



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DALILA BEATRIZ RIFFEL GONÇALVES

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE CHAPECÓ (SC)**

CHAPECÓ – SC
2018

DALILA BEATRIZ RIFFEL GONÇALVES

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE CHAPECÓ (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof.^a Aline de Almeida Mota

CHAPECÓ – SC

2018

DALILA BEATRIZ RIFFEL GONÇALVES

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE CHAPECÓ (SC)**

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

Orientadora: **Profa. Dra. Aline de Almeida Mota**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 07 / 12 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Aline de Almeida Mota – UFFS



Prof. Dr. Fernando Grison – UFFS



Profa. Dra. Deise Regina Lazzarotto – UFFS

POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ (SC)

POTENTIALITY OF RAINWATER HARVESTING FOR THE URBAN AREA OF CHAPECÓ (SC)

Dalila Beatriz Riffel Gonçalves¹
Aline de Almeida Mota²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de captação da água da chuva no perímetro urbano do município de Chapecó (SC). Com isso, analisou-se a série histórica de precipitações, promovendo um preenchimento de falhas, calculou-se as médias mensais de cada ano, a média mensal da série, como também as médias dos respectivos anos. A análise da área de telhados foi feita no software ArcGIS, classificou-se a imagem para obter a área correspondente, para isso utilizou-se amostras das áreas de telhados de várias partes da cidade. Calculou-se a vazão de captação da água da chuva mensal, para 165 m² referente a razão de telhado por economias, e 100 m² e 50 m² como comparativo. Bem como, para as respectivas áreas de telhados, calculou-se o volume que seria armazenado da precipitação, e o quanto seria drenado, sendo que em no mínimo 39% da demanda de água seria atendida, utilizando 77,5% da precipitação como útil, e conseqüentemente diminuindo a água escoada proveniente dos telhados. Desta forma, percebeu-se o grande potencial de captação da água da chuva, que além de diminuir o consumo da água potável, auxiliaria na redução de inundações no município.

Palavras chave: captação de água da chuva; método prático australiano; inundações.

Abstract: *The objective of this work is to evaluate the potential of rainwater harvesting in the urban area of the municipality of Chapecó (SC). Thus, the historical series of precipitations was analyzed, promoting a filling of faults, calculated the monthly averages of each year, the monthly average of the series, as well as the means of the respective years. The analysis of the roof area was done in the software ArcGIS, the image was classified to obtain the corresponding area, for that was used samples of the roof areas of various parts of the city. The monthly rainwater withdrawal rate was calculated for 165 m² referring to the roof ratio for number of edifications, and 100 m² and 50 m² as comparative. As well, for the respective roof areas, the volume would be stored of the precipitation was calculated, and how much would be drained, being that in at least 39% of the water demand would be met, using 77,5% of the precipitation, and consequently reducing the drained water from the roofs. In this way, it was noticed the great potential of rainwater harvesting, besides reducing the consumption of drinking water, which would aid in the reduction of floods in the municipality.*

Keywords: *rainwater harvesting; australian method; floods.*

¹ Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul; dalilariffel@hotmail.com

² Professora do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul; aline.mota@uffs.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Do volume total de água no planeta, apenas 2,5% correspondem à água doce, e o restante, 97,5% são correspondentes à água salgada. Esta parcela de água doce, está dividida entre: água subterrânea (30,1%), água congelada nas calotas polares e regiões montanhosas (68,7%), e água localizada em rios, lagos e reservatórios (1,2%). Isso faz com que em panoramas gerais, cerca de 0,03% do volume total de água no mundo seja de mais fácil acesso para consumo (SHIKLOMANOV, 1993).

Segundo Tucci (2005), o aumento da concentração de população nas áreas urbanas se deu em função do elevado desenvolvimento do Brasil entre os anos de 1960 a 1990. E em relação a esse fato, conseqüentemente houve um acréscimo da impermeabilização e também das ocorrências de inundações. No município de Chapecó, localizado no oeste do estado de Santa Catarina (SC), a mancha urbana passou de 40% para aproximadamente 90% da área total urbana do município entre os anos de 1986 e 2004, sendo que o coeficiente de escoamento superficial também passou de 0,4 chegando a quase 0,8 neste mesmo período (Debastiani, 2015).

No município de Chapecó, assim como em grande parte dos municípios brasileiros, as ocorrências de inundação e alagamentos vem aumentando a cada ano. Segundo Ludwig, Mota e Grison (2016), até o ano 2000, essas ocorrências estão ligadas a precipitações diárias acima da média em virtude da interferência do fenômeno El Niño. A partir de 2001, apesar de a maior parte dos anos apresentar precipitação média diária menor que a média, registraram-se pelo menos 2 eventos de inundação por ano no município. Este fato provavelmente está relacionado ao processo de urbanização e impermeabilização da cidade.

Relacionando o alto consumo de água, o aumento populacional, juntamente com a quantidade de água disponível para consumo no mundo, notamos que o aspecto de escassez de água é algo real (ZOLET, 2005). Segundo Andrade Neto (2013), nos próximos anos haverá um aumento no consumo de água da chuva, visto que os mananciais estão cada vez mais contaminados, fazendo com que seja mais difícil tratar água dos mesmos do que potabilizar a água da chuva.

O aproveitamento da água da chuva em edificações é uma boa solução para o aumento da disponibilidade de água. Uma ótima saída para diminuir o consumo de água potável, e além disso é uma medida não estrutural de combate às enchentes e inundações no sistema de drenagem urbana (MAY, 2004).

A falta de água em Chapecó já é eminente. A Companhia catarinense de águas e saneamento (CASAN) iniciou a construção de uma macroadutora para captação de água com o objetivo de atender a demanda necessária e solucionar o problema de falta de água nos períodos de estiagem principalmente no município de Chapecó (SC) perfazendo uma distância superior a 50 km (GONÇALVES, 2013).

Nesse sentido, o plano diretor do município, regulamentado segundo a Lei complementar nº 541 de novembro de 2014, cita o uso de técnicas para aproveitamento da água da chuva, bem como a expansão dos ganhos com as práticas de sistemas de coleta, desenvolvendo formas mais sustentáveis para o meio ambiente. Além disso, existe a regulamentação em relação ao uso de cisternas para o uso em fins não potáveis, disposto na Lei Complementar nº 324 de 10 de março de 2008: toda edificação com área maior que 150 m², tem como obrigação ter a coleta da água da chuva (CHAPECÓ, 2008).

Sendo assim, o estudo do potencial de captação da água da chuva se torna essencial, visto que pode ser útil para instalações de cisternas, como uma alternativa a escassez da água e ainda contribuir como medida para contenção de inundações e enchentes urbanas no município.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de captação da água da chuva e seus impactos positivos no perímetro urbano do município de Chapecó (SC).

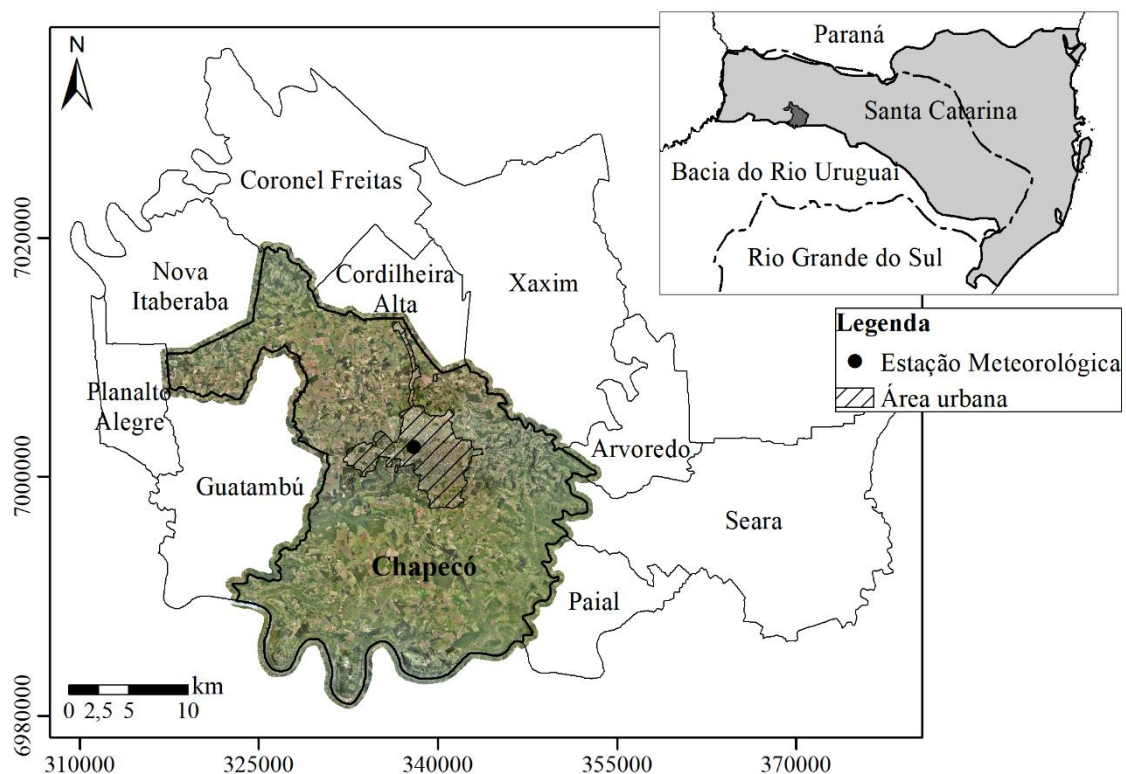
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A cidade de Chapecó está localizada na região oeste de Santa Catarina, com uma área territorial de 626,060 km² (Figura 1), e uma população estimada em 2017 de 213.297 habitantes, seu índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), índice que relaciona parâmetros como vida longa e saudável, educação e padrão de vida, corresponde a 0,790, sendo considerado como alto, maior que o IDHM médio do Brasil (ATLAS BRASIL, 2010; IBGE, 2017).

Na capital do Oeste, o clima predominante é subtropical, com temperatura média anual se encontra entre 18 °C e 19 °C, com uma precipitação média anual de 1700 mm a 1900 mm. Os principais cursos de água que atravessam a região são o Rio Chapecó, Rio Irani e o Rio Uruguai (SDR CHAPECÓ, 2003).

Figura 1 – Localização do município, área urbana e estação meteorológica



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A bacia hidrográfica do Rio Uruguai, possui 174.533 km² de extensão territorial, em panoramas de país, equivale a 2% do território nacional. Esta bacia, a qual Chapecó faz parte, tem grandes influências do setor agroindustrial, juntamente com o potencial hidrelétrico (ANA, 2018). São

três bacias urbanas presentes no município, Lajeado São José com 76,3 km², Rio dos Índios 55,7 km² e o Rio Taquaruçuzinho com 8,8 km² (Figura 7).

A área urbana do município, sofreu aumento significativo ao longo do tempo. Segundo a classificação de uso do solo elaborada por Debastiani (2015), entre os anos de 1986 e 2014, o percentual de área ocupada por mancha urbana passou de 2,8% para 7,6% da área do município.

2.2 Estimativa do potencial de captação de água da chuva

A estimativa do volume aproveitável de água da chuva foi feita segundo o método prático australiano descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007). A equação para o cálculo do volume é:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Equação (1)}$$

onde Q é o volume útil produzido pela chuva (m³), A é área de coleta (m²), P precipitação média mensal ou diária, a depender do intervalo de tempo considerado no cálculo (m), I é a interceptação (m), já C o coeficiente de escoamento superficial (recomendado o uso de 0,80).

A área total de telhado existente no perímetro urbano do município foi obtida por meio da classificação de uma imagem ortorretificada no software o ArcGIS. A ortoimagem utilizada é produto levantamento aerofotogramétrico contratado pela Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) do estado de Santa Catarina em 2010, tem resolução de 0,39 m e foi utilizada na composição RGB (cor natural). Para isto, foi feita a determinação das amostras de áreas de telhado, vias, vegetação, e solo exposto da área correspondente ao perímetro urbano do município de Chapecó (SC) (Figura 1). A delimitação da vegetação, vias e solo exposto foi somente com o objetivo de melhorar a classificação em relação as áreas de telhado.

A área total de telhado foi calculada por meio da multiplicação da quantidade de pixels classificada como telhado na imagem e a área de cada pixel (0,1521 m²).

O coeficiente de escoamento superficial do telhado pode variar de acordo com o tipo de telha utilizada (Tabela 1). Neste trabalho, adotou-se o valor de 0,80 para o coeficiente de escoamento superficial, por ser recomendado na NBR 15527/2007.

Tabela 1 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C).

MATERIAL	COEFICIENTE (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico	0,90 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2011.

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram medidos na estação pluviométrica, localizada no município de Chapecó (SC), com coordenadas geográficas de latitude sul 27° 05' 27", e 52° 38' 03" correspondente a longitude oeste, operada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) (Figura 1). A medição diária é feita em pluviômetro manual desde 1974 e a partir de maio de 2008 também em pluviômetro automático. A série histórica é de janeiro de 1974 a dezembro de 2017.

A primeira análise foi para consistência dos dados e preenchimento de falhas. Como a série de dados da estação automática é de um período menor, ela foi utilizada como dado de entrada para o preenchimento das falhas existentes na estação convencional, utilizando o método de regressão linear.

Considerou-se que 2 mm de precipitação no início do evento são perdas por interceptação e evaporação (I da equação 1), que é o valor recomendado pela NBR 15527/2007. Estas perdas são referentes à interceptação e evaporação que ocorrem com a água da chuva no telhado. As perdas foram consideradas sempre no início do evento pluviométrico, ou seja, primeiro dia de chuva e após 3 dias consecutivos sem chuva. Em seguida, calculou-se as médias mensais de cada ano, a média anual, e também a média mensal da série histórica.

Por fim, de posse dos dados em escala diária, foi realizado o cálculo do volume de chuva (Q) segundo a equação 1.

Segundo CASAN (2016), o número de pessoas presentes em cada domicílio é de aproximadamente 3 pessoas. Considerando o uso da água da chuva apenas nos vasos sanitários, sendo 60 L *per capita*/dia (SPERANCETTA, ALVES, KRUGER, 2004), a demanda em cada edificação (V_{dem}) foi estimada em 180 L/dia. Com os dados de número de economias em Chapecó de 1995 a 2008 (CASAN, 2016), gerou-se uma projeção pelo método regressão linear para estimar a quantidade em 2018. Utilizando o número de economias e a demanda diária por residência, calculou-se por economia o volume de reservação, e o volume do reservatório no final do mês.

O número de economias não é exatamente igual à quantidade de edificações existentes no município, pois uma porcentagem dessas economias é referente a prédios, que possuem normalmente apenas uma ligação e várias economias. Ainda assim, como a porcentagem de prédios é pequena, em torno de 15%, optou-se por utilizar esses dados para ser possível fazer a estimativa de área de telhado média de cada residência, já que não se dispunha da quantidade de ligações.

Para uma melhor análise dos dados, foram utilizadas as áreas de telhados de 165 m² referente à área média de telhados obtida do total da área de telhado na parte urbana em relação a quantidade de economias, 100 m² e 50 m², considerando que este último é seguindo padrão do MCMV (Minha Casa Minha Vida).

Na sequência foi relacionada a quantidade de água a ser armazenada em cisternas com volume de 1 m³, para as áreas de telhados de 165 m², 100 m² e 50 m², com a demanda de 180 L.hab⁻¹.dia⁻¹, com a precipitação diária. Desta forma, destaca-se o volume de precipitação que será armazenado, o quanto será drenado, e o volume atendido conforme a demanda (Equação 2 e Equação 3).

Em seguida, analisou-se as porcentagens de redução de água da chuva que é direcionada para o sistema de drenagem pluvial e teria potencial para reduzir o escoamento superficial, e provavelmente as inundações em cada uma das bacias hidrográficas do município de Chapecó (SC).

Como utilizou-se o intervalo de tempo diário e o volume máximo da cisterna como 1 m³, em cada dia foram calculados o volume disponível na cisterna (V_{disp}) e o volume drenado (V_{dren}),

que é correspondente ao volume direcionado para a rede de drenagem urbana pluvial, seguindo a Equação 2 e suas condições.

$$V_{disp,t} = V_{cis,t-1} + Q - V_{dem} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde $V_{cis,t-1}$ e $V_{cis,t}$ são os volumes armazenados na cisterna no dia anterior e no dia considerado no cálculo, respectivamente (m^3); Q é o volume útil produzido pela chuva (equação 1) (m^3); V_{dem} é o volume de demanda da residência (neste trabalho considerado como o consumo diário para três pessoas na bacia sanitária (0,18 m^3)) (m^3); $V_{disp,t}$ é o volume disponível no dia considerado (m^3); $V_{dren,t}$ é o volume que excede a capacidade máxima da cisterna e por isso é direcionado para a rede de drenagem pluvial (m^3).

Então o volume disponível foi comparado com o volume máximo da cisterna (1 m^3) conforme descrito a seguir, para obtenção do volume drenado:

Se $V_{disp,t} > 1 \text{ m}^3$; então $V_{cis,t} = 1 \text{ m}^3$; e $V_{dren,t} = V_{cis,t} - 1$;

Se $V_{disp,t} \leq 1 \text{ m}^3$; então $V_{cis,t} = V_{disp,t}$; e $V_{dren,t} = 0$.

Desta forma, quando o volume disponível é maior que o volume da cisterna, esse valor excedente será drenado, se não, todo o volume disponível pela precipitação será encaminhado para a cisterna, não possuindo volume a ser drenado. Este cálculo foi feito diariamente, e em seguida analisado como totais anuais.

O volume atendido (V_{aten}) pela captação corresponde ao volume de água da chuva captado e consumido, e foi calculado utilizando as Equações 3 e 4.

$$\text{Se } V_{cis,t} \geq V_{dem}; V_{aten,t} = V_{dem} \quad \text{Equação (3)}$$

$$\text{Se } V_{cis,t} < V_{dem}; V_{aten,t} = V_{cis,t} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde V_{aten} é volume atendido (m^3).

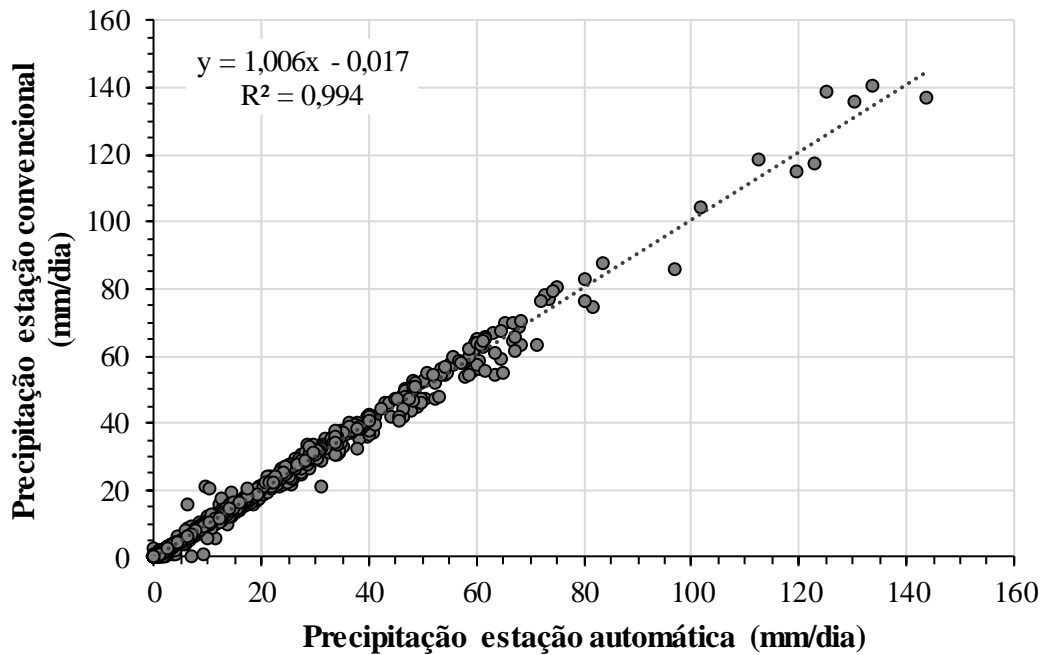
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de consistência e preenchimento de falhas

O grau de correlação entre os dados das estações convencional e automática pode ser considerado como muito alto, e a partir da equação obtida por meio do método de regressão linear foi realizado o preenchimento das falhas (Figura 2).

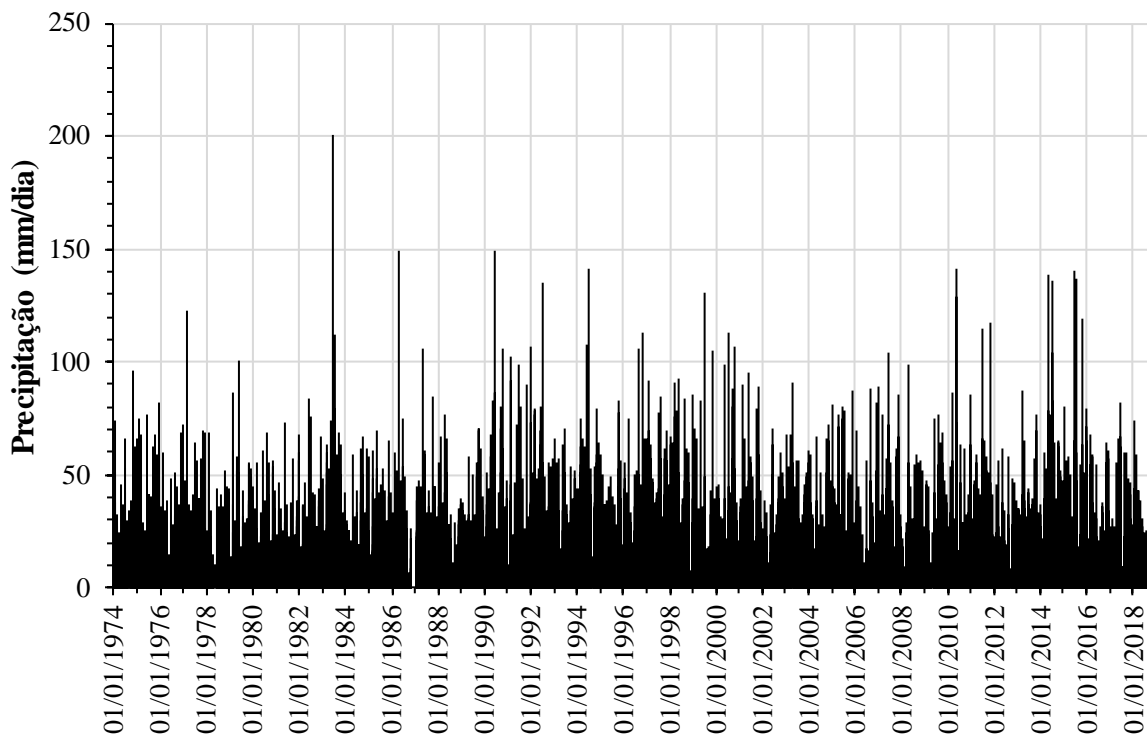
A série de dados da estação convencional apresentava 5,52% de falha nos dados, e após o preenchimento, passou a 0,59% de falhas, pois só foi possível completar as falhas no período em que as 2 estações estavam em funcionamento. O período mais longo de falha que não foi possível completar ocorreu nos 2 últimos meses do ano de 1986. As demais falhas são apenas de 1 dia isolado (Figura 3).

Figura 2 – Preenchimento de falhas da estação convencional.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 3 – Série histórica de precipitação após o preenchimento de falhas.



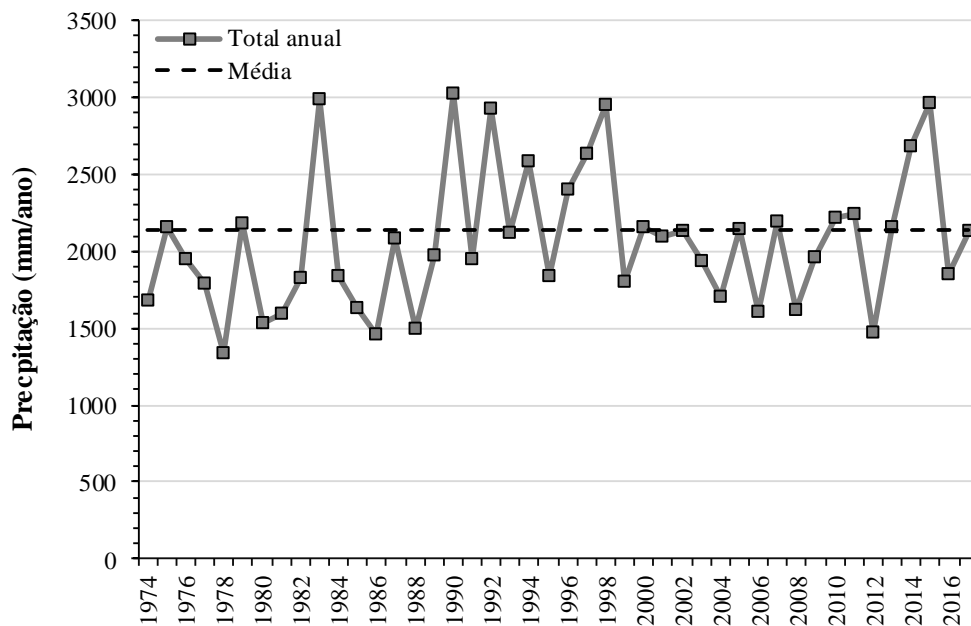
Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.2 Caracterização pluviométrica

Com a análise da série histórica da precipitação no município de Chapecó, percebe-se que a variação ao longo dos anos, desde 1974 até 2018, ficou entre de 1500 mm e 3000 mm, sendo que a média da série é de 2144 mm por ano (Figura 4). A partir do ano 2000, 6 anos tiveram

precipitação anual acima da média. Com a análise dos dados de precipitação, notou-se uma variação elevada, no ano de 1983, e situações mais críticas de precipitação no ano de 1978.

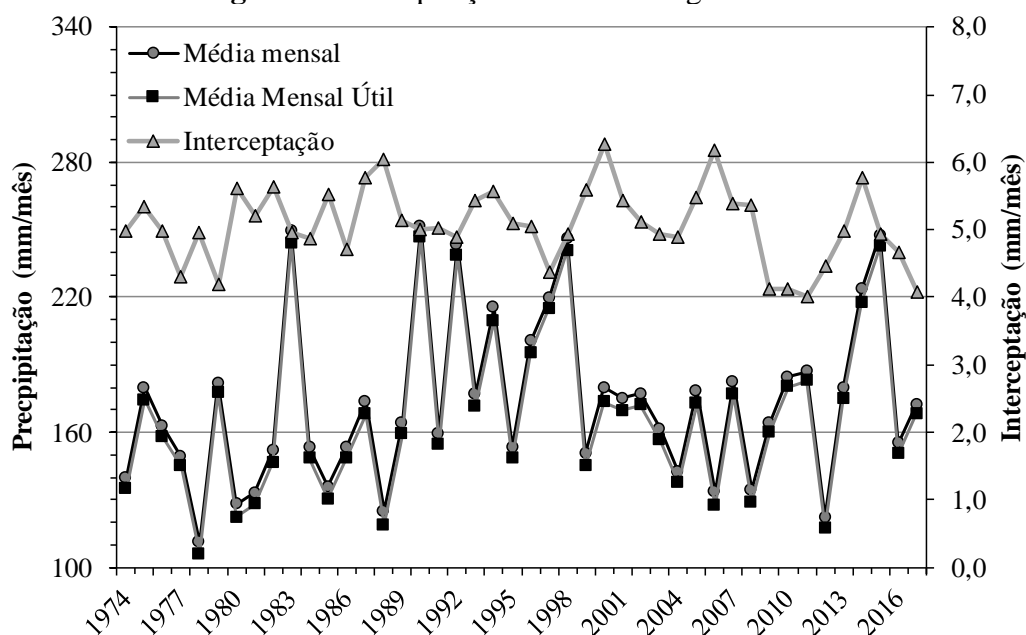
Figura 4. Precipitação média ao longo dos anos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

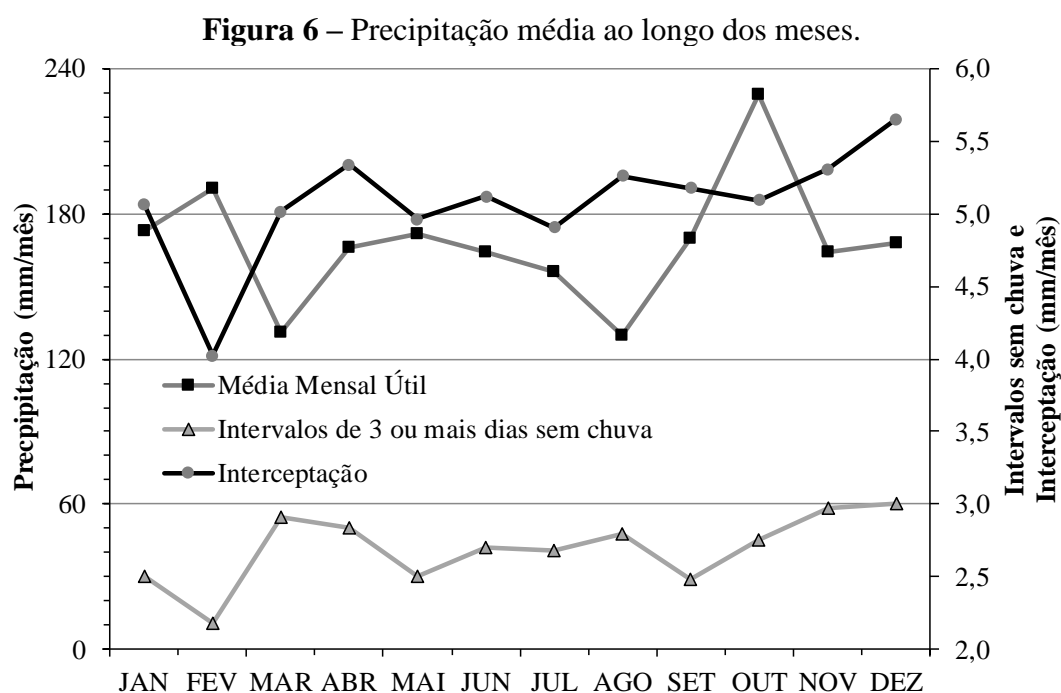
A partir do desconto da interceptação (I da equação 1), estimou-se que aproximadamente 95% da precipitação mensal média é precipitação útil. Em alguns anos, percebe-se que a precipitação média mensal útil é mais próxima da precipitação média, isso se dá pela sequência maior de dias com chuva, ou seja, há um potencial de aproveitamento maior da precipitação. Já em outros anos, percebe-se o inverso, dias com precipitação mais espaçados, o que acarreta no descarte de 2 mm proveniente do período de dias sem chuva, como nos anos de 1980 e 2005, desta forma a precipitação útil é menor (Figura 5).

Figura 5 – Precipitação Média ao longo dos anos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 6, é possível analisar a variação de precipitação média mensal e média mensal útil da série histórica, sendo outubro o mês mais chuvoso, e agosto referente aos menores índices de precipitação. Nos meses de janeiro, fevereiro, maio e setembro a quantidade de intervalos de 3 ou mais dias sem chuva é menor; já nos meses de março, abril, novembro e dezembro ocorrem em média mais intervalos sem precipitação, reduzindo o potencial de captação devido a estas perdas. Nos demais meses a quantidade de intervalos mensal é aproximadamente igual a média que é de 2,7 intervalos por mês. A precipitação média mensal útil do município é de 168 mm.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3 Estimativa da área de telhado

No processo de classificação da ortoimagem no ArcGIS, utilizaram-se cerca de 40 amostras de cada classe, compreendida pelas vias, vegetação, e solos exposto, e de 80 amostras de áreas de telhados, visto que há maior variabilidade de cores nos telhados da cidade.

O valor atingido de área de telhado foi de 9,21 km², sendo que o total de área do perímetro urbano é de 48,60 km² (Tabela 2 e Figura 7).

Tabela 2 – Área de cada classe e sua porcentagem correspondente.

Classe	Área (km ²)	% de área
Telhado	9,21	18,96
Vias	9,71	19,99
Vegetação	22,37	46,04
Solos Expostos	7,29	15,02
Total	48,60	

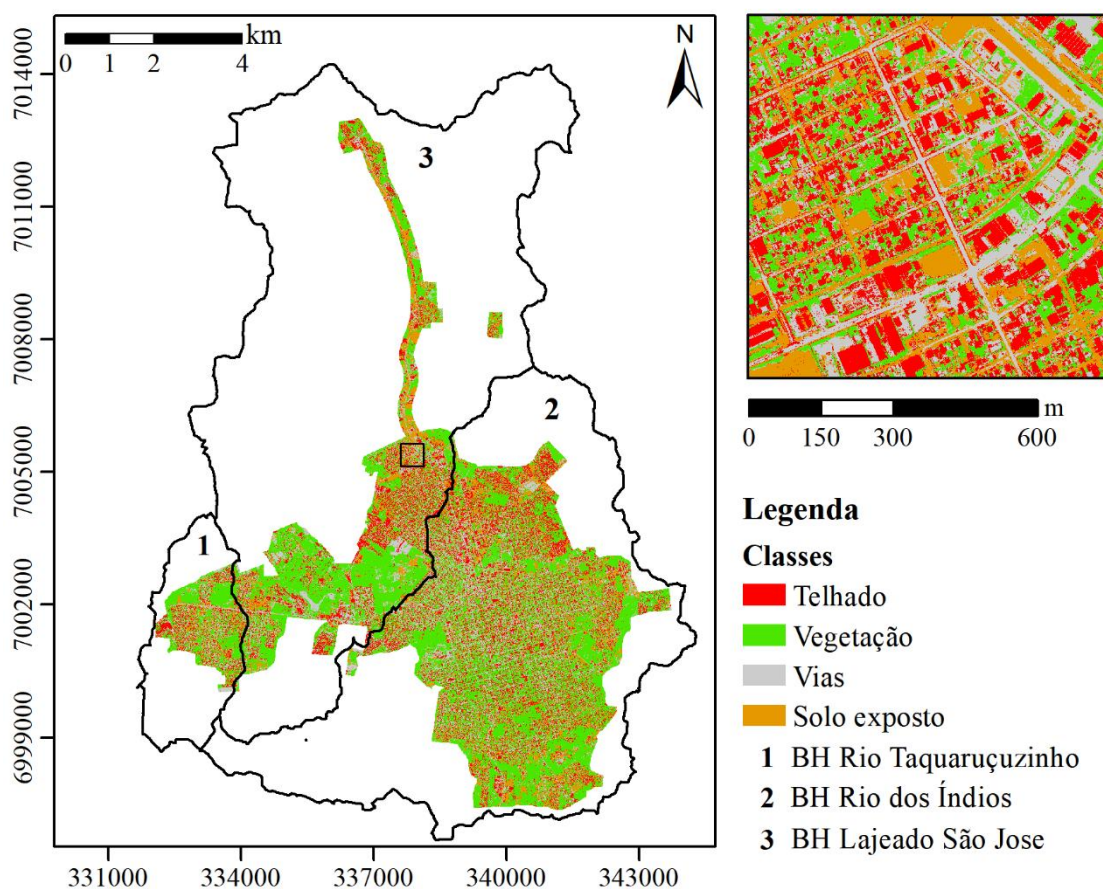
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Debastiani (2015) mostra que em 2014, 85% do perímetro urbano foi considerado como mancha urbana, e 15% como vegetação. Estes valores diferem expressivamente das porcentagens

obtidas neste trabalho, provavelmente por conta da diferença de resolução das imagens, a do autor citado é de 30 m, já a que foi utilizada neste trabalho é de 0,39 m. Também em 2014, a área do perímetro urbano era de 40,8 km², já atualmente são 48,60 km².

Segundo Facco, Fugita e Berto (2014), somente no mês de setembro de 2010, haviam 41 processos de loteamentos para aprovação na prefeitura. Os autores atribuem esse aumento de loteamentos à instalação da Universidade Federal da Fronteira Sul, bem como a acessibilidade para adquirir financiamentos e o aumento do poder econômico da população, juntamente com a construção de acessos e contornos viários, ampliação de rodovias com acesso a cidade, que promovem uma maior movimentação de pessoas nestes lugares, agregando valorização aos imóveis, e consequentemente a venda.

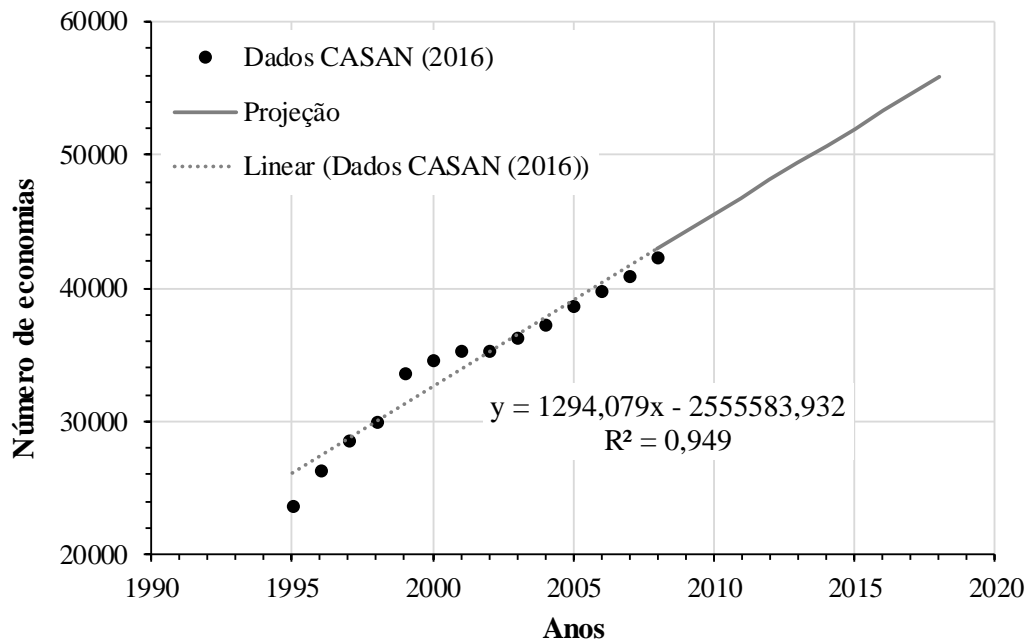
Figura 7 – Classificação das áreas de telhado no perímetro urbano do município de Chapecó (SC).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com os dados desde 1995 até 2008 do número de economias de água em Chapecó (CASAN, 2016), estimou-se através da regressão linear a quantidade de economias no município em 2018 (Figura 8). Em seguida, dividiu-se a área total de telhado do município (9213929 m²) pelo número de economias estimado (55868 economias), encontrando um valor referente à média de área de telhado de cada edificação como sendo 165 m².

Figura 8 – Regressão Linear para obtenção da projeção do número de economias.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.4 Volume de precipitação captado

Percebeu-se pela Figura 9 que o volume útil de precipitação é influenciado por dois fatores, pela sequência de dias com chuva e pelo coeficiente de escoamento da telha. Assim, quanto mais intervalos com 3 dias ou mais sem chuva, menor a porcentagem de precipitação útil.

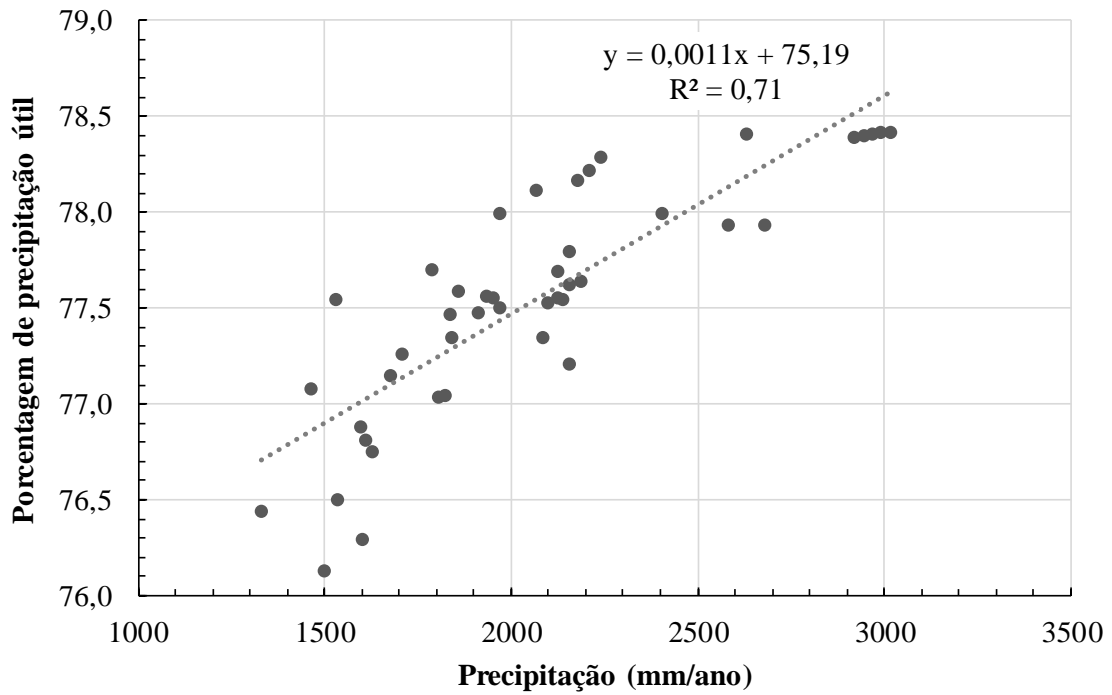
Mas de um modo geral, não ocorre muita variação na porcentagem da precipitação útil, isso se dá pela elevada quantidade de chuva na nossa região, representando essa variação, entre 76% a 78,5 % do total da precipitação é útil. Percebeu-se que em média a precipitação útil é 77,5% da precipitação total.

Na Figura 10, analisou-se as variações dos volumes em relação às áreas de telhado, 165 m², 100 m² e 50 m². Para isso, percebe-se que para um reservatório de 1 m³, não é possível atender a demanda 100% do tempo em nenhum dos casos considerados de áreas de captação, mas varia em de 85% do volume que atende à demanda, no caso de 165 m², a 40% em edificações com área de telhado de 50 m².

Para esse dimensionamento, o melhor uso seria para telhados de 100 m², visto que possui um aproveitamento melhor, com uma variação entre 27,5 m³ e 48,0 m³, que é praticamente igual a captação de telhados de 165 m², desta forma, seria mais adequado um volume maior de cisterna, para promover uma melhor captação. Na maior parte do tempo, esta área atende a mais de 60% da demanda prevista no projeto, que seria de 65,7 m³/ano.

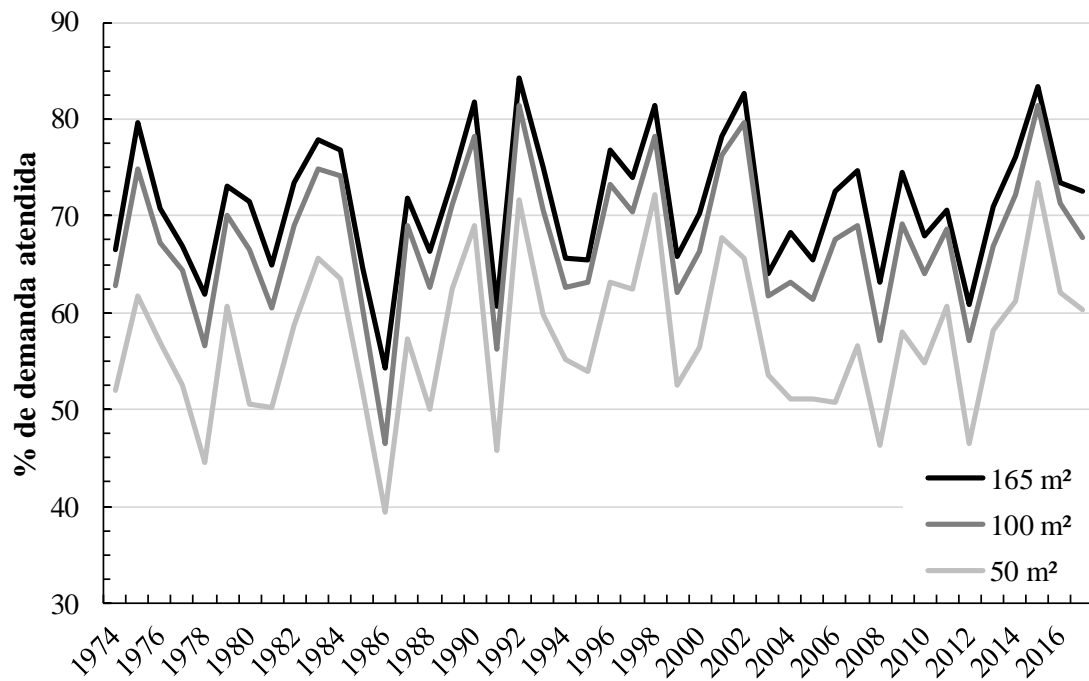
Já para 50 m² de área de telhado, o volume suprido anualmente chega a até 47 m³, gerando um aproveitamento de aproximadamente 50% variando até mais de 70% do atendimento da demanda gerada. Em média, para a série de dados considerada, a porcentagem de demanda atendida por ano considerando as áreas de captação de 50, 100 e 165 m² de telhado são, 55,44%, 65,43% e 69,50%, respectivamente.

Figura 9 – Relação entre precipitação total e porcentagem útil.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 10 – Porcentagem da demanda atendida por captação de precipitação.



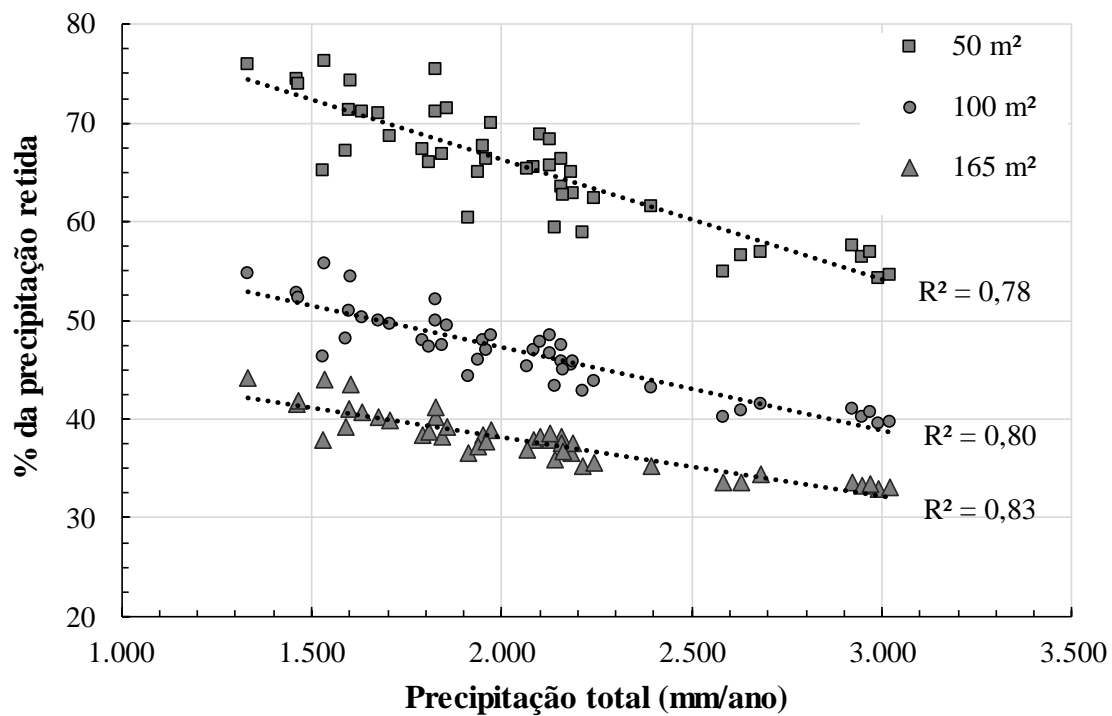
Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.5 Estimativa de redução de enchentes

Com o armazenamento da água da chuva, parte da precipitação ficaria retida, não contribuindo com o escoamento superficial já que não seria direcionada para o sistema de drenagem urbana pluvial.

A maior taxa de precipitação não armazenada chegou a 45,7%, ou seja, 54,3% da precipitação ficou retida na cisterna, considerando a área de captação de 50 m². Porém, como o volume gerado pela captação da água da chuva é proporcional a área de telhado, quanto maior a área, menor seria a retenção proporcional de precipitação considerando constantes a capacidade máxima da cisterna e a demanda, que é o caso deste estudo. Ainda assim, no pior caso, que seria com a área de 165 m² de telhado, a retenção varia de 33 a 44% da precipitação total anual, o que já representaria um impacto bastante positivo para a redução de enchentes (Figura 11).

Figura 11 – Porcentagem de precipitação anual retida com o sistema de captação de água da chuva considerando 3 áreas telhado de captação (50, 100 e 165 m²).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A maior parte do perímetro urbano está dentro da bacia do Rio dos Índios, aproximadamente 54% de sua extensão é perímetro urbano (Figura 7 e Tabelas 3 e 4). A bacia do Lajeado São José é a com a menor porcentagem de área de telhado, seguida pela da bacia do rio Tuquaruçuzinho com 7,1%, e a maior é a do Rio dos Índios, com 10,6%.

A maior parte de área de telhado se concentra na do Rio dos Índios, aproximadamente 64% do total, seguida pela bacia do Lajeado São José e por último a do Tuquaruçuzinho (Tabela 3).

Tabela 3 – Área total, perímetro urbano e telhado das bacias urbanas.

Bacia	Área total (km ²)	Área total de PU (km ²)	Área da classe na bacia (km ²)			
			Telhado	Vias	Solo Exposto	Vegetação
Taquaruçuzinho	8,86	3,37	0,63	0,68	0,49	1,57
Rio dos Índios	55,70	29,99	5,90	6,20	4,39	13,50
Lajeado São José	76,32	15,24	2,69	2,83	2,42	7,30
Total		48,60	9,21	9,71	7,30	22,37

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 4 – Relação de área da bacia em relação à área de perímetro urbano e área de telhado existente no município.

Bacia	% da área da bacia correspondente a PU	% da área da bacia correspondente a telhado	% de telhado na bacia
Taquaruçuzinho	38,00	7,08	6,81
Rio dos Índios	53,83	10,59	64,03
Lajeado São José	19,97	3,52	29,16

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Então, a instalação de cisternas primeiramente deveria atingir a bacia do Rio dos Índios, pois é a maior bacia dentro da extensão do perímetro urbano do município, desta forma, teria impacto positivo mais significativo no controle de inundações do local.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com os resultados obtidos percebe-se o quão importante é a captação da água da chuva, um recurso hídrico que atualmente não é aproveitado, mas muito disponível. No município de Chapecó, o potencial de aproveitamento da água da chuva é elevado, pois conta com elevados volumes de precipitação.

Essa água pode servir para utilização em locais não potáveis, ou até mesmo na bacia sanitária com a adição de cloro. Paralelamente ao aproveitamento da água da chuva para diminuir o gasto com água potável, vemos a diminuição de inundações, pois em chuvas torrenciais, intensas e em curto período de tempo, auxiliam garantindo que essa água não escoe diretamente para as vias, diminuindo os picos de alagamento.

Como está sendo necessário buscar outro manancial de água para atender o município de Chapecó (SC), seria uma vantagem promover um programa de instalação de cisternas nas casas para diminuir o consumo de água potável, já que no município tem potencial de captação da água da chuva, com a simulação feita para uma área de 50 m² de telhado, obteve-se o resultado em que nos meses mais críticos de precipitação, o volume de água da chuva aproveitável corresponde a mais de 50% da taxa de água da CASAN, são mais de 5 m³ no mês, e consequentemente no mês de outubro, com maior precipitação, chegando a mais de 10 m³, valores estes muito significativos.

Analisou-se também, que com a captação da água da chuva em cisterna, há uma redução muito significativa do escoamento superficial em relação as chuvas locais, e proveniente das áreas dos telhados de Chapecó, em até 76%. E para uma área de telhado de 50 m², atenderia a demanda na maior parte do tempo em 50% do volume. Já para uma área de telhado de 165 m²,

o índice seria de até 60% da demanda de água na bacia sanitária, atendida pela captação da água da chuva.

Além disso, o seu uso garante o benefício de diminuição do uso de água potável em locais onde não há necessidade para o uso deste recurso, e pode ser substituído com a água não potável. Além do impacto positivo com a diminuição do volume de água escoada diretamente para as sarjetas e galerias de águas pluviais, reduzindo a possibilidades de alagamentos relacionadas as chuvas locais e não a montante da cidade, e isto nos apresenta um custo – benefício bom, pois é benéfico em vários aspectos.

Para a implantação do sistema, destaca-se a necessidade de estudos na área para viabilizar a execução de cisternas, com menores custos, visto que a parte mais desfavorável para a implantação ainda é o investimento inicial, mas é projeto viável a longo prazo, pois tem um retorno financeiro e ambiental.

Ressalta-se a importância de utilizar uma imagem com resolução adequada para garantir eficiência na identificação de telhados da cidade, já que dependendo da resolução não se consegue analisar os diferentes tipos de telhado.

Recomenda-se para futuros trabalhos, o teste de outros coeficientes de escoamento da telha, bem como outros volumes de capacidade máxima da cisterna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida; à meu esposo, família e amigos, por todo o suporte nesse tempo; e a professora orientadora, por todo o ensino, auxílio, e incentivo no decorrer deste trabalho. A todos, muito obrigada.

“Não fui eu que ordenei a você, seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.” Josué 1:9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA (ANA). Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguai.aspx>>. Acesso em 19 nov. 2018.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **GESTA: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**. n. 1. v. 1, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15527**: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ATLAS BRASIL. Perfil do desenvolvimento humano em Chapecó/SC. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/chapeco_sc>. Acesso: 01 jul. 2018.

CASAN, **Projeto Hidráulico Sanitário Memorial Descritivo DIGE/GPR**. Florianópolis, out. 2016.

CHAPECÓ. Lei complementar nº 324 de 10 de março de 2008. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de reservatórios e valas de infiltração para aproveitamento da água da chuva em edificações e dá outras providências. **Gabinete do Prefeito Municipal de Chapecó**, Estado de Santa Catarina, em março de 2008.

CHAPECÓ. Lei complementar nº 541 de 26 novembro de 2014. Aprova o plano diretor de Chapecó - *PDC. Gabinete do Prefeito Municipal de Chapecó*, Estado de Santa Catarina, 26 de novembro de 2014.

DEBASTIANI, M. L. **Estudo da evolução temporal do coeficiente de deflúvio no município de Chapecó**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2015. 21 p.

FACCO, J. FUJITA, C. BERTO, J. L. Agroindustrialização e urbanização de Chapecó – SC (1950 – 2010): uma visão sobre os impactos e conflitos urbanos e ambientais. **Revista de Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 19. 2014. 29 p.

GONÇALVES, C. M. Governador e CASAN lançam edital para macroadutora do Rio Chapecozinho. CASAN, 03 de julho de 2014. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index?url/governador-e-casan-lancam-edital-para-macroadutora-do-rio-chapecozinho#0>. Acesso em 22 abril 2018.

IBGE. Cidades, Informação sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/chapeco/panorama>>. Acesso em 01 jul. 2018.

LUDWIG, C.; MOTA, A. A.; GRISON, F. Caracterização hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento ocorridos no município de Chapecó, SC. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Florianópolis, 2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento da água da chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 189 p.

SDR, Chapecó. Caracterização Regional. Maio 2003.

SHIKLOMANOV, I.A. World fresh water resources. In: GLEICK, P.H. (Ed.) **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 13-24.

SPERANCETTA, D.; ALVES J. V.; KRUGER, C. Captação de águas pluviais para abastecimento residencial. **Da Vinci**. Curitiba, v.1, n.1, p. 29-42, 2004.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4 ed. São Paulo, Navegar, 2011. 530 p.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades. 2005. 270 p.

ZOLET, Marcelo. **Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba, Jun de 2005. 42 p.