

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

ISABELA APARECIDA RIGO MEDEIROS

**INFLUÊNCIA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DA TEMPERATURA
ATMOSFÉRICA NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM
TELHADO CERÂMICO**

CHAPECÓ

2021

ISABELA APARECIDA RIGO MEDEIROS

**INFLUÊNCIA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DA TEMPERATURA
ATMOSFÉRICA NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM
TELHADO CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Aline de Almeida Mota

CHAPECÓ

2021

ISABELA APARECIDA RIGO MEDEIROS

**INFLUÊNCIA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DA TEMPERATURA
ATMOSFÉRICA NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL
EM TELHADO CERÂMICO**

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.

Orientador: **Prof^a. Dr^a. Aline de Almeida Mota**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado
pela banca em: 09/04/2021

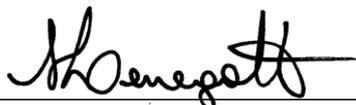
BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Aline de Almeida Mota - UFFS



Prof. Dr. Fernando Grison - UFFS



Prof. Dr. Mauro Leandro Menegotto - UFFS

INFLUÊNCIA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM TELHADO CERÂMICO

INFLUENCE OF THE PLUVIOMETRIC REGIME AND THE ATMOSPHERIC TEMPERATURE IN THE RUNOFF COEFFICIENT ON A CERAMIC ROOF

Isabela Aparecida Rigo Medeiros ¹

Aline de Almeida Mota ²

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do regime pluviométrico e temperatura atmosférica no coeficiente de escoamento superficial (C) em telhado com telha cerâmica, não esmaltada, no município de Chapecó – SC. O experimento foi realizado através da montagem de um telhado em pequena escala com respectivo sistema de captação e armazenamento. O monitoramento dos dados foi realizado com dois tipos de pluviômetro e um sensor de temperatura atmosférica. Os coeficientes C medidos se mostraram com alta dispersão de valores, com uma mediana de 0,57 e média de 0,58, sendo 20% menor que os valores recomendados na literatura e geralmente adotados em projetos, podendo acarretar superdimensionamento dos sistemas de captação e armazenamento de água pluvial. Das nove variáveis independentes analisadas, três apresentaram correlação significativa positiva moderada com o coeficiente C , são elas: altura pluviométrica, duração do evento mais longo e amplitude térmica. Possivelmente essa relação se explica devido à porosidade da telha, absorção, evaporação e umidade atmosférica. Sugere-se a adoção de valores entre o intervalo de confiança de 0,51 a 0,66 para climas parecidos com o do município de instalação do experimento. Sendo a adoção de C uma parte muito importante de um projeto de captação e armazenamento, este trabalho pode contribuir promovendo a sustentabilidade ambiental e financeira do projeto.

Palavras-chave: Coeficiente de escoamento superficial; Captação de água pluvial; Telhado cerâmico; Regime pluviométrico; Temperatura atmosférica.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the influence of the pluviometric regime and atmospheric temperature on the runoff coefficient (C) on a non-glazed ceramic tile roof, in Chapecó city. The experiment was carried out by assembling a small-scale roof with its respective capture and storage systems. Data monitoring was performed with two types of pluviometer and an atmospheric temperature sensor. The measured coefficients showed a high dispersion of values, being its median and mean, 0.57 and 0.58, respectively. The mean C is 20% lower than the values recommended in the literature and generally adopted in projects, which may result in over-dimensioning of the rainwater capture and storage systems of rainwater harvesting. Three of the nine independent variables analyzed showed a moderate positive correlation with C coefficient, pluviometric height, duration of the longest event and thermal amplitude.

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

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

This relationship is possibly explained by porosity the tile, absorption, evaporation and atmospheric humidity. It is suggested the adoption of C values between a confidence interval of 0.51 to 0.66 for similar climates of the city where the experiment was installed. Since the adoption of the C value is a very important part of a capture and storage project of rainwater harvesting, this work can contribute to promote design environmental and financial sustainability.

Keywords: Runoff coefficient; Rainwater harvesting; Ceramic roof; Pluviometric regime; Atmospheric temperature.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos estão sendo alvo de grande preocupação por todo o mundo, principalmente pelos desequilíbrios no ciclo da água, e isso ocorre pelo crescimento populacional, desenvolvimento econômico e tecnológico, a formação das grandes áreas urbanas e as mudanças climáticas (PROSAB, 2009).

Segundo a ANA Agência Nacional das Águas (2020), o Brasil possui 12% de toda água doce presente no planeta, ainda assim não está imune aos problemas recorrentes a água, pois de acordo com o PROSAB (2009) muitas regiões brasileiras se encontram em estresse hídrico. Por ser um país extenso e com várias regiões, ele passa por extremos hidrológicos, como a estiagem e a enchente, além de problemas como deterioração da qualidade da água. A disponibilidade de água vem sendo considerada mundialmente um desafio da atualidade, podendo se agravar no futuro, havendo então a necessidade de medidas urgentes para o combate desses problemas (BRITO, 2018; PROSAB, 2009).

O município de Chapecó enfrenta dificuldades com esses extremos hidrológicos, enchente e estiagem e no ano de 2020 sofreu sérios problemas com a falta de água, segundo Freitas e Oliveira (2017) em uma análise de mais de 30 anos de série de dados houve 356 ocorrências de estiagem registradas no município nesse período. Mas também de acordo com Ludwig et al. (2017) o município registra eventos de inundação a mais de 30 anos, principalmente nas estações do ano da primavera e verão.

A utilização de água pluvial é uma boa forma de tentar resolver problemas de abastecimento, além de ajudar na economia de água e possuir um grande potencial de diminuição de alagamentos, pela redução no escoamento superficial que iria para a rede de drenagem urbana (MOBÍLIA, LONGOBARDI e SARTOR, 2014; WANG et al., 2010).

A captação da água da chuva é uma poderosa ferramenta para auxiliar a população com a disponibilidade da água para o uso não potável e ela é regulamentada pela NBR 15527 (ABNT, 2007).

Seu uso pode ser tanto interno quanto externo, através de limpeza, descarga sanitária, irrigação, lavagem de áreas, automóveis e piscinas, e de acordo com PROSAB (2009) há também indicações para seu uso na lavagem de roupas, apesar de ser menos usual. De toda a água consumida em um domicílio, 40% são utilizados para o uso não potável, sendo um dos maiores consumos as descargas do vaso sanitário (PROSAB, 2009).

O município de Chapecó possui grande potencial de captação de água pluvial, para uma área de telhado de 50 m² o volume de aproveitamento da água da chuva chega a mais de 50% da demanda não potável em uma residência com 4 pessoas, além disso ajuda a reduzir o escoamento superficial e conseqüentemente os riscos de inundações (GONÇALVES, 2018).

De acordo com Liaw e Tsai (2004), o sistema de captação de água da chuva é composto por três partes: (i) a parte do sistema de captação através do telhado; (ii) a do sistema de entrega, que é composto pelas calhas e filtros; e (iii) o sistema de armazenamento.

O coeficiente de escoamento superficial (C) é um valor adimensional, com valores entre 0 e 1, utilizado para cálculos de volume de escoamento superficial, tanto para bacias hidrográficas quanto para o dimensionamento de sistemas de captação e armazenamento da água da chuva. Esse valor é muito importante para o dimensionamento adequado de um sistema mais eficiente (SINGH et al., 2013). Liaw e Tsai (2004) incluem o coeficiente C como um dos principais parâmetros influenciáveis em sistemas de captação de água.

A interação de diversos fatores é responsável pela variação no valor de C , esses fatores podem ser divididos em (i) climáticos e (ii) arquitetônicos (CAVALCANTI, 2010; FRASIER, 1975; GIONGO; PADARATZ; LAMBERTS, 2011; HAGEMANN, 2009; MICKELSON, 1975; ROEHR; KONG, 2010; SILVEIRA et al., 2018; SINGH et al., 2013), são eles:

- (i) velocidade do vento, intensidade e duração da chuva, altura pluviométrica, umidade antecedente, entre outros;
- (ii) inclinação do telhado, material do telhado, depressões superficiais, vazamentos, infiltração, rugosidade, porosidade, entre outros.

Apesar dos valores de C serem geralmente obtidos de tabelas, não há muitas especificações relacionadas a esse valor. Falta informações sobre a influência das variáveis no valor e conseqüentemente na efetividade e potencialidade da captação da água da chuva. Além de existir uma grande variabilidade de valores de C para um mesmo material dependendo do autor. Deve-se considerar também que cada região possui suas próprias características hidrológicas, o que demanda uma análise mais específica.

Recentemente, Silveira et al. (2018) investigaram a influência da capacidade de absorção das telhas cerâmicas em condições de laboratório, e concluíram que a intensidade da chuva influencia no coeficiente C do telhado.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo analisar a influência do regime pluviométrico e das condições de temperatura atmosférica no coeficiente de escoamento superficial em um telhado cerâmico experimental na região oeste de Santa Catarina. Os resultados poderão subsidiar a adoção de um valor mais adequado para o dimensionamento dos sistemas de captação e armazenamento de água pluvial com telha cerâmica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

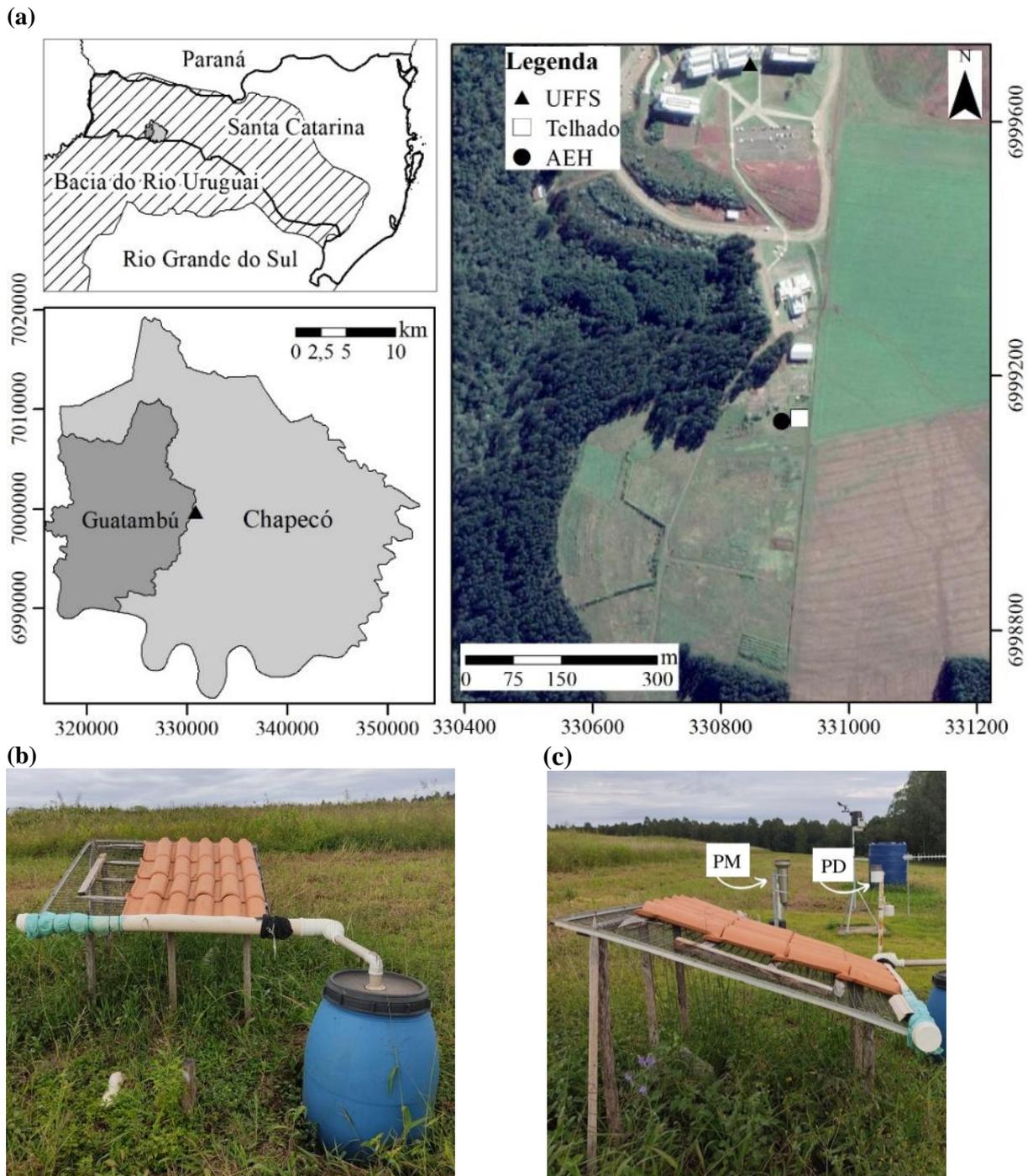
2.1 Localização e período do experimento

O estudo foi realizado na área experimental hidrológica (AEH) da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC (Figura 1). A AEH está localizada em uma área mais elevada e descampada dentro da Universidade. Isso se deve para que o seu redor esteja livre de obstáculos, prevenindo a ocorrência de qualquer influência direta ou indireta na coleta de dados. Com exceção do pluviômetro, que deve estar próximo, com o objetivo de monitorar dados pluviométricos mais condizentes com a realidade hidrológica do local e do processo de escoamento superficial em telhados.

De acordo com Climate-Data.org (2021), Chapecó está 661 metros acima do nível do mar, possui o clima definido segundo a classificação de Köppen-Geiger como Cfa (Subtropical úmido) que está dentro do grupo de clima Temperado, sua pluviosidade média anual é igual a 2107 mm e temperatura média de 19 °C. Ainda conforme Climate-Data.org (2021) o município tem um nível de pluviosidade significativo, até mesmo no mês mais seco do ano, mas os meses com mais dias chuvosos estão centralizados de outubro a março. Sendo assim o experimento foi realizado entre estes meses abrangendo as estações do ano primavera e verão.

Dentro do período de coleta foram necessárias pausas devido à algumas situações como, a pandemia no início do ano de 2020 (COVID-19), as férias letivas de final de ano e alterações ou adaptações no sistema. Na Quadro 1 pode-se visualizar os períodos de coleta de dados, de montagem do experimento e os tempos de pausa e as datas e horário das coletas. Os períodos marcados com * indicam os períodos em que houve as pausas, sendo necessário a reconexão do sistema de calha com a bombona. Com isso, a data de início não coincide com a data de fim do período anterior.

Figura 1 - Localização da área experimental hidrológica (AEH) da UFFS. (a) Chapecó e o ponto de construção do telhado experimental; (b) Telhado finalizado; e (c) Localização dos pluviômetros.



Fonte: Própria autora.

Ao total foram realizadas 20 coletas dentro do tempo de experimento, que se iniciaram no ano de 2019 e foram finalizadas no ano de 2021. A primeira montagem do experimento foi a construção geral, através da estrutura de base, estrutura do telhado, colocação das telhas, construção e instalação da calha e as modificações na bombona (Figura 2). Após a primeira

montagem, ocorreram quatro pausas. Quando houve as pausas a calha foi desconectada da bombona e a bombona foi armazenada abaixo do telhado, até a volta do experimento. Após isso a montagem é considerada apenas a conexão da bombona com o sistema de calha.

Quadro 1 – Informações sobre as datas de montagem e coleta dos dados do experimento.

Período	Montagem (início)	Data coleta (fim)	Horário coleta
1	16/10/2019	18/10/2019	10:50
2*	04/11/2019	06/11/2019	14:00
3	06/11/2019	08/11/2019	11:50
4	08/11/2019	11/11/2019	15:50
5	11/11/2019	14/11/2019	16:13
6	14/11/2019	30/11/2019	16:08
7	30/11/2019	04/12/2019	16:10
8*	23/01/2020	31/01/2020	13:00
9	31/01/2020	03/02/2020	13:31
10	03/02/2020	11/02/2020	08:06
11	11/02/2020	17/02/2020	12:36
12	17/02/2020	21/02/2020	15:00
13	21/02/2020	26/02/2020	11:12
14*	21/11/2020	28/11/2020	10:30
15*	11/02/2021	12/02/2021	14:07
16	12/02/2021	15/02/2021	15:01
17	15/02/2021	17/02/2021	12:02
18	17/02/2021	26/02/2021	13:55
19	26/02/2021	04/03/2021	13:44
20	04/03/2021	05/03/2021	11:10

Nota: * indica períodos nos quais seu início não coincide com o fim do período anterior de coleta.

Fonte: Própria autora.

2.2 Sistema de monitoramento pluviométrico

O experimento foi realizado utilizando a chuva natural que foi medida por meio de dois tipos de pluviômetros: um analógico e um digital. O pluviômetro analógico é do tipo *Ville de Paris*, possui uma proveta com a graduação de 0,1 mm e registro manual. O pluviômetro digital possui um sistema basculante com graduação de 0,2 mm e registro digital a cada 10 minutos. Tem uma taxa de medição máxima de 127 mm.h⁻¹ e possui um sistema de datalogger. Os dados medidos são transferidos por via USB junto ao software específico do fabricante (GRISON et al.; 2017). Além disso, acoplado ao sistema do pluviômetro digital está o sensor de temperatura atmosférica com registro a cada 10 minutos.

Os dados do pluviômetro *Ville de Paris* foram utilizados para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial do telhado (C), e os do pluviômetro digital para o cálculo das variáveis pluviométricas e meteorológicas.

2.3 Estrutura e montagem do sistema de captação e armazenamento

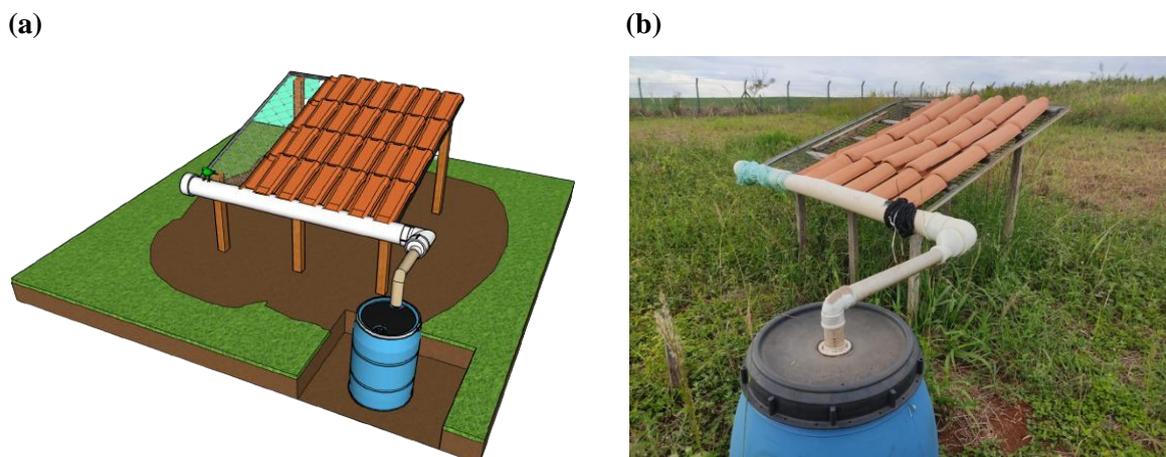
O telhado foi constituído de telhas de cerâmica do tipo portuguesa não esmaltada, que foram apoiadas em uma estrutura de suporte de metal, conforme esquematizado por Silveira et al. (2018), com a devida inclinação para o escoamento da água da chuva e respeitando a recomendação mínima de instalação do fabricante que é de 35°. O suporte, que foi adaptado, foi cedido pelo curso de Agronomia do *campus* Chapecó e as telhas foram adquiridas em uma loja física de material de construção do município.

Para o apoio das telhas no suporte, foram fixadas ripas com espaçamento adequado para o encaixe das telhas. Para o apoio da base do suporte ao solo que deu a inclinação do telhado foi utilizado pontaletes de madeira.

O sistema de captação foi composto por 20 telhas de cerâmica, a região lateral esquerda da calha que possui uma abertura foi coberta com saco plástico tipo preto preso com uma abraçadeira de nylon para bloquear a entrada de corpos estranhos e de água, onde não havia telha. Na região próxima ao cotovelo da calha foi colocada uma tela para evitar a entrada de animais e insetos (Figura 2).

O método para coleta da água foi através de um sistema de canalização que foi construído com tubos de material PVC e foi encaixado ao telhado de forma segura. A calha foi ligada a uma bombona de 200 litros de capacidade, posicionada em frente ao telhado, que armazenou a água escoada pela telha. Foi adaptado à bombona um sistema de retirada de água, com uma torneira em sua parte inferior (Figura 3).

Figura 2 – Comparação entre o desenho rascunho do telhado (a) com o resultado final do telhado montado (b).



Fonte: Própria autora.

Figura 3 – Montagem do sistema de captação e armazenamento da água da chuva. (a) Colocação dos pontaletes de madeira para sustentação da base do telhado; (b) Construção da conexão entre a calha e a bombona e (c) Colocação e ajuste das telhas de cerâmica.

(a)



(b)



(c)



Fonte: Própria autora.

2.4 Monitoramento volumétrico

O monitoramento volumétrico foi realizado através da medição do volume armazenado na bombona acoplada ao telhado e da altura pluviométrica do pluviômetro *Ville de Paris*. Para isso, foram utilizados alguns instrumentos de medida de volume detalhados a seguir.

O pluviômetro possui uma proveta de plástico de altura máxima igual a 10 mm apropriada para o seu uso. Para medir a chuva no pluviômetro a proveta foi posicionada abaixo do equipamento, na região da torneira, então se liberou a água para a proveta até atingir a marcação final de 10 mm ou menos. Essa água foi contabilizada e descartada, se repetindo o processo até que não houvesse mais água dentro pluviômetro. Foi realizado então a somatória da altura de chuva do local e seu valor anotado junto ao horário e a data da medição.

Para medir o volume de água da chuva escoado superficialmente pelo telhado e armazenado na bombona foi utilizado um balde graduado com capacidade máxima de 11 litros, um béquer de plástico e uma proveta de volume máximo de 10 mL. Em cada procedimento de medição, a bombona foi liberada da canalização do telhado e retirada da escavação onde estava instalada. O balde então foi posicionado na saída da torneira onde é liberada a água. Para uma melhor visualização do volume o balde foi levado a uma parte no terreno, ao lado, mais plana e cimentada onde foi realizada a medição da água, que foi descartada após a leitura do volume. Esse procedimento foi repetido até a água dentro da bombona chegar ao nível da torneira. Quando isso acontece é necessário fechar a mesma, e levantar a bombona, retirando a água por sua abertura superior até o balde. Como o balde é graduado no intervalo de um litro, ao final, foi utilizado uma proveta para medir os menores volumes ao final da medição de forma mais precisa. A soma das medições da bombona foi anotada junto aos dados do pluviômetro.

Ao final de cada medida realizada a bombona foi repostada no seu local, conectada à calha e sua torneira foi fechada, a proveta do pluviômetro foi guardada em seu respectivo local e a torneira do pluviômetro foi fechada. Os instrumentos de medição da bombona ficaram guardados no galpão da área experimental da universidade. Todos os componentes do sistema de captação e armazenamento eram verificados se estavam adequados para o próximo período de coleta.

2.5 Análise e interpretação dos dados

2.5.1 Estimativa do coeficiente de escoamento do telhado

O volume total de chuva sobre o telhado foi calculado por meio da Equação 1.

$$V_{precipitado} = h \cdot A \quad (1)$$

onde,

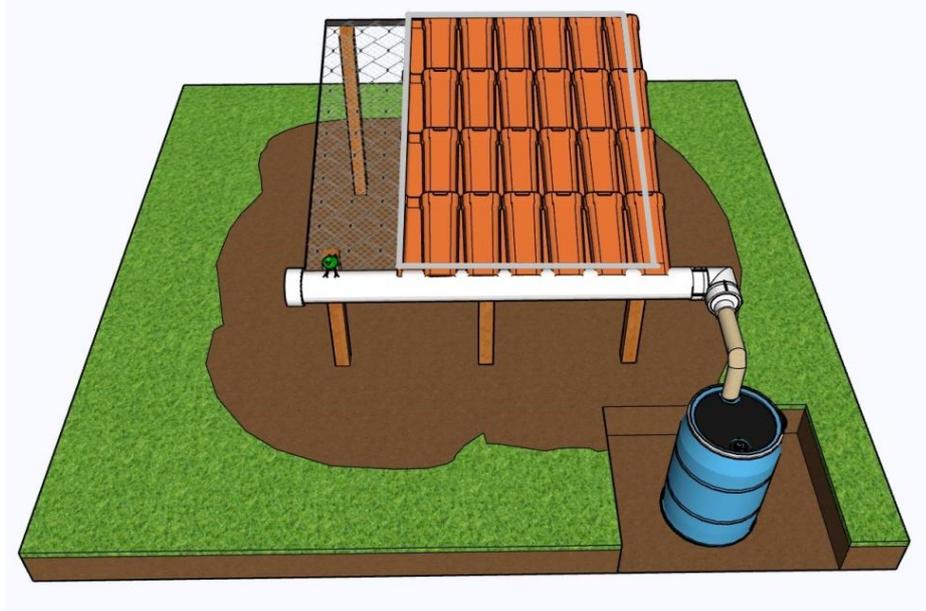
$V_{precipitado}$ = volume de chuva que caiu sobre o telhado (m³);

h = altura pluviométrica medida no pluviômetro *Ville de Paris* (m);

A = área útil do telhado (m²).

A área útil do telhado é de 1,134 m² (0,81 m de largura e 1,40 m de comprimento), delimitada pelo retângulo cinza conforme apresenta-se na Figura 4, que é toda área de escoamento direto para a calha, desconsiderando a beirada da telha onde a água da chuva escoar para fora do telhado.

Figura 4 – Telhado e sistema de coleta e armazenamento de água da chuva. O retângulo cinza indica a área útil do telhado.



Fonte: Própria autora.

O coeficiente de escoamento foi calculado por meio da razão entre o volume escoado no telhado (coletado na bombona) e o volume de chuva total sobre o telhado (Equação 2).

$$C = \frac{V_{bombona}}{V_{precipitado}} \quad (2)$$

onde,

C = coeficiente de escoamento superficial no telhado;

$V_{bombona}$ = volume de água na bombona (m^3);

$V_{precipitado}$ = volume de chuva que caiu sobre o telhado (m^3).

2.5.2 Análise das variáveis pluviométricas e meteorológicas

O período inicial foi contabilizado quando todo o sistema estava pronto. Para determinação da duração de um período de estudo (D_{per}) foi considerado a partir do momento em que foi realizada medida (ou montado todo o sistema) até o momento anterior a próxima medida (os 10 minutos anteriores).

A pretensão era realizar a medição a cada evento de chuva, mas houve períodos nos quais isso não foi possível e acarretou mais que um evento dentro de um período. Um evento de estiagem foi considerado a partir de 24 horas sem altura pluviométrica registrada, levando em consideração Silveira et al. (2018) que utilizaram em sua pesquisa um período de secagem das telhas igual a 24 horas para iniciar cada experimento.

Foram desconsideradas alturas pluviométricas isoladas com um valor igual ou inferior a 0,4 mm, pois esses casos ocorreram em geral no período da madrugada e da manhã, sendo considerados como orvalho e então contabilizados para análise como parte da estiagem.

Com os dados do pluviômetro digital foram calculadas as seguintes variáveis características do regime pluviométrico e de temperatura atmosférica (Quadro 2):

Quadro 2 – Descrição das variáveis utilizadas, com sua notação e equação.

Variável	Notação	Descrição
Duração do período (h)	D_{per}	Intervalo de tempo entre uma medida e a próxima.
Altura pluviométrica total (mm)	APT	Altura total acumulada em todo o período de cada coleta.
Duração do evento mais longo (h)	DE	Duração do evento pluviométrico mais longo dentro do período analisado, quando houver mais de um evento.
Estiagem antecedente (dia)	EA	Período sem ocorrência de chuva desde o último registro pluviométrico até o primeiro registro, podendo ocorrer dentro de dois períodos de coleta.
Intensidade média (mm.h^{-1})	$I_{méd}$	Razão entre a altura pluviométrica total e a duração do evento.
Intensidade máxima (mm.h^{-1})	$I_{máx}$	É a maior intensidade pluviométrica registrada no período pelo tempo.
Temperatura média, máxima, mínima e amplitude térmica ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{méd}$ $T_{máx}$ $T_{mín}$ AT	Valores da média, máxima e mínima temperatura atmosférica dentro do período analisado. A amplitude térmica é a diferença entre a temperatura máxima e a mínima.

Fonte: Própria autora.

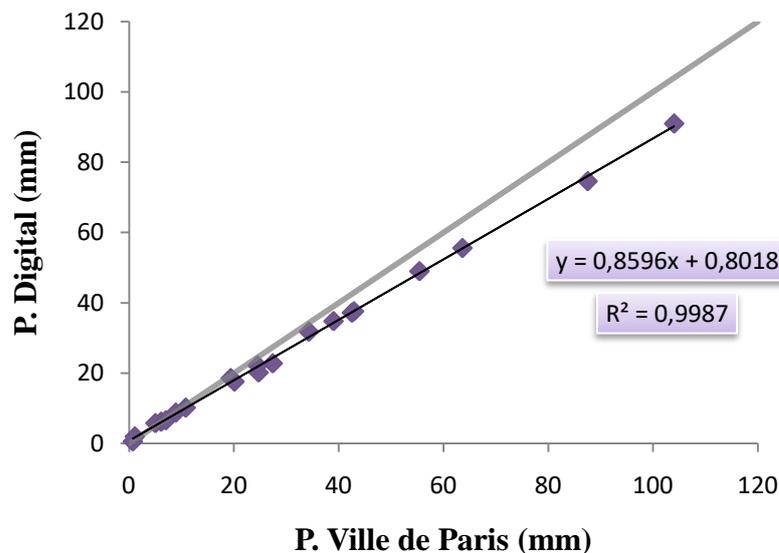
Foi calculada a estatística descritiva das variáveis, e realizada análise de correlação dos coeficientes de Pearson e de Spearman entre C e as demais variáveis, bem como análise de regressão das variáveis com correlação significativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura pluviométrica

A Figura 5 apresenta a relação da altura pluviométrica medida no pluviômetro manual *Ville de Paris* (*PM*) e no pluviômetro digital (*PD*) nos períodos analisados para demonstrar que é possível utilizar do manual para pesquisa. Apesar da equação da reta de ajuste ter R^2 igual a 0,9987, o que demonstra uma relação equivalente dos dados medidos pelos dois métodos, é possível perceber que está um pouco distante da reta 1:1. Provavelmente ocorreu um erro sistemático na medição de chuva fazendo com que o registro no pluviômetro *Ville de Paris* fosse em média 15% maior que no pluviômetro digital a partir da altura pluviométrica de 10 mm. Ainda assim é possível utilizar os dados do *PM* para análise e cálculo do coeficiente de escoamento superficial do telhado.

Figura 5 – Relação dos dados do pluviômetro manual e do pluviômetro digital.



Fonte: Própria autora.

3.2 Coeficiente de escoamento superficial (C)

A Tabela 1 apresenta o resultado da altura pluviométrica do pluviômetro manual, a conversão para volume do mesmo, o volume da água escoada pelo telhado e medida no sistema de armazenamento e o coeficiente de escoamento superficial calculado para cada período de coleta.

Tabela 1 – Dados referentes às coletas realizadas na captação da água pluviométrica e da água escoada.

Período	Captação da água pluviométrica Pluviômetro Ville de Paris		Captação da água escoada	
	Altura pluviométrica mm	V _{precipitado} m ³	V _{bombona} m ³	C
1	6,10	0,0069	0,0040	0,58
2	24,70	0,0280	0,0189	0,67
3	27,40	0,0311	0,0160	0,51
4	5,00	0,0057	0,0026	0,46
5	39,00	0,0442	0,0322	0,73
6	104,00	0,1179	0,0925	0,78
7	8,90	0,0101	0,0050	0,50
8	87,50	0,0992	0,0640	0,64
9	42,50	0,0482	0,0367	0,76
10	63,60	0,0721	0,0249	0,35
11	34,30	0,0389	0,0298	0,77
12	10,80	0,0122	0,0070	0,57
13	55,40	0,0628	0,0630	1,01
14	24,50	0,0278	0,0198	0,71
15	7,00	0,0079	0,0034	0,43
16	19,40	0,0220	0,0089	0,40
17	0,70	0,0008	0,0002	0,25
18	1,10	0,0012	0,0007	0,56
19	42,90	0,0486	0,0261	0,54
20	20,10	0,0228	0,0108	0,47
			MÉDIA	0,58
			Desvio Padrão	0,18
			Coef. De variação (%)	30,34
			Erro padrão	0,03969
			Intervalo de confiança *	$0,51 \leq C \leq 0,66$

* Intervalo de confiança para 5% de nível de significância.

Fonte: Própria autora.

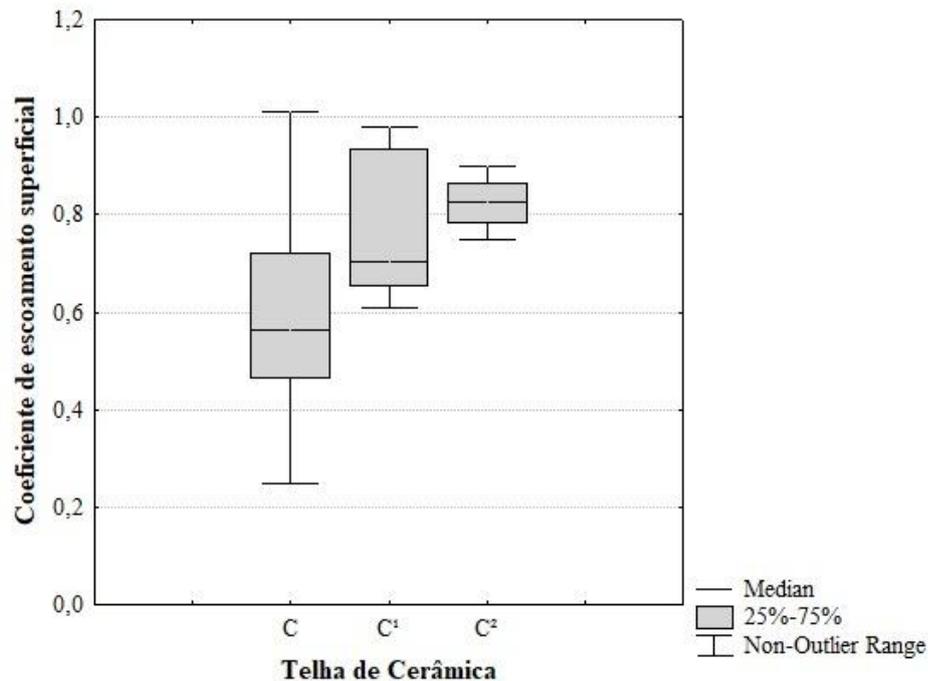
Os resultados encontrados para o coeficiente de escoamento demonstraram uma alta variabilidade nos valores, o que é confirmado pelo coeficiente de variação acima de 30%. A tabela completa se encontra no Apêndice B.

Para um nível de significância de 5% o intervalo de confiança mostrou um intervalo para o coeficiente de 0,51 a 0,66, isso significa que em 95% dos casos há a probabilidade de C estar entre este intervalo.

A Figura 6 apresenta uma síntese dos valores de coeficiente de escoamento encontrados para telha de cerâmica dividida em três grupos, (i) medidos neste experimento;

(ii) medidos por outros autores encontrados em literatura e (iii) recomendações de autores encontradas em literatura.

Figura 6 – Coeficiente de escoamento superficial em telhados cerâmicos medido no trabalho em comparação com valores medidos e recomendados na literatura.



Nota 1: C é o coeficiente de escoamento superficial calculado neste experimento; C¹ é o coeficiente de escoamento superficial encontrado em trabalhos de pesquisa que estimaram a partir de medição experimental (n = 20); C² é o coeficiente de escoamento superficial recomendado em literatura a partir de outros trabalhos ou experiência empírica (n = 16).

Nota 2: Os valores para C² foram considerados apenas os resultados finais adotados pelos autores.

Fonte: Própria autora.

De acordo com a Figura 6 os valores de C referente ao experimento realizado nesta pesquisa apresentaram uma alta dispersão que pode ser observada através dos valores máximos e mínimos (amplitude) ou mesmo pela caixa (amplitude interquartil). O valor mínimo e máximo foi respectivamente 0,25 e 1,01, sendo que este valor máximo está associado a um provável erro no momento da medida da água da bombona, já que seu valor não poderia ultrapassar o valor igual a um. Essa alta dispersão se associa a uma alta variabilidade, e, portanto uma difícil previsibilidade de forma direta. Enquanto nos coeficientes recomendados em literatura (C²) essa variação é bem reduzida, e nos calculados em outros experimentos (C¹) a variação começa a aumentar, mas continua tendo uma escala menos variável em comparação a variabilidade existente em C.

Ainda de acordo com a Figura 6, C e C¹ são assimétricos positivos, ou seja, suas medianas são menores que a média e os seus valores estão mais concentrados na região abaixo do centro do diagrama de caixa. A mediana de C foi 0,57e, apesar da assimetria, ficou

muito próximo da média de 0,58. Esse é um valor baixo quando comparado com a mediana de C^1 , que ficou em torno de 0,71 e do C^2 que é aproximadamente 0,84. Deve-se levar em consideração que C^1 e C^2 são valores médios de pesquisas ou recomendados sem medição, que não consideram a variabilidade eventual, enquanto C são dados brutos obtidos neste experimento.

Metade dos coeficientes C se encontram aproximadamente entre o intervalo de 0,47 a 0,72, isso indica que os valores encontrados em um experimento realizado ao ar livre e com chuva natural têm significativas diferenças em relação aos limites de valores recomendados por outras bibliográficas (0,75 a 0,90) e os de valores de medidos em outros experimentos (0,61 a 0,98). Isso pode ser um alerta para o fato de que as recomendações possam estar superestimadas e que algumas variáveis podem influenciar nas perdas gerando uma menor eficiência na coleta de água de acordo com a região. Para a região de estudo o limite de valores para o coeficiente C demonstra alta confiabilidade.

Conforme a Tabela 3, retirando-se o período 13 os coeficientes de escoamento não chegam a um valor de 0,80, apesar da literatura indicar intervalos entre 0,75 a 0,90 (ASCE, 1969; GHISI et al., 2009; HOFKES, 1981; HOFKES, 1983; LANCASTER, 2006; MC CUEN, 2004; MENTENS et al., 2006; PACEY; CULLIS, 1986; RAHMAN et al., 2010; THOMAS; MARTINSON, 2007; TOMAZ, 2010; VAN DEN BOSSCHE, 1997 apud VAES; BERLAMONT, 1999) tanto para telhados de telhas de cerâmica quanto para telhados em geral. O valor máximo calculado neste experimento foi de 0,78, o que justifica a ideia de superestimativa nos valores de coeficiente de escoamento, ou seja, a consideração de uma perda de água igual ou menor que 25% pode levar a um dimensionamento de captação e armazenamento da água de chuva maior do que o realmente necessário, aumentando também o investimento financeiro.

Cavalcanti (2010) realizou um estudo sobre a captação da água da chuva no semiárido brasileiro, o experimento foi realizado em 4 meses do ano durante dois anos e esse estudo apresenta valores mais próximos aos encontrados para o coeficiente de escoamento superficial neste trabalho. O autor encontrou um valor médio para C de 0,61 a 0,71, mas eles variaram entre 0,12 e 0,99 em seu experimento, demonstrando também uma alta variabilidade, que segundo o mesmo pode estar relacionada à intensidade da chuva e a absorção da telha.

3.3 Influência das variáveis hidrológicas no coeficiente de escoamento superficial

Ao todo foram nove variáveis entre hidrológicas e de temperaturas atmosféricas analisadas em relação à correlação como o coeficiente C no experimento, são elas: altura

pluviométrica, estiagem antecedente, duração do evento mais longo, intensidade máxima, intensidade média, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e amplitude térmica.

A Figura 7 demonstra de forma visual que as variáveis APT e $I_{máx}$ possuem uma elevada amplitude e dispersão de dados, mas de acordo com o coeficiente de variação as outras variáveis do regime hidrológico (EA , DE e $I_{méd}$) também possuem alta dispersão ($CV > 30$), enquanto $T_{máx}$ e $T_{méd}$ possuem baixa dispersão, ou seja, pouca variabilidade de valores. Essas informações se encontram no Apêndice B (Tabela B1).

De forma geral as variáveis de regime hidrológico apresentaram maior dispersão. Assim, os eventos pluviométricos que compoem a série de dados tem características bem diversas, com altura pluviométrica variando de menos de 1 a 100 mm e intensidade máxima de 3,6 a 164,4 mm/h.

As variáveis APT , $I_{máx}$, $I_{méd}$ e $T_{mín}$ apresentaram maior assimetria de acordo com os resultados apresentados no Apêndice B (tanto positiva quanto negativa), sendo que de forma ilustrativa pode-se visualizar através da intensidade máxima na Figura 7. Pode-se considerar o restante das variáveis mais próximas da simetria, ou seja, com o valor da média e da mediana próximos.

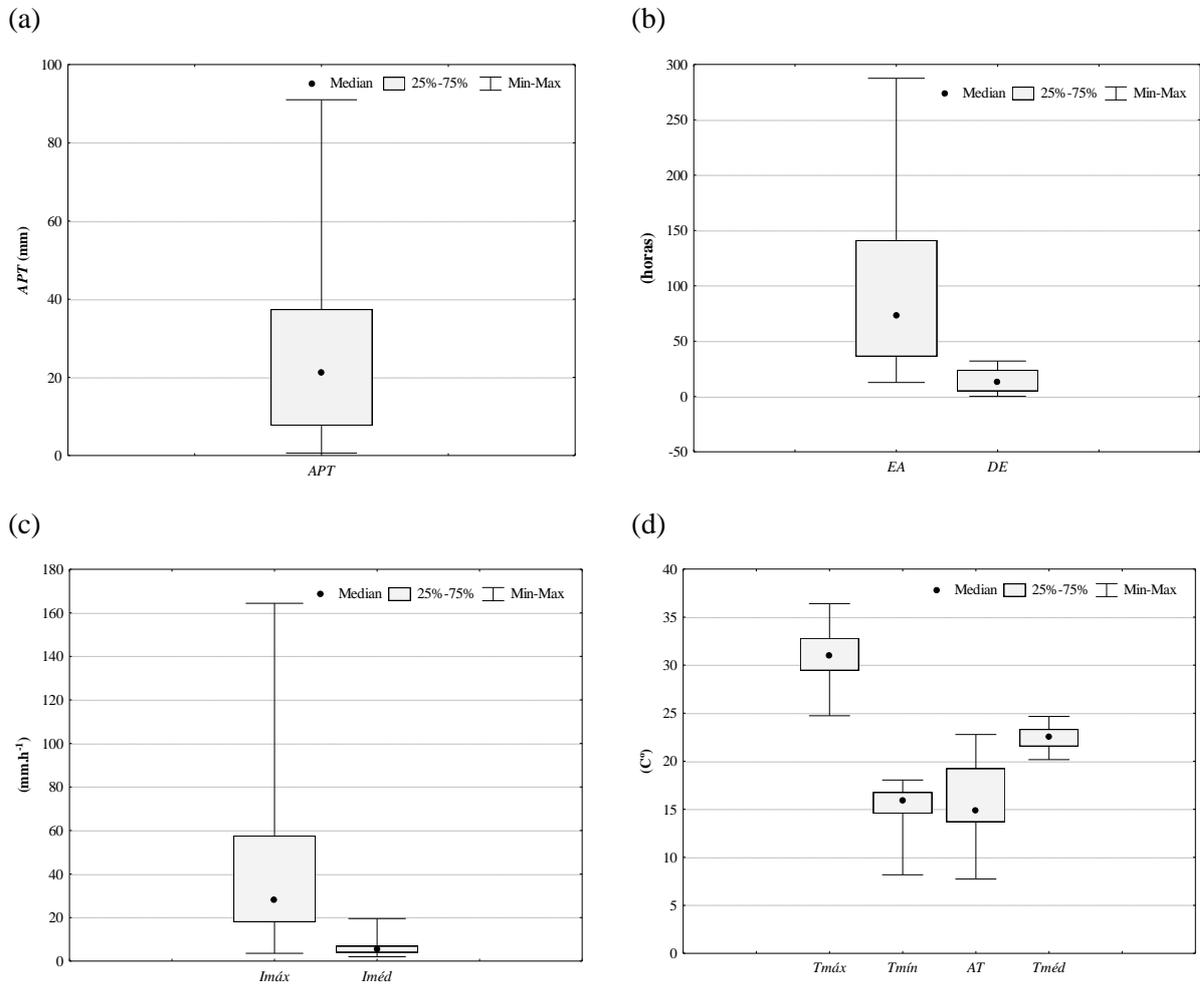
Já EA , $I_{méd}$, $T_{máx}$, $T_{mín}$ e $T_{méd}$ possuem uma amplitude interquartil com uma distância pequena, isso significa que 50% dos dados se encontram mais concentrados próximos a mediana, e a variância evidencia essa baixa dispersão em torno dela.

As correlações tanto de Pearson quanto a de Spearman mostraram uma correlação moderada, 0,47 a 0,54, de acordo com a classificação de Callegari-Jacques (2007) em relação às variáveis, altura pluviométrica, duração do evento mais longo, temperatura mínima e amplitude térmica com o coeficiente de escoamento superficial. Isso significa que há uma ligeira dependência dessas variáveis que se mostraram significativas com o coeficiente de escoamento. As matrizes de correlação de Pearson e Spearman podem ser vistas no Apêndice C.

A altura pluviométrica, duração do evento mais longo e a amplitude térmica possuem uma correlação positiva, ou seja, o seu aumento eleva o valor do coeficiente de escoamento, essa leve tendência que pode ser observada nas Figuras 8 (a), (b) e (c). Portanto quanto mais água da chuva precipitar e maior for o tempo dessa chuva, as chances de C ser mais alto, cresce. Isso pode estar relacionado ao tipo de material do telhado e a sua porosidade, pois o escoamento superficial se inicia a partir do início do preenchimento dos vazios do material

pela água, e então essas variáveis quando maiores, favorecem esse preenchimento, aumentando o escoamento e melhorando a eficiência da coleta da água de chuva.

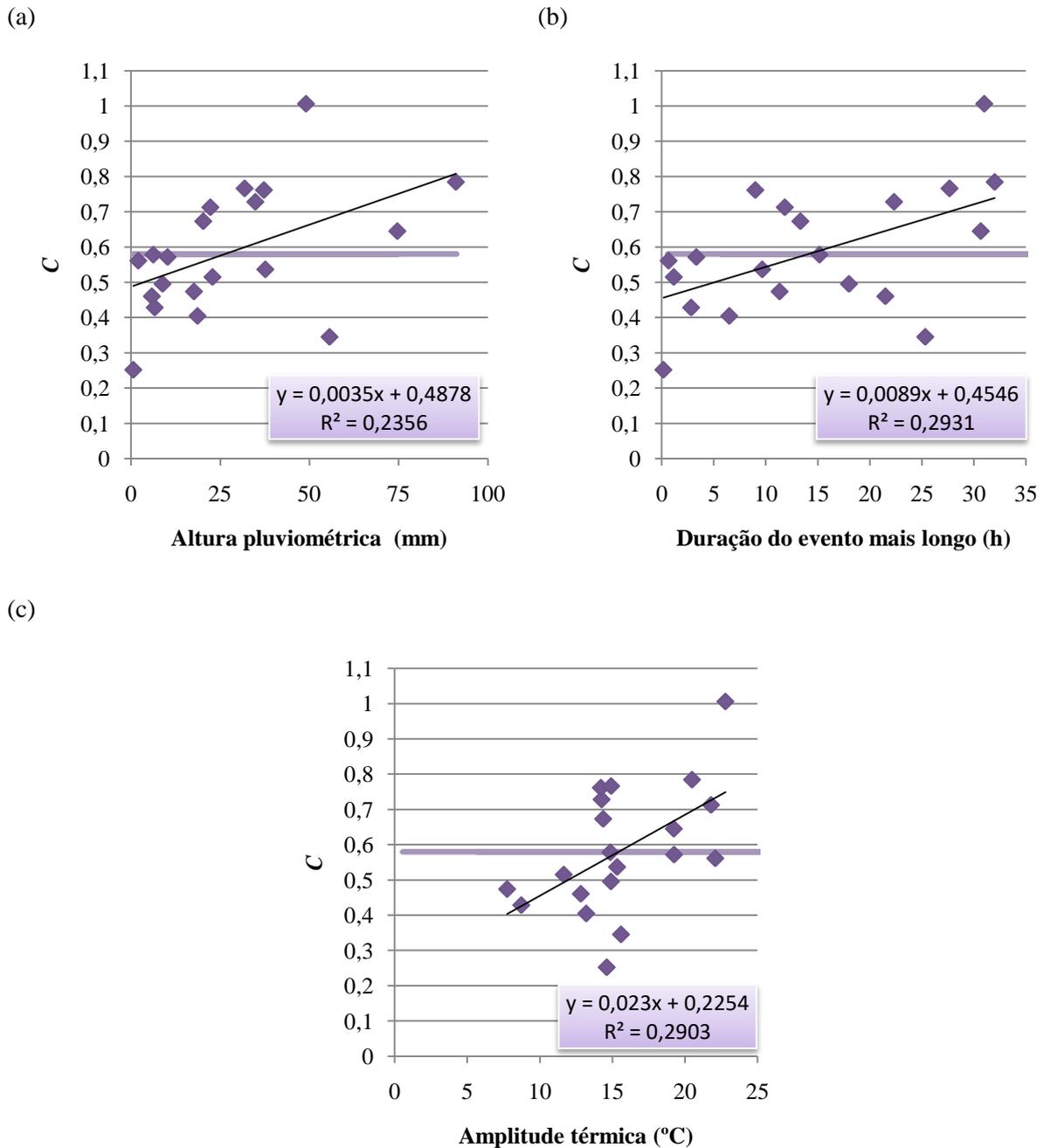
Figura 7 – Variáveis de regime pluviométrico (a), (b) e (c) e variáveis de temperatura atmosférica (d) de acordo com suas unidades.



Nota: APT é altura pluviométrica total (mm); EA é estiagem antecedente (d); DE é duração do evento mais longo (h); Imáx é intensidade máxima (mm.h⁻¹); Iméd é intensidade média (mm.h⁻¹); Tmáx é a temperatura máxima (°C); Tmín é a temperatura mínima (°C); AT é amplitude térmica (°C) e Tméd é a temperatura média (°C).

Fonte: Própria autora.

Figura 8 – Relação de C com as variáveis (a) APT; (b) DE; (c) AT; e (d) T_{\min} .



Nota: A linha demarca o valor médio do coeficiente de escoamento superficial calculado.

Fonte: Própria autora.

A quantidade de água convertida em escoamento superficial está relacionada à duração da chuva e altura pluviométrica, pois a infiltração e as perdas por outras causas serão proporcionalmente menores (McCUEN, 1998, PRUSKI et al., 2004). Para Hofkes (1981), C pode ser bem mais alto nas situações em que há fortes tempestades de durações mais longas.

Já a amplitude térmica pode estar relacionada com a umidade do ar e consequentemente com a evaporação. A evaporação aumenta a umidade do ar atmosférico que diminui a amplitude térmica, diminuindo C . A evaporação é considerada um tipo de perda

climática que influencia o coeficiente de acordo com a Lancaster (2006), Ghisi et al. (2009) e Rahman et al. (2010). Chapecó está localizada em um local de clima subtropical úmido, sendo assim possui elevada umidade atmosférica o que pode afetar negativamente o coeficiente C . Mas ao mesmo tempo em que a umidade diminui o coeficiente em relação a evaporação que será maior, ele auxilia no aumento de eventos pluviométricos. Por isso possa ocorrer essa correlação moderada.

Sendo que apenas a temperatura mínima apresentou uma correlação negativa, indicando uma relação inversa entre a variável e o coeficiente, o que pode ser entendido considerando que quanto menor a temperatura maior pode ser o valor de C . Isso também pode estar associado com a evaporação da água, que se dará de forma mais lenta devido às baixas temperaturas e que está relacionado ao restabelecimento da capacidade de absorção da telha.

De acordo com os experimentos realizados por Silveira et al. (2018), em chuvas com intensidades baixas (inferior a 5 mm.h^{-1}) há uma tendência na redução do coeficiente de escoamento superficial. Os autores obtiveram um intervalo da média para C para cada intensidade calculada entre três experimentos realizados, valores entre 0 a 0,98, sendo que em intensidades baixas, as médias ficaram entre 0 a 0,67. Considerando a intensidade média calculada neste experimento, 45% delas são consideradas baixas reproduzindo um coeficiente de escoamento reduzido na maioria dos casos.

A duração do evento mais longo também se relaciona fortemente com a altura pluviométrica, ou seja, quanto maior o tempo de chuva maior será a altura pluviométrica e vice-versa, ocasionando possivelmente em um volume maior de captação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O coeficiente de escoamento superficial (C) é um valor muito importante no dimensionamento adequado de sistemas de captação de água da chuva, por isso sua definição é parte essencial para garantir a mais alta eficiência dos componentes de captação e armazenamento.

A partir dos resultados pode-se perceber que o coeficiente de escoamento para telhas cerâmicas não esmaltadas apresenta alta variação, isso pode ser associado às variáveis hidrológicas e térmicas da região de análise.

De acordo com o experimento, para a região oeste de Santa Catarina, o coeficiente de escoamento superficial pode ser utilizado entre um intervalo de confiança de 0,51 a 0,66, sendo a média 0,58 e a mediana 0,57.

Apesar dos valores medidos neste experimento serem menores que os encontrados na literatura, e geralmente utilizados como padrão em projetos de sistemas de captação e armazenamento de água pluvial, quando comparado aos trabalhos que realizaram medidas para diversas intensidades pluviométricas e apresentaram esses resultados (por exemplo, Cavalcanti (2010) e Silveira et al. (2018)), tanto o intervalo quanto os valores médios são similares aos encontrados neste experimento.

Sendo assim, a simples adoção de valores médios recomendados na literatura pode levar a um superdimensionamento do sistema de captação e armazenamento de água da chuva, e por consequência um custo desnecessário para implantação do sistema.

De acordo com as análises realizadas, as variáveis que possuem uma melhor correlação com C são a altura pluviométrica total do período, a duração do evento mais longo e a amplitude térmica do período. Apesar da correlação entre elas não ser considerada forte e sim moderada, pode-se inferir que elas influenciam no resultado final da captação da água da chuva de forma que quanto maiores seus valores, maior será o coeficiente de escoamento superficial e consequentemente melhor será a eficiência na coleta de água.

Essa correlação moderada possivelmente ocorre devido à porosidade do material da telha, que possui influência na absorção e infiltração da água da chuva. Então, uma maior altura pluviométrica e uma maior duração da chuva possibilitam a ocorrência do escoamento superficial, pois tendem a proporcionar o preenchimento dos vazios. Já a amplitude térmica se relaciona com a evaporação e a umidade do ar, desfavorecendo o coeficiente de escoamento à medida que aumenta a umidade atmosférica do ar.

O dimensionamento adequado do sistema de captação e armazenamento da água de chuva além de implicar em uma economia financeira em muitos casos, contribui com o uso racional da água, o que é benéfico ao meio ambiente e à sociedade.

Recomenda-se a continuação do estudo sobre o coeficiente de escoamento superficial em telhados, agregando-se mais períodos de coleta, levando-se em consideração a época do ano, o vento e a inclinação do telhado e posteriormente testar em outros materiais para telhados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Cecília e Paulo, pelo amor, apoio e incentivo que foi me dado e que apesar de todas as dificuldades me fortaleceram, o que foi muito importante e me fez chegar até aqui.

Agradeço ao meu noivo Rafael também por todo apoio, incentivo, paciência e companheirismo em todo o meu trajeto dentro da graduação. Sendo parte essencial para a realização deste momento.

Agradeço a Prof^a Aline pela oportunidade me dada e por toda confiança, orientação, auxílio e dedicação em toda a nossa caminhada.

Agradeço aos meus amigos, professores e todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação.

REFERÊNCIAS

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

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Fórum Mundial da Água**. 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/programas-e-projetos/forum-mundial-da-agua-antigo>. Acesso em: 27 nov. 2020.

ASCE – AMERICAN SOCIETY OF CIVIL. **Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers**, Engineers, New York, p. 332, 1969.

BRITO, D. A água no Brasil e o mito da abundância. **Portal EcoDebate**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2018/10/26/a-agua-no-brasil-e-o-mito-da-abundancia/>. Acesso em: 19 fev. 2020.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: Princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 253 p.

CAVALCANTI, N.B. Efeito do escoamento da água da chuva em diferentes coberturas. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 4, p. 201-210, 2010.

CLIMATE-DATA.ORG. **Chapecó Clima (Brasil)**. Disponível em: [https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/chapeco-4486/#:~:text=Chapec%C3%B3%20Clima%20\(Brasil\)&text=Em%20Chapec%C3%B3%20existe%20uma%20pluviosidade%20significativa%20ao%20longo%20do%20ano.&text=O%20clima%20%C3%A9%20classificado%20como,m%C3%A9dia%20anual%20de%202107%20mm](https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/chapeco-4486/#:~:text=Chapec%C3%B3%20Clima%20(Brasil)&text=Em%20Chapec%C3%B3%20existe%20uma%20pluviosidade%20significativa%20ao%20longo%20do%20ano.&text=O%20clima%20%C3%A9%20classificado%20como,m%C3%A9dia%20anual%20de%202107%20mm). Acesso em: 16 mar. 2021.

FRASIER, G. Water harvesting for livestock, wildlife, and domestic use. In: Water harvesting Symposium, **Anais...** Phoenix, Arizona: USDA. p. 40-49, 1975.

FREITAS, M. J. C. C.; OLIVEIRA, F.H.de (org.). **Estiagem no Oeste Catarinense: diagnóstico e resiliência**. Florianópolis: Bibliografia, 2017. 268 p.

GHISI, E.; TAVARES, D.F.; ROCHA, V.L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potencial for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**. v.54, n.2, p. 79-85, 2009.

GIONGO, M; PADARATZ, I. J; LAMBERTS, R. Determinação da exposição à chuva dirigida em Florianópolis, SC: índices de chuva dirigida e métodos semi-empíricos. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 7-23, 2011.

GONÇALVES, D. B. R. **Potencial de captação de água de chuva na área urbana do Município de Chapecó (SC)**. 2018. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3038>. Acesso em: 04 nov. 2020.

GRISON, F; MOTA, A. A; BATISTEL, L; CAUVILLA, V.B; LODI, M.R. Desempenho de um pluviômetro digital em campo. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-7.

HAGEMANN, S.E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HOFKES, E.H. **Rainwater harvesting for drinking water supply**. International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation. RWH.81.02. 55 p, 1981.

HOFKES, E.H. Rainwater harvesting. In: HOFKES, E. H. et al. **Small community water supplies: Technology of small water supply systems in developing countries**. Londres: John Wiley & Sons (International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation), 1983. p. 59-73, 1983.

LANCASTER, B. Rainwater harvesting for drylands and Beyond: volume 1 Guiding principles to welcome rain into your life and landscape. 3. ed. Tucson: **Rainsource Press**, 2006.

LIAW, C.; TSAI, Y. Optimum storage volume of rooftop rainwater harvesting systems for domestic use. **Journal of the American Water Resources Association**. Taiwan, p. 901-912, 2004.

LUDWIG, C; MOTA, A. A; GRISON, F. Caracterização hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento ocorridos no município de Chapecó, SC. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-8.

McCUEN, R.H. **Hydrologic Analysis and design**. 2. ed. Nova Jersey: Pearson Education, 1998.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning 77**. Bélgica, p. 217-226, 2006.

MICKELSON, R.H. Performance and durability of sheet metal, butyl rubber, asphalt roofing, and bentonite for harvesting precipitation. In: Water harvesting Symposium, **Anais...** Phoenix, Arizona: USDA. p. 93-102, 1975.

MOBILIA, M.; LONGOBARDI, A.; SARTOR, J.F. Impact of green roofs on stormwater runoff coefficients in a Mediterranean urban environment. **Recent Advances in Urban Planning, Sustainable Development and Green Energy**. Florence, p. 100-106, 2014.

PACEY, A.; CULLIS, A. **Rainwater Harvesting: The collection of rainfall and runoff in rural areas**. 3. Data collection and design criteria. [S.I.], 1986.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Uso racional de água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água/ Ricardo Franci Gonçalves (coordenador)**. ABES, Rio de Janeiro. 352 p. 2009.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. da. **Escoamento Superficial**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV. 972 p, 2004.

RAHMAN, A.; DBAIS, J.; IMTEAZ, M. Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Multistorey Residential Buildings. **American Journal of Engineering and Applied Sciences**. v.3, n.1, Sydney, p. 73-82, 2010.

ROEHR, D.; KONG, Y. Stormwater runoff reduction achieved by green roofs: comparing SWMM Method to TR-55 Method. In: Low Impact Development International Conference (LID), **Anais...** São Francisco (EUA): ASCE. p. 1012-1021, 2010.

SILVEIRA, A.; LIMA, J.L.M.P. de; DINIS, C.; ABRANTES, J.R.C.B. Influência da intensidade de precipitação na geração de escoamento em telhados cerâmicos: experimentos em laboratório sob chuva simulada. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 751-756, 2018.

SINGH, P K; TADUVANSHI, B K; PATEL, S; RAY, S. SCS-CN Based Quantification of Potential of Rooftop Catchments and Computation of ASRC for Rainwater Harvesting. **Water Resources Management**, [S.I], v. 27, n. 7, p. 2001-2012, 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0267-6>.

THOMAS, T.H.; MARTINSON, D.B. **Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners**. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Center. (Technical Paper Series; no. 49). 160 p, 2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Edição: Plínio Tomaz, 486 p, 2010.

VAES, G.; BERLAMONT, J. The impact of rainwater reuse on CSO emissions. **Water Science Technology**. v. 39, n. 5, p. 57-64, 1999.

WANG, J.; LI, C.; WANG, E. Potential and flux landscapes quantify the stability and robustness of budding yeast cell cycle network. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.L.], v. 107, n. 18, p. 8195-8200, 2010.

APÊNDICE A

Tabela A1 - Medidas do experimento e os cálculos das variáveis para cada período.

Período	Medição do pluviômetro de Ville de Paris					Pluviômetro digital										
	<i>APT</i> mm	<i>V_{precipitado}</i> L	<i>V_{bombona}</i> L	<i>C</i>	<i>D_{per}</i> h	<i>APT</i> mm	<i>EA</i> d	<i>N^o</i> <i>EE</i>	<i>N^o</i> <i>EP</i>	<i>DE</i> h	<i>I_{máx}</i> mm.h ⁻¹	<i>I_{méd}</i> mm.h ⁻¹	<i>T_{máx}</i> °C	<i>T_{mín}</i> °C	<i>AT</i> °C	<i>T_{méd}</i> °C
1	6,10	6,92	4,00	0,58	46,00	6,20	1,11	1,00	1,00	15,17	24,00	6,20	31,47	16,62	14,85	21,64
2	24,70	28,01	18,85	0,67	49,17	20,20	0,64	1,00	1,00	13,33	25,20	4,33	31,17	16,81	14,36	22,04
3	27,40	31,07	16,00	0,51	45,67	22,80	2,10	1,00	1,00	1,17	69,60	19,54	28,36	16,71	11,64	21,48
4	5,00	5,67	2,61	0,46	75,83	5,80	2,15	1,00	1,00	21,50	14,40	4,35	30,86	18,05	12,82	23,53
5	39,00	44,23	32,20	0,73	72,17	34,80	2,78	1,00	1,00	22,33	27,60	3,80	30,96	16,71	14,25	22,20
6	104,00	117,94	92,50	0,78	383,83	91,00	11,98	1,00	1,00	32,00	55,20	6,83	33,85	13,37	20,48	22,65
7	8,90	10,09	5,00	0,50	95,83	8,80	6,06	1,00	1,00	18,00	7,20	2,51	30,56	15,66	14,89	22,39
8	87,50	99,23	64,00	0,64	193,83	74,60	5,83	1,00	1,00	30,67	164,40	5,74	33,74	14,52	19,23	23,05
9	42,50	48,20	36,70	0,76	72,33	37,20	3,28	1,00	1,00	9,00	63,60	9,30	30,05	15,86	14,20	22,40
10	63,60	72,12	24,90	0,35	186,50	55,60	5,92	1,00	1,00	25,33	116,40	11,12	32,39	16,81	15,59	23,73
11	34,30	38,90	29,80	0,77	148,33	31,80	5,81	1,00	1,00	27,67	38,40	5,45	30,76	15,86	14,91	22,90
12	10,80	12,25	7,00	0,57	98,17	10,20	1,96	1,00	1,00	3,33	26,40	6,12	33,95	14,71	19,24	24,00
13	55,40	62,82	63,20	1,01	116,00	49,00	6,21	1,00	1,00	31,00	21,60	4,98	30,96	8,18	22,78	20,54
14	24,50	27,78	19,80	0,71	165,50	22,20	4,44	2,00	2,00	11,83	40,80	7,01	36,40	14,61	21,79	24,67
15	7,00	7,94	3,40	0,43	28,00	6,60	0,55	1,00	0,00	2,83	9,60	3,30	26,00	17,28	8,72	21,33
16	19,40	22,00	8,90	0,40	72,50	18,60	0,60	2,00	2,00	6,50	28,80	5,07	28,85	15,66	13,19	20,77
17	0,70	0,79	0,20	0,25	44,83	0,60	1,91	1,00	1,00	0,17	3,60	3,60	28,16	13,56	14,60	24,64
18	1,10	1,25	0,70	0,56	217,83	2,00	7,12	1,00	1,00	0,67	4,80	2,00	33,22	11,14	22,08	22,86
19	42,90	48,65	26,10	0,54	44,83	37,60	5,83	2,00	2,00	9,67	60,00	10,74	31,27	15,95	15,32	23,13
20	20,10	22,79	10,80	0,47	21,33	17,60	0,53	1,00	0,00	11,33	33,60	4,59	24,74	17,00	7,74	20,17

Nota: EE é eventos de estiagem e EP é eventos do regime pluviométricos.

APÊNDICE B

Tabela B1 - Estatística descritiva dos dados analisados.

Variável	N	Média	Mediana	Moda	Frequência da moda	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio padrão	Coefficiente de variação	Assimetria	Curtose
<i>C</i>	20	0,58	0,57	Múltiplas	1	0,25	1,01	0,03	0,18	30,34	0,37	0,36
<i>APT</i> mm	20	27,66	21,20	Múltiplas	1	0,60	91,00	601,83	24,53	88,69	1,23	1,17
<i>EA</i> d	20	3,84	3,03	5,83	2	0,53	11,98	8,88	2,98	77,57	0,99	1,21
<i>DE</i> h	20	14,68	12,58	Múltiplas	1	0,17	32,00	117,09	10,82	73,73	0,26	-1,26
<i>I_{máx}</i> mm.h ⁻¹	20	41,76	28,20	Múltiplas	1	3,60	164,40	1571,36	39,64	94,92	1,95	4,24
<i>I_{méd}</i> mm.h ⁻¹	20	6,33	5,26	Múltiplas	1	2,00	19,54	15,71	3,96	62,61	2,16	5,91
<i>T_{máx}</i> °C	20	30,89	30,96	30,96	2	24,74	36,40	7,66	2,77	8,96	-0,36	0,53
<i>T_{mín}</i> °C	20	15,25	15,86	Múltiplas	2	8,18	18,05	5,37	2,32	15,20	-1,80	3,77
<i>AT</i> °C	20	15,63	14,87	Múltiplas	1	7,74	22,78	17,29	4,16	26,60	0,11	-0,35
<i>T_{méd}</i> °C	20	22,51	22,52	Múltiplas	1	20,17	24,67	1,63	1,28	5,67	-0,07	-0,56

APÊNDICE C

Tabela C1 - Coeficiente de correlação de Pearson

	<i>C</i>	<i>APT</i>	<i>EA</i>	<i>DE</i>	<i>I_{máx}</i>	<i>I_{méd}</i>	<i>T_{máx}</i>	<i>T_{mín}</i>	<i>AT</i>	<i>T_{méd}</i>
<i>C</i>	1,00	0,49	0,42	0,54	0,07	-0,03	0,41	-0,48	0,54	-0,20
<i>APT</i>	0,49	1,00	0,68	0,73	0,72	0,27	0,37	-0,23	0,38	0,00
<i>EA</i>	0,42	0,68	1,00	0,56	0,30	0,04	0,57	-0,52	0,67	0,26
<i>DE</i>	0,54	0,73	0,56	1,00	0,42	-0,11	0,35	-0,16	0,32	-0,04
<i>I_{máx}</i>	0,07	0,72	0,30	0,42	1,00	0,50	0,29	0,11	0,14	0,15
<i>I_{méd}</i>	-0,03	0,27	0,04	-0,11	0,50	1,00	0,01	0,22	-0,12	0,01
<i>T_{máx}</i>	0,41	0,37	0,57	0,35	0,29	0,01	1,00	-0,33	0,85	0,61
<i>T_{mín}</i>	-0,48	-0,23	-0,52	-0,16	0,11	0,22	-0,33	1,00	-0,78	0,00
<i>AT</i>	0,54	0,38	0,67	0,32	0,14	-0,12	0,85	-0,78	1,00	0,40
<i>T_{méd}</i>	-0,20	0,00	0,26	-0,04	0,15	0,01	0,61	0,00	0,40	1,00

Tabela C2 - Coeficiente de correlação de Spearman

	<i>C</i>	<i>APT</i>	<i>EA</i>	<i>DE</i>	<i>I_{máx}</i>	<i>I_{méd}</i>	<i>T_{máx}</i>	<i>T_{mín}</i>	<i>AT</i>	<i>T_{méd}</i>
<i>C</i>	1,00	0,53	0,43	0,53	0,24	0,20	0,44	-0,39	0,47	-0,08
<i>APT</i>	0,53	1,00	0,49	0,63	0,80	0,61	0,33	-0,16	0,33	-0,01
<i>EA</i>	0,43	0,49	1,00	0,49	0,18	0,15	0,54	-0,58	0,77	0,34
<i>DE</i>	0,53	0,63	0,49	1,00	0,31	0,16	0,37	-0,06	0,35	-0,02
<i>I_{máx}</i>	0,24	0,80	0,18	0,31	1,00	0,84	0,25	0,09	0,05	0,11
<i>I_{méd}</i>	0,20	0,61	0,15	0,16	0,84	1,00	0,31	0,04	0,14	0,21
<i>T_{máx}</i>	0,44	0,33	0,54	0,37	0,25	0,31	1,00	-0,42	0,81	0,54
<i>T_{mín}</i>	-0,39	-0,16	-0,58	-0,06	0,09	0,04	-0,42	1,00	-0,77	-0,23
<i>AT</i>	0,47	0,33	0,77	0,35	0,05	0,14	0,81	-0,77	1,00	0,45
<i>T_{méd}</i>	-0,08	-0,01	0,34	-0,02	0,11	0,21	0,54	-0,23	0,45	1,00

Nota: Coeficientes marcados em vermelho são estatisticamente significativos com nível de significância de $p < 0,05$.