação meteorológica e pluviométrica localizada em Chapecó-SC, nas coordenadas geográficas 27°05'27" de latitude sul e 52°38'03" de longitude oeste, e na altitude de 679 m.

Utilizaram-se os dados de uma única estação, pois as demais estações encontradas no Hidroweb, que é o banco de dados online que traz informações hidrometeorológicas da Agência Nacional da Água (ANA), apresentavam muitas falhas, não sendo confiável a sua utilização nessa pesquisa.

Identificação e caracterização dos eventos de inundação e alagamento

Eventos de inundação e alagamento no município Chapecó

A identificação da ocorrência de inundações e alagamentos foi realizada por meio da busca de registros históricos presentes na Biblioteca Municipal de Chapecó e disponibilizados pela Defesa Civil do estado de Santa Catarina. Outras fontes, como os veículos de comunicação como sites de notícias, revistas e jornais também foram utilizados. O trabalho desenvolvido por Binda, Buffon e Fritzen (2012), e a comunicação pessoal com os autores, também contribuíram para que fosse possível encontrar todos os registros utilizados.

A busca de registros se restringiu ao intervalo de tempo entre os anos de 1980 até 2015, nesta busca além de encontrar o dia em que ocorreu cada evento, se buscou saber quantos bairros foram atingidos por cada evento.

Cálculo das variáveis hidrometeorológicas

As variáveis hidrometeorológicas foram calculadas para cada evento de inundação ou alagamento identificado entre os anos de 1980 a 2015, da seguinte maneira:

a) Precipitação total (P): chuva total acumulada para cada ano e para cada mês de cada ano. Também considerou-se como P, a precipitação ocorrida no dia em que ocorreu o evento de inundação e alagamento.

b) Precipitação média mensal (Pm): média entre todas as precipitações totais calculadas para cada mês.

c) Número de dias de Chuva (NC): consiste na soma dos dias de chuva apresentaram precipitação maior que zero. Essa variável foi calculada para cada ano e para cada mês,

d) Amplitude de Pressão (AP): a amplitude de pressão foi observada através da diferença entre as pressões atmosféricas de 5 dias e 3 dias antecedentes e a pressão atmosférica observada no dia do evento.

e) Amplitude Térmica do evento (AT): diferença entre a maior e menor temperatura registrada no dia em que ocorreu cada evento de inundação e alagamento. A AT também foi calculada para as médias de temperatura máxima e mínima de cada ano e também de cada mês, entre os anos de 1980 à 2015.

f) Índice de Precipitação Antecedente (API): O API permite estimar, as condições antecedentes de umidade do solo na área urbana de Chapecó.

Nesta pesquisa, o API foi calculado para 21, 14, 7, 6, 5, 4, 3, 2, e 1 dias antecedentes a cada evento de inundação e alagamento, utilizando a Equação (1):

$$API_i = b_1P_1 + b_2P_2 + b_3P_3 + \dots + b_iP_i \quad (1)$$

Onde b_i é uma constante, calculada a partir de $b_i = 1/i$; e P_i é a quantidade de precipitação que ocorreu em i intervalos de tempo antes do evento de chuva considerado.

Para caracterização da intensidade das inundações foi utilizada a variável referente à quantidade de bairros atingidos pelo evento de inundação e alagamento.

Correlação entre as variáveis

A análise de correlação foi realizada para buscar possível relação entre os valores encontrados para todos os API de cada evento e as variáveis meteorológicas como umidade relativa do ar, pressão atmosférica, amplitude de pressão, amplitude térmica, outra variável que também foi considerada foi o número de bairros atingidos por cada evento de inundação e alagamento utilizando o aplicativo Excel da Microsoft.

Para verificar a correlação utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson, que mede grau de relação linear entre duas variáveis

Para o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, aplica-se no programa citado anteriormente, a Equação (2).

$$r = \frac{n \cdot \sum(x_i \cdot y_i) - (\sum x_i \cdot \sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 \cdot (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum y_i^2 \cdot (\sum y_i)^2}} \quad (2)$$

Sendo x_i e y_i as variáveis analisadas e r o coeficiente amostral e correlação de Pearson e varia entre 1 (correlação linear positiva) e -1 (correlação linear negativa). Se r for exatamente igual a 1 a correlação será positiva e perfeita, se der exatamente igual a -1 a correlação é negativa e perfeita e se der igual a 0 não vai existir correlação.

Verificou-se a existência de correlação entre as variáveis meteorológicas e o número de bairros atingidos considerando todos os eventos e separando-os em grupos, As características para agrupá-los foram: a influência do El Niño ou La Niña, e estações do ano delimitadas de acordo com os equinócios e solstícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os anos de 1980 e 2015, foram verificados ao todo 72 eventos de inundação e alagamento no município de Chapecó. Nos 36 anos considerados, apenas 6 não tiveram registrado nenhum evento de inundação ou alagamento, esses anos foram 1981, 1984, 1985, 1987 e 1993, os demais anos todos tiveram pelo menos um registro. Os 5 anos que apresentaram maior número de ocorrências foram em ordem decrescente o ano de 1990 com 6 ocorrências, o ano de 2000 com 5 ocorrências e os anos de 1983, 2001, 2006 e 2008 com 4 ocorrências cada (Figura 2).

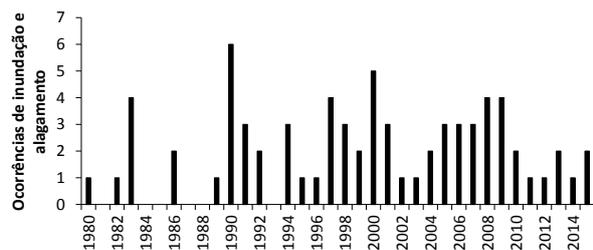


Figura 2 - Distribuição temporal dos eventos de inundação e alagamento na área urbana do município de Chapecó- SC, entre 1980 a 2015.

A precipitação anual registrada em Chapecó, durante o período estudado teve uma média de 2169,97 mm e, em média, 138,09 dias com chuva por ano (Figura 3). Pode-se perceber que o ano de 1993, apesar de ter mais dias com registro de chuva, teve um total precipitado menor, caracterizando chuvas menos intensas. Este ano é um dos que não teve registros de inundação.

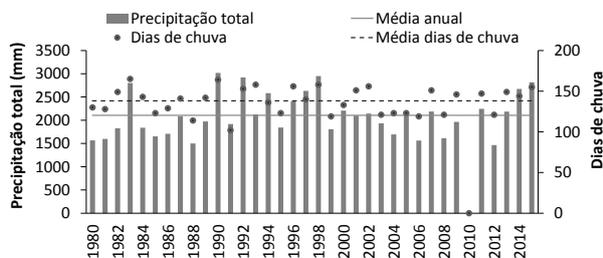


Figura 3 - Precipitação anual e dias de chuva no município de Chapecó- SC, no período de 1980 a 2015.

Na Figura 4, podemos perceber que não há uma tendência de aumento do valor precipitado ao longo dos anos, esses tendem a ficar em torno da média.

O maior valor de precipitação anual ocorreu no ano de 1990, 3018 mm e também foi o que apresentou maior número de ocorrências de inundação. O ano de 2012 apresentou a menor precipitação anual 1464,9 mm, mas mesmo assim nesse ano ocorrem eventos de inundação e alagamento. O ano de 2010 não foi considerado, pois a série histórica pluviométrica utilizada, apresentou muitas falhas nesse ano.

Todos os anos com registros de inundação e alagamento tiveram influência dos fenômenos ENOS, sendo que 80% deles estavam sob influência do fenômeno atmosférico-oceânico, El Niño e 20% estavam sob influência do La Niña. Os ENOS podem ocorrer em diferentes intensidades, que podem variar entre fraca, moderada e forte intensidade. Na Figura 4 é possível observar a predominância do fenômeno El Niño sobre os

anos com eventos de inundação e alagamento. A incidência do El Niño no estado de Santa Catarina contribui para que ocorra o aumento das chuvas intensas (MINUZZI, 2010). Logo, anos que apresentaram precipitação muito acima da média como 1983, 1990, 1992, 1997, 1998, 2014 e 2015 em Chapecó, estavam sob a influência do El Niño (Figura 4), além disso esses anos tiveram maiores médias diárias de precipitação para os dias com chuva (Figura 5), o que confirma o aumento da intensidade provocado por esse fenômeno em alguns anos sob a sua influência.

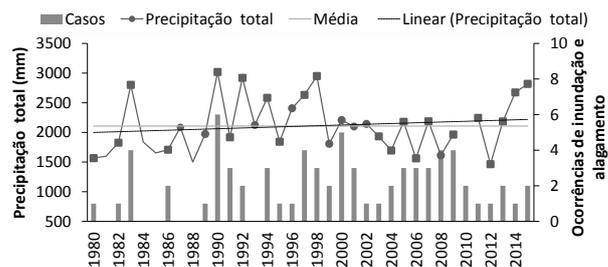


Figura 4 - Precipitação anual e eventos de inundação e alagamento no município de Chapecó-SC, no período de 1980 a 2015. Nota: quadrados representam os anos que estavam sob atuação do fenômeno El Niño; e círculos indicam os anos que estavam sob atuação do La Niña.

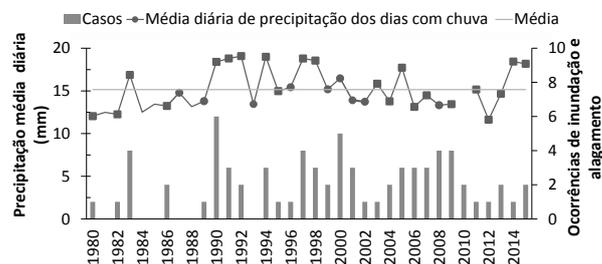


Figura 5- Médias diárias de precipitação no município de Chapecó, para os anos sob influência de El Niño e La Niña e ocorrências de inundação e alagamento, no período de 1980 a 2015. Nota: quadrados representam os anos que estavam sob atuação do fenômeno El Niño; e círculos indicam os anos que estavam sob atuação do La Niña.

Anos que sofrem influência do fenômeno El Niño podem apresentar um aumento da quantidade total de chuva e intensidade de precipitação, para os períodos entre primavera e verão, na área de estudo, pois são períodos em que esse sistema meteorológico costuma se manifestar (MINUZZI, 2010). Para exemplificar essa característica, na Figura 6, estão representadas a precipitação mensal junto com os dias de chuva, em

Chapecó, para o ano de 2015, que estava sob a influência do fenômeno El Niño em intensidade forte e de 2008, que estava sob a influência do fenômeno La Niña, também de forte intensidade. Além de um aumento na quantidade precipitada, nos meses de novembro, dezembro e janeiro, a quantidade de dias de chuva nesse período, quando atuante o fenômeno El Niño é bem maior do que comparado a atuação do fenômeno La Niña.

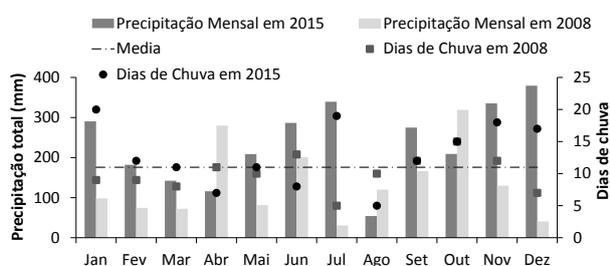


Figura 6- Precipitação mensal e dias de chuva no município Chapecó, nos anos de 2008 e 2015, que estavam sob influencia dos fenômenos atmosféricos La Niña (forte) e El Niño (forte) respectivamente.

Outro ponto que podemos destacar é que a umidade relativa do ar média também sofre um aumento nos anos com maiores valores de precipitação anual (Figura 7).

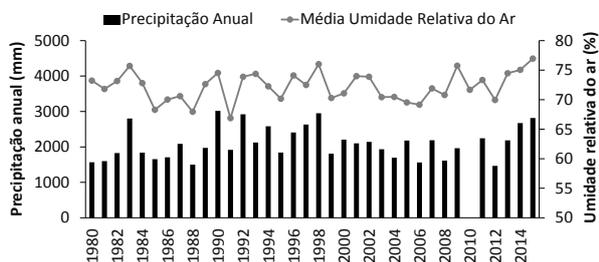


Figura 7- Precipitação anual e média da umidade relativa do ar em Chapecó-SC, entre 1980 a 2015.

Ao longo de cada ano a combinação de alguns fatores pode contribuir para que ocorram mais eventos de inundação e alagamento em Chapecó. Os meses de julho, setembro e outubro, tem o maior número de registros de inundação e alagamento, são 9 para cada mês (Figura 7).

Cada estação do ano tem uma característica, que influencia na quantidade de chuva que ocorre ao longo do ano. A primavera, no estado de Santa Catarina tende a criar tempos instáveis, contribuindo para o aumento da precipitação (MONTEIRO, 2001), na Figura 8 é possível perceber que a área estudada comporta-se seguindo essa característica, em que, ocorre um aumento da precipitação

no mês de setembro, início da primavera, chegando até outubro, que apresenta a maior média mensal para o período estudado, 231,10 mm. Essa condição de instabilidade contribui para o aumento da ocorrência de eventos de inundação e alagamento.

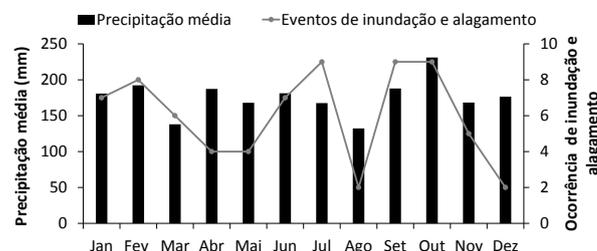


Figura 8- Média de precipitação mensal e eventos de inundação e alagamento no município de Chapecó-SC, no período de 1980 a 2015.

Os meses de janeiro, fevereiro e março também tiveram um registro maior de eventos de inundação e alagamento. As precipitações nesse trimestre não são tão elevadas quanto no mês de outubro. No entanto, é uma característica desse período, que ocorram chuvas de alta intensidade (MONTEIRO, 2001). O verão, em Chapecó apresenta temperaturas elevadas, os meses de janeiro, fevereiro e março tem médias variando entre 28 e 29 °C (Figura 10), que associadas a altos índices de umidade contribui para a formação de convecção tropical que resultam em pancadas de chuva, que associado a passagens de frentes frias, acarretam no aumento da intensidade de precipitação e a ocorrência de eventos de inundação e alagamento, principalmente em regiões onde o sistema de drenagem urbana esteja defasado (MONTEIRO, 2010).

Outros meses que se destacam pelo número de registros de eventos de inundação e alagamento são os meses de junho e julho, neste período costumam ocorrer chuvas mais volumosas e condições de umidade também elevadas (Figura 9). A temperatura nesses meses, que estão entre outono e inverno tem as médias mais baixas em Chapecó, essas se encontram entre 15 e 16 °C (Figura 10).

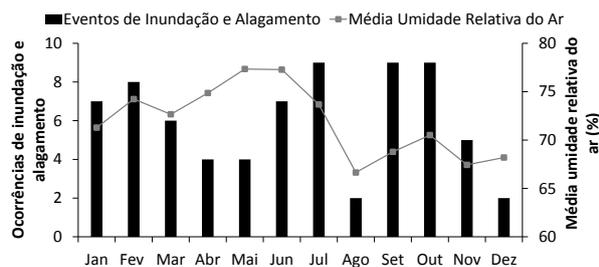


Figura 9- Eventos de inundação e alagamento e a média da umidade relativa do ar no município de Chapecó, no período de 1980 a 2015.

Os meses de abril e maio apresentam a menor ocorrência de eventos de inundação e alagamento em Chapecó. Monteiro (2001), explica que nessa época do ano, caracterizada pela estação de outono, é comum a ocorrência de bloqueios atmosféricos no estado de Santa Catarina, impedindo que frentes quentes ou frias cheguem ao estado, dando uma condição atmosférica mais estável.

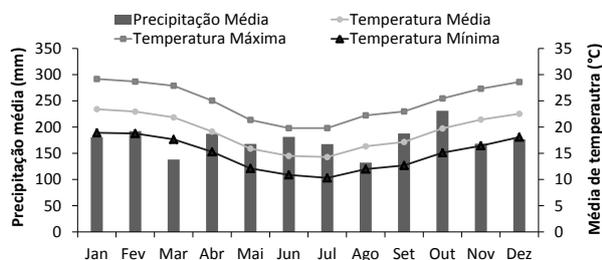


Figura 10- Média de precipitação e temperaturas média, mínima e máxima mensal no município de Chapecó, no período de 1980 a 2015.

Na Figura 11, podemos observar o comportamento das chuvas em cada estação do ano. O verão apresenta a menor média de precipitação, 495,97 mm no entanto é a estação que tem mais dias de chuva, em média 39,29 dias de chuva, o outono e inverno apresentam valores maiores de precipitação, em média 518,29 mm e 512,75 mm respectivamente, em relação ao verão, porém apresenta menor média de dias de chuva, isso indica ocorrência de chuvas mais intensas. Já a primavera é a estação que tem médias maiores de precipitação, 512,75 mm, em média nessa estação ocorrem 35,15 dias de chuva.

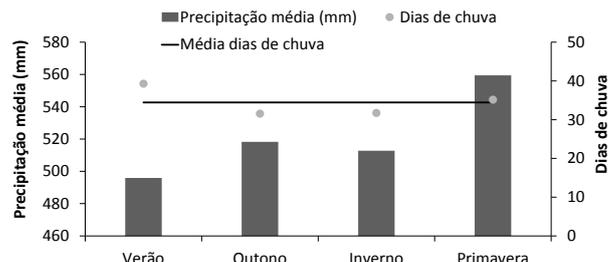


Figura 11- Precipitação média e média de dias de chuva no município de Chapecó, para cada estação do ano, no período de 1980 a 2015.

Conforme a Figura 12, podemos perceber a característica das chuvas em cada estação, o verão apresenta a menor média de precipitação diária em Chapecó, em média chove 12,81 mm por dia, é uma característica dessa estação que ocorram chuvas mais intensas e concentradas ou seja, em um período pequeno de tempo ocorre uma grande quantidade de precipitação (UFSC, 2011), em Chapecó, o verão junto com a primavera apresam o maior número de ocorrências de inundação e alagamento. O inverno e a primavera apresentam quase as mesmas médias diárias, 15,82 mm por dia para o inverno e 15,79 mm por dia para a primavera, no entanto como já comentado, ocorrem bem mais dias de chuva na primavera, o que pode contribuir para que ocorrem mais eventos de inundação e alagamento nessa estação devido a manutenção da umidade na bacia. Já o outono, estação que apresenta menos dias de chuva, apresenta a maior média diária, 16,12 mm por dia, essa estação em Santa Catarina, tem como característica apresentar chuvas mais intensas e localizadas, e apresentou o menor número de eventos de inundação e alagamento.

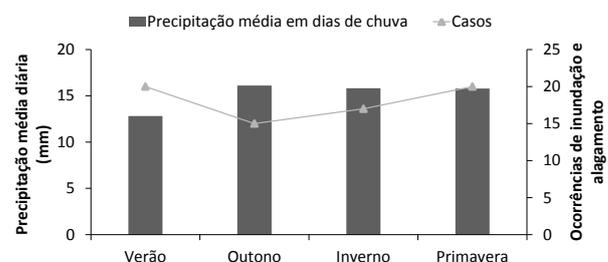


Figura 12- Precipitação média diária e ocorrências de inundação e alagamento no município de Chapecó para cada estação do ano, no período de 1980 a 2015.

Características dos eventos de inundação e alagamento em Chapecó e Índice de Precipitação Antecedente (API)

Inicialmente buscou-se tentar correlacionar os valores observados para os APIs em diferentes formas de agrupamento, para todas as variáveis meteorológicas e

também para o número de bairros atingidos, no entanto, as correlações apresentaram valores pouco significativos, não contribuindo para a previsão de ocorrência de eventos de inundação e alagamento em Chapecó. Algumas explicações para os valores baixos apresentados, podem ser incertezas sobre a data correta dos eventos de inundação e alagamento, a utilização de apenas uma estação pluviométrica e meteorológica para essas observações, pois alguns registros de eventos não correspondiam à precipitação ocorrida nesses dias. Dessa maneira, buscou-se analisar o comportamento dos *APIs* observados.

Na Figura 13, estão representadas as variações dos *API*, combinando todos os eventos ocorridos entre os anos de 1980 à 2015, observa-se que entre o *API* de 21 dias antecedentes até o *API* de 1 dia de antecedência, ocorre um decréscimo de aproximadamente 40 mm, esse decaimento expressa que para os eventos ocorridos, as precipitações que aconteceram a 21 dias antecedentes, já estavam contribuindo para a umidade do solo no dia do evento.

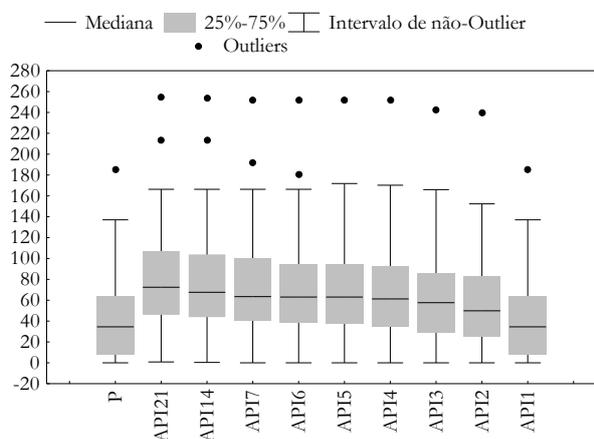


Figura 13- Variação dos dados de chuva total e os *APIs* para todos os eventos de inundação.

Considerando as características climáticas identificadas para o município de Chapecó, percebeu-se que a distribuição das chuvas ao longo de cada estação do ano tem um comportamento, que pode contribuir para haver semelhanças nas condições de umidade do solo anteriormente a cada evento. Na distribuição das chuvas de acordo com cada estação do ano, para os valores

precipitados em cada evento de inundação e alagamento (Figura 14), percebe-se que os eventos provocados pelas maiores precipitações encontram-se no outono, no entanto, além de maiores precipitações, essa estação apresentou as maiores variações na quantidade precipitada para cada evento, junto com o inverno. Os eventos ocorridos na primavera, foram provocados pelos segundos maiores valores precipitados. O verão e o inverno apresentaram precipitações totais para cada evento, quase iguais, os eventos ocorridos nesse período foram provocados pelos menores valores de total precipitado.

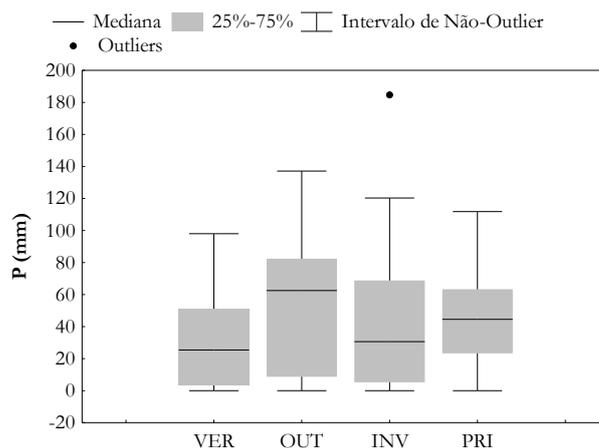


Figura 14- Variação dos dados de chuva total dos eventos de inundação separados por estação do ano.

Quando observadas as variações de todos os *APIs* para cada estação, o verão e a primavera apresentam variações menores, ou seja, a umidade antecedente do solo, para os eventos que ocorrem nessas duas estações tem comportamento mais uniforme, diferentemente do inverno e do outono que tiveram intervalos de variação maiores, dificultando previsões.

Em geral, as estações de outono e inverno tem *API* mais elevado, então nessas estações os eventos de inundação e alagamento estão mais relacionados à uma maior umidade do solo do que observado nas demais estações e também os eventos que ocorreram no inverno e no outono, apresentaram um maior número de bairros atingidos (Figura 16).

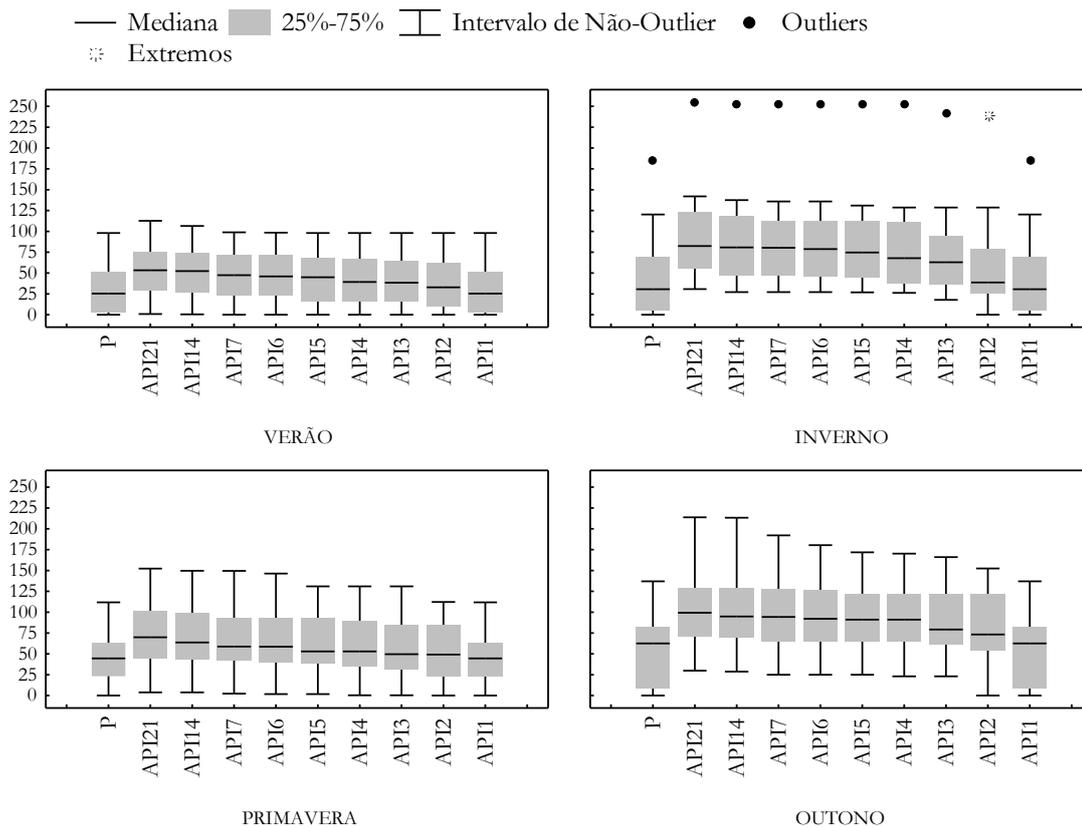


Figura 15- Comportamento dos *APIs* dos eventos de inundação e alagamento em cada estação do ano.

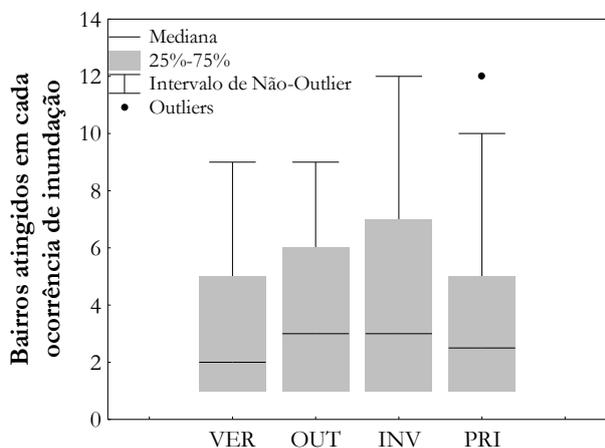


Figura 16- Distribuição da quantidade de bairros atingidos nos eventos de cada estação.

CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas nesse estudo, foi possível realizar a caracterização hidrometeorológica dos

eventos de inundação e alagamento ocorridos em Chapecó entre os anos de 1980 à 2015.

Observou que anos com registros de eventos de inundação e alagamento que estavam sob influência do El Niño, na maioria dos casos apresentou precipitação totais acima da média. Ao longo do ano também esse evento pode influenciar na intensidade precipitada, principalmente na primavera e verão. Que também foram as estações que apresentaram os maiores registros de casos de inundação e alagamento entre os anos de 1980 à 2015.

As estações do ano que apresentaram condições de umidade do solo mais uniformes para os dias que antecedem o evento de inundação e alagamento foram o verão e o inverno, variações menores para os valores de *API*, facilitam para que sejam realizadas previsões dos eventos.

Os eventos que ocorrem no inverno e outono são no geral os que atingem o maior número de bairros, por isso seria interessante que fossem realizadas previsões nesse período, prevenindo que moradores que estejam localizados nas regiões de maior perigo sofram com esses eventos.

A utilização do *API*, neste estudo, foi apenas para identificar períodos do ano, em que esse índice possa ter alguma influência sobre a ocorrência dos eventos de

inundação e alagamento. No entanto, para que sejam realizadas previsões dos eventos devem ser feitos estudos mais aprofundados. É importante que sejam realizados estudos com medição da vazão dos principais rios e canais que cortam a cidade de Chapecó, pois os valores de *API* associados a históricos de vazão, podem trazer valores mais confiáveis para a previsão de inundações. Além disso, seria muito importante aprimorar o procedimento de registro de informações como área alagada dos eventos de inundação e alagamento que ocorrem no município.

Muitas vezes, a defasagem dos sistemas de drenagem urbanos está na falta de estudos mais aprofundados sobre as causas dos eventos, por isso a importância que cada vez se tenha mais estudos para identificar esses eventos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais e toda a minha família pelo amor, carinho e compreensão.

A Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS, pela oportunidade de realizar o curso de Engenharia Ambiental. A minha orientadora Aline de Almeida Mota por todo o suporte, por suas correções e incentivos.

A todos os professores da UFFS pelos ensinamentos repassados nesses cinco anos de curso.

Ao Maycon Fritzen por toda a ajuda e conhecimentos repassados.

Aos meus amigos que fizeram parte da minha formação e que continuarão presentes na minha vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA (ANA), 2016. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguaia.aspx>>. Acesso: 16 de novembro de 2016.

BINDA A. L.; BUFFON E. A. M.; FRITZEN M. Análise espaço-temporal dos casos de inundações e alagamentos registrados na cidade de Chapecó- SC (1980-2010). **Radega: o espaço geográfico em análise**, Curitiba, p.35-50, 2012.

BOUGHTON, W.; O.DROOP. Continuous simulation for design flood estimation: a review. **Environmental Modelling & Software**, Austrália, p.309-318, 2003.

CRED. "Disaster Data: A balanced perspective". EM-DAT. 2015. Disponível em: <<http://www.emdat.be/publications>> Acesso em: 16 de novembro de 2016.

DEBASTIANI, M. L. Estudo da evolução temporal do coeficiente de deflúvio no município de Chapecó. Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2015.

IBGE, Cidades, Informação sobre os municípios brasileiros, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420420>>. Acesso: 16 de novembro de 2016.

KOBIYAMA, M. et al. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. 1. ed. Curitiba: Organic Trading. 2006.

KOHLER M. A.; LINSLEY L. K. Predicting the runoff from the storm rainfall. Weather Bureau, Washington, 1951.

MINUZZI, R.B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño oscilação sul. **Geosul**, Florianópolis, v. 25, n. 50, p.107-127, 2010.

MONTEIRO, M.A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: Uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p.69-78, jan./ jun. 2001.

TOMINAGA L.K.; SANTORO J.; AMARAL R.; Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. Instituto Geológico. São Paulo. 2009. p. 9-23.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas nacional de desastres naturais 1991 à 2012: Volume Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, UFSC, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas nacional de desastres naturais 1991 à 2012: Volume Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, UFSC, 2013.

ABSTRACT

As floods are more disastrous for the population. The municipality of Chapecó has recorded such events since the year 1960. The objective of this work is to perform a hydrometeorological characterization of flood and flood events in the urban area of the municipality of Chapecó. From the hydrometeorological data collection, a characterization was carried out through the identification of occurrences of flood events between the years 1980 to 2015 and the calculation of hydrometeorological variables. It was found that the seasons of the year that had the highest occurrences of flood events were spring and summer, another observation realized, so that the events that occurred in the winter reach more number of neighborhoods, and present higher values of *APIs*, Hence higher soil conditions may favor more severe flooding. In view of this, it was observed that there are year periods that can influence the greater amount of flood events in the municipality of Chapecó.

Keywords:

Floods, Characterization, Hydrometeorology, *API*.