

**BEATRIZ LIMA CÂNDIDO
CAROLAINÉ PESSOA DE LIMA**

**ESTUDO PARA CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO DO
MINEIRINHO, SÃO CARLOS, SP**

**SÃO CARLOS
2022**

**BEATRIZ LIMA CÂNDIDO
CAROLAINÉ PESSOA DE LIMA**

**ESTUDO PARA CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO DO MINEIRINHO, SÃO CARLOS,
SP**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Profa. Dra. Ivana Ribeiro de Nardi.

SÃO CARLOS

2022

Dedicamos esse trabalho aos nossos familiares, amigos e professores que estiveram presente durante essa longa jornada e nos incentivaram a não desistir do nosso sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus por nos dar forças para vencer todos os desafios que enfrentamos ao longo do curso.

A nossa orientadora Prof.^a Dra. Ivana Ribeiro de Nardi, por suas valiosas informações, dedicação, apoio e incentivo para realização desse estudo.

A todos os nossos professores que estiveram presente na grade da graduação, em especial a Mestra Elaine Rodrigues Ribeiro, pelos ensinamentos e suporte fornecidos.

Aos nossos familiares, pelo carinho, apoio e encorajamento ao longo desses anos.

A todas as novas amizades cultivadas nesse período, que melhoraram nossas noites com suas energias, apoio e companheirismo.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”

Robert Collier

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
2.2 URBANIZAÇÃO DE SÃO CARLOS	14
2.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS	15
2.4 CÓRREGO DO MINEIRINHO	16
2.4.1 Uso e ocupação do solo	20
2.5 HISTÓRICO DE ENCHENTES EM SÃO CARLOS	20
3 MATERIAIS E MÉTODO	23
3.1 CÓRREGO DO MINEIRINHO	23
3.2 DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE FORMA DA BACIA.....	24
3.2.1 Coeficiente de compacidade (K_c)	24
3.2.2 Fator de forma (K_f)	25
3.2.3 Índice de circularidade (I_c)	25
3.2.4 Índice de conformação I_{co}	26
3.3 MÉTODO I-PAI-WU.....	27
3.3.1 Intensidade da chuva crítica.....	31
3.3.1.1 Tempo de concentração.....	31
3.3.1.2 Período de retorno	32
3.4 DIMENSIONAMENTO DE CANAIS.....	33
3.4.1 Equação da continuidade.....	33
3.4.2 Raio Hidráulico	35
3.4.2.1 Área molhada.....	35
3.4.2.2 Perímetro molhado.....	36
3.4.3 Declividade de fundo.....	37
4 RESULTADOS	39
4.1 DIMENSIONAMENTO DA CANALIZAÇÃO CONSIDERANDO SITUAÇÃO ATUAL DA URBANIZAÇÃO	39

4.2	DIMENSIONAMENTO DA CANALIZAÇÃO CONSIDERANDO SITUAÇÃO FUTURA DA URBANIZAÇÃO	41
5	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS	45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização córrego do Mineirinho.....	12
Figura 2: Principais córregos dentro do perímetro urbano.	12
Figura 3: Localização do município de São Carlos	14
Figura 4: Sub-bacias da área urbana de São Carlos.	16
Figura 5: Córrego do Mineirinho, rio do Monjolinho e área urbana de São Carlos....	17
Figura 6: Bacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho.....	18
Figura 7: Nascentes do Córrego do Mineirinho	18
Figura 8: Córrego do Mineirinho.....	19
Figura 9: Córrego do Mineirinho.....	19
Figura 10: Córrego do Mineirinho.....	19
Figura 11: Córrego do Mineirinho.....	19
Figura 12: Córrego do Mineirinho.....	20
Figura 13: Córrego do Mineirinho.....	20
Figura 14: Inundação no fundo de vale do Mercado Municipal, no ano de 2007	21
Figura 15: Inundação na rotatória do Cristo, próximo ao Shopping Iguatemi, ano 2020	21
Figura 16: Rua Episcopal	22
Figura 17: Bacia do Mineirinho.....	23
Figura 18: Comprimento axial	27
Figura 19: Ábaco para determinação do coeficiente K.....	30
Figura 20: Área molhada	36
Figura 21: Perímetro molhado.....	36
Figura 22: Elementos geométricos da seção longitudinal dos canais.	37
Figura 23: Ilustração do dimensionamento adotado – Urbanização Atual	41
Figura 24: Ilustração do dimensionamento adotado – Urbanização Futura	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Grau de urbanização do município de São Carlos (SP).....	15
Tabela 2: Coeficiente de compacidade	24
Tabela 3: Fator de forma.....	25
Tabela 4: Índice de circularidade.....	26
Tabela 5: Valores recomendados para o coeficiente C.....	29
Tabela 6: Valores recomendados para o coeficiente T	32
Tabela 7: Coeficientes de Rugosidade de Manning (n).....	34
Tabela 8: Limites superiores para velocidades em canais.	34
Tabela 9: Resultados coeficientes de forma.....	39
Tabela 10: Dimensionamento - Urbanização Atual	40
Tabela 11: Dimensões adotadas – Urbanização Atual.....	41
Tabela 12: Dimensionamento - Urbanização Futura.	42
Tabela 13: Dimensões adotadas – Urbanização Futura	43

RESUMO

Devido ao crescimento desordenado da população urbana do município de São Carlos, SP, as enchentes tornaram-se um dos principais problemas socioambientais registrados na cidade, proporcionando grandes impactos ambientais, econômicos e sociais. Por essa razão, o presente trabalho visa realizar um estudo do córrego do Mineirinho, localizado na região centro oeste do município. De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o córrego está inserido num perímetro do município no qual foi classificado entre os sete pontos da cidade com alto índice de enchentes. Além desse fato, o córrego do Mineirinho situa-se em uma área com grande urbanização nas proximidades, contribuindo para o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente da vazão. Atualmente, o córrego encontra-se coberto por vegetação e, outro ponto não menos importante, é que nunca houve canalização nessa área em questão. Para realização do dimensionamento do canal do córrego, foi considerado seção retangular de concreto. De acordo com os parâmetros de interpretação dos resultados, a bacia tem tendencia mediana-alta a grandes enchentes, portanto torna-se necessário a realização do dimensionamento da canalização do córrego, pois possibilitará melhoria no escoamento do Mineirinho, reduzindo a ocorrência de transbordamentos e enchentes. Após realização dos cálculos de dimensionamento pelo método de I-PAI-WU, concluiu-se que a canalização mais adequada para a situação é com altura de 9 m e 2,55 m de largura.

Palavras-chave: Enchentes, Dimensionamento, Córrego do Mineirinho, Canalização.

1 INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX, devido ao processo de industrialização no Brasil, houve um grande crescimento populacional. Esse crescimento ocorreu sem planejamento adequado e resultou na redução da capacidade de drenagem natural e no aumento do escoamento, tornando comum a ocorrência de enchentes na região (CANHOLI, 2005).

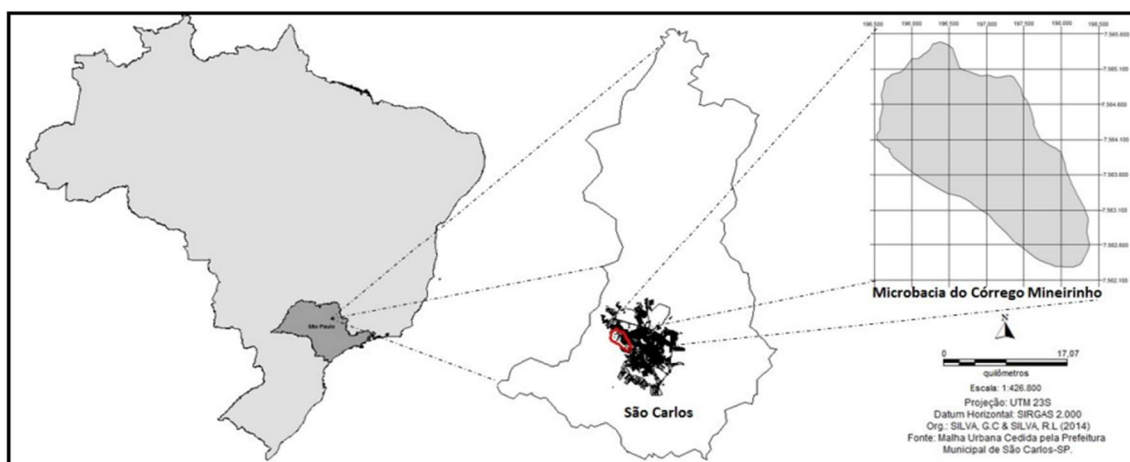
Desde a origem da humanidade a água representa vida, pois está relacionada com a economia e é essencial para a existência humana. Por isso, no decorrer da história, as cidades cresceram próximo à cursos de água. Isso contribuiu com a ocorrência de enchentes devastadoras em regiões urbanas.

Com o grande desenvolvimento da urbanização e o aumento da área impermeável, o número de enchentes aumentou cada vez mais. Na última década, as 5 enchentes mais agressivas do Brasil resultaram na morte de cerca de 1.500 pessoas e um enorme prejuízo financeiro.

Segundo o relatório de mapa de riscos em São Carlos, a região próxima ao Shopping Iguatemi compreendida entre as Avenidas Francisco Pereira Lopes e Comendador Alfredo Maffei onde está localizada a principal nascente do córrego Mineirinho, se enquadra no nível de risco “R3 – Alto” devido ao histórico de desastres e a grande probabilidade de ocorrência de inundações (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2015).

Conforme figura 1, a microbacia córrego do Mineirinho está localizada na região central do município de São Carlos, interior do estado de São Paulo. A nascente principal se encontra próximo ao Shopping Iguatemi, nos arredores do Santa Angelina. O percurso total do Mineirinho é de aproximadamente 4 km e compreende os bairros: Romeu Tortoreli, Santa Felícia, Santa Angelina, Parque Faber e Ipanema (BENINI et al., 2004).

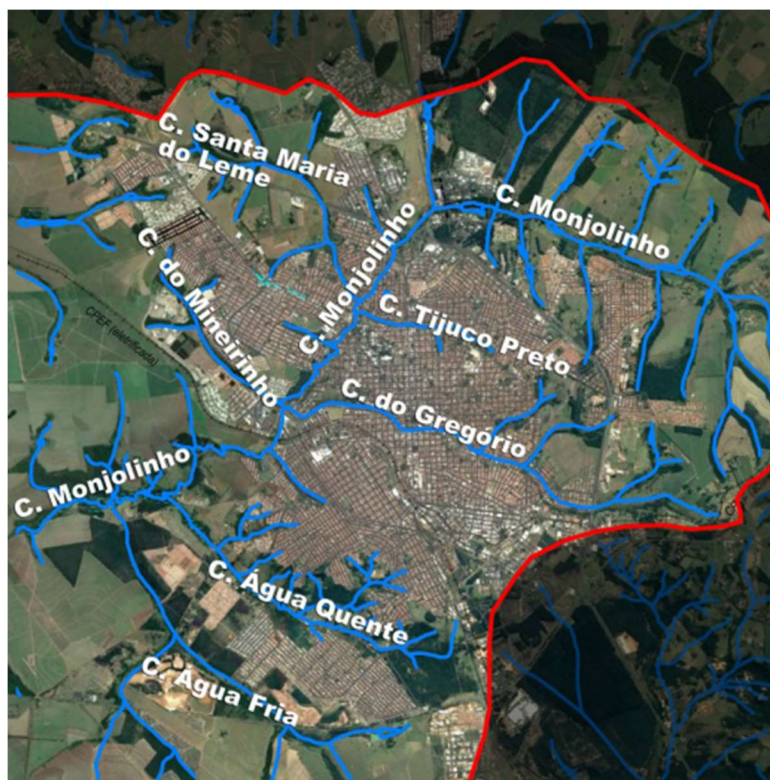
Figura 1: Localização córrego do Mineirinho.



Fonte: SILVA & SILVA (2014).

Na região próxima a rotatória do Cristo, o córrego do Mineirinho desagua no córrego do Monjolinho. Assim, o córrego do Monjolinho recebe contribuições do córrego do Mineirinho e do córrego do Gregório (figura 2). Por essa razão, esse local possui enchentes constantes.

Figura 2: Principais córregos dentro do perímetro urbano.



Fonte: (LIMA; SCHENK, 2018)

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido à diminuição da área permeável em razão do crescimento populacional acelerado nos últimos anos, as enchentes no município de São Carlos, SP, tornaram-se frequentes, causando grandes estragos ambientais, prejuízos econômicos e até mesmo a perda de vidas humanas.

Esse trabalho foi realizado considerando a importância da contenção dessas calamidades, por meio do estudo de dimensionamento de canalização do córrego do Mineirinho, a fim de aumentar sua capacidade de escoamento e reduzir enchentes, inundações e alagamentos na região próxima a rotatória do Cristo.

1.2 OBJETIVO

O intuito do presente trabalho foi realizar um estudo da hidrografia, e também, o dimensionamento de canalização do córrego do Mineirinho, que está inserido na bacia do Rio Monjolinho.

Diante disso, os objetivos específicos foram:

- Estudar a microbacia e realizar a caracterização do regime hidrológico.
- Calcular a vazão máxima de escoamento considerando a situação atual de urbanização e simulando uma situação futura.
- Dimensionar a canalização do córrego do Mineirinho para o controle de enchentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

São Carlos localiza-se no centro do estado de São Paulo (figura 3), possui uma altitude média de 856 metros. Esse município é destacado como principal polo tecnológico e educacional (LIMA; AMORIM, 2014).

Figura 3: Localização do município de São Carlos



Fonte: (WIKIPÉDIA, 2019).

De acordo com o IBGE (2021), São Carlos é uma cidade de médio porte, com uma população urbana de 256.915 habitantes, área total de 1.136,907 km².

2.2 URBANIZAÇÃO DE SÃO CARLOS

O município de São Carlos passou a desenvolver-se com a economia do café, a partir do século XIX (SCHENK; PERES, 2016). Conforme dados obtidos por satélite, no ano de 1980 a cidade possuía 37,74 km² de área urbana e população de 119.535 mil habitantes. Porém, 10 anos depois, em 1990, a área urbana cresceu

cerca de 10% e a população quase 35%, passando a ser 38,86 km² e 158.221 mil habitantes respectivamente. (STANGANINI; LOLLO, 2018).

Ainda conforme Stanganini e Lollo (2018), a urbanização rápida e desordenada do município resultou em impactos ambientais significantes, principalmente as inundações, que, durante o período de 1970 e 1980, se tornaram mais frequentes devido a diminuição de área permeável e aumento do escoamento superficial, desencadeando em projetos de canalização de alguns córregos, como o do Gregório.

Para enfatizar que tal processo foi certamente o grande agravante do aumento dos efeitos ambientais, Mendiondo & Mendes (2006) relata que

os dados obtidos sobre ocorrência de eventos (inundações) entre 1940 e 2004 foram relacionados ao histórico de urbanização da bacia. Os resultados indicam que o número acumulado de ocorrências aumentou com a urbanização da bacia.

A tabela 1 mostra o crescimento populacional e urbanização, entre os anos de 1980 e 2015 em São Carlos.

Tabela 1: Grau de urbanização do município de São Carlos (SP)

	Ano	Grau de urbanização (%)	População urbana	Área urbanizada em km ²
Dados do Censo do IBGE e da Prefeitura Municipal	1980	92,21	119.535	36,45
	1990	93,66	153.762	38,90
	2000	95,04	192.565	60,01
	2010	95,99	221.950	80,82
	2015	97,56	241.389	102,70

Fonte: (STANGANINI e LOLLO, 2018)

Ao longo do processo de construção da cidade, não levaram em consideração a localização dos córregos, sendo assim, a expansão urbana e a construção nos arredores dos mesmos tornaram-se um problema, já que resultou na impermeabilização em seu entorno e aumento de escoamento superficial (LIMA, 2017).

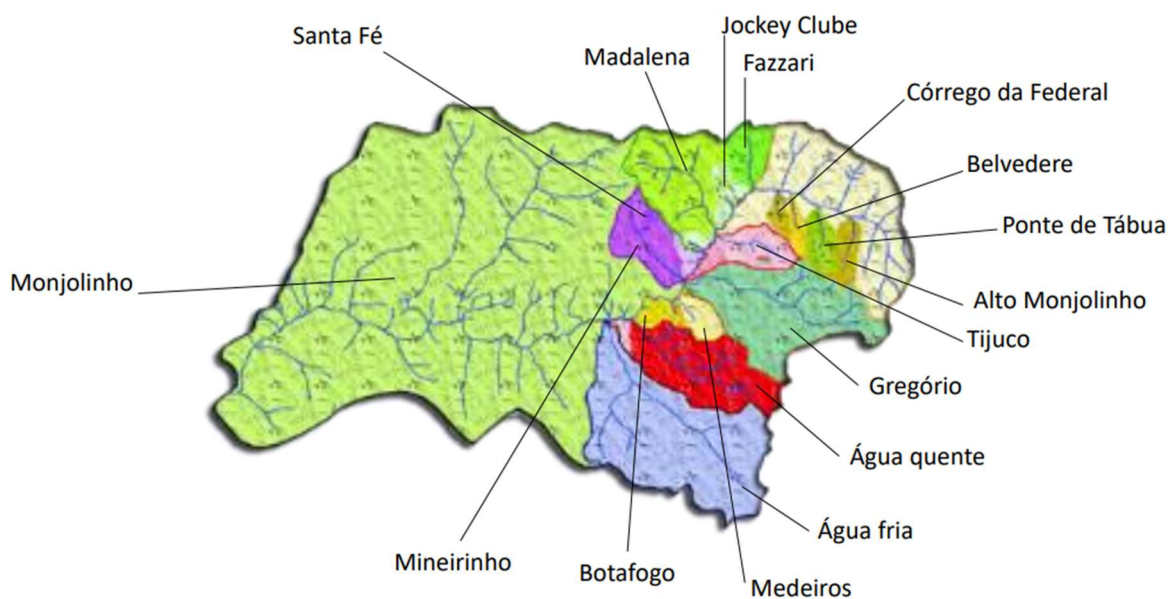
2.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com o Atlas histórico e socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos – SP (2020), as principais bacias hidrográficas do território brasileiro

são a Amazônica, a do Tocantins, a Platina e a do São Francisco, visto que a Bacia Amazônica é a maior do mundo, a área de drenagem da bacia abrange seis países, além do Brasil sendo eles: Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela e Guiana. Porém, a maior extensão está em terras brasileiras.

Ainda conforme o Atlas histórico e socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos – SP (2020), o município de São Carlos está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, e este situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, inserida na Bacia Hidrográfica do Paraná, que por sua vez, está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata. A cidade é cortada pelos rios Monjolinho, Gregório e Santa Maria do Leme, e pelos córregos, Tijuco Preto, Simeão, Água Quente e Água Fria. Na figura 4 observa-se as sub-bacias localizadas na área urbana de São Carlos.

Figura 4: Sub-bacias da área urbana de São Carlos.



Fonte: (FREITAS; SANTOS, 2020)

2.4 CÓRREGO DO MINEIRINHO

O córrego do Mineirinho desagua no Rio Monjolinho, encontra-se hoje, em sua maioria, no perímetro urbano de São Carlos, inserida na região central (figura 5).

Figura 5: Córrego do Mineirinho, rio do Monjolinho e área urbana de São Carlos



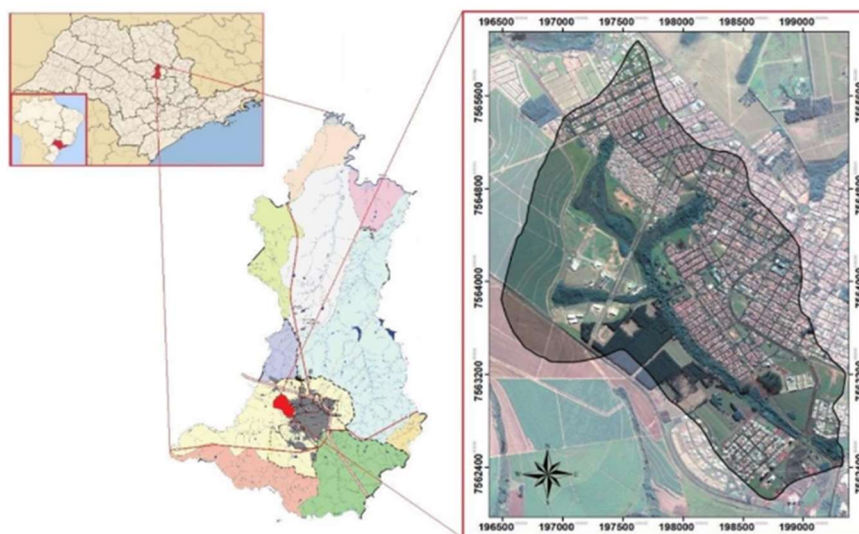
Fonte: (AMORIM, 2004, p. 73)

A área rural da microbacia do córrego do Mineirinho tem-se reduzido nos últimos anos devido a urbanização acelerada ao seu redor e por conta da especulação imobiliária, a área urbana da microbacia tem aumentado consideravelmente (SILVA et al., 2014).

A área da bacia é de 5,85 km², possui perímetro de 10,8 km e elevação variando entre 780 m e 872 m, o curso hídrico principal, possui aproximadamente 4 km de comprimento e a declividade equivalente é de 20,99 m/km (CDCC, 2013).

A figura 6 mostra a limitação da bacia do córrego do Mineirinho.

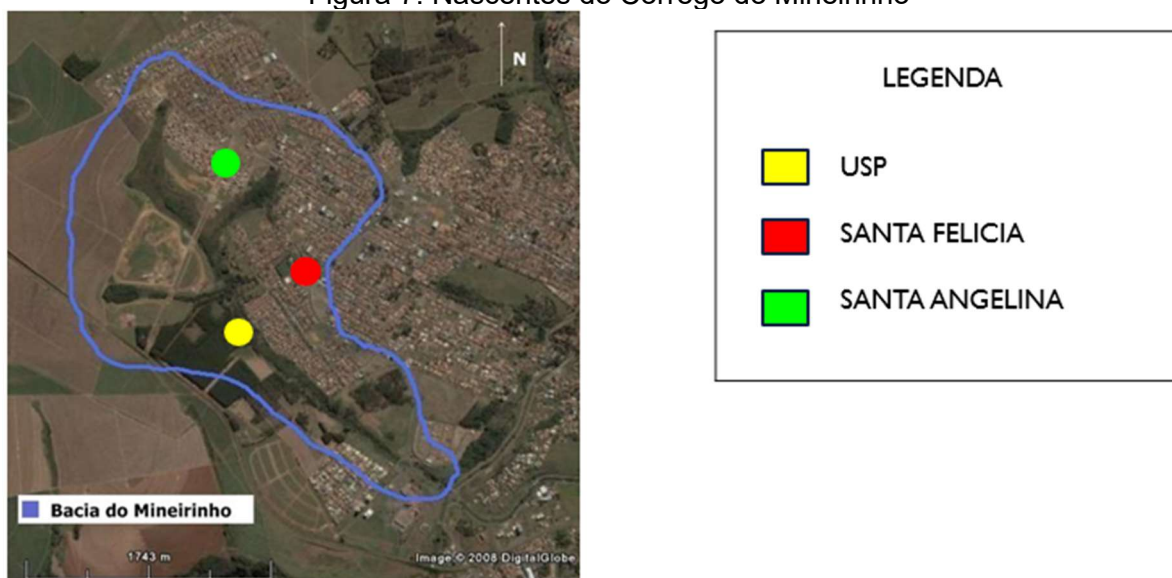
Figura 6: Bacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho.



Fonte: (KIM et al., 2019)

Conforme figura 7, o córrego possui três nascentes principais, duas delas estão localizadas na área urbana da cidade e a outra encontra-se dentro do perímetro da área 2 da USP, no interior do campus também está localizada uma nascente intermitente (AMORIM, 2004, p. 73).

Figura 7: Nascentes do Córrego do Mineirinho



Fonte: Adaptado de (Benini; Mendiando, 2015)

Conforme as imagens abaixo (figuras 8 a 13), observa-se como o córrego se encontra atualmente, coberto por vegetação.

Figura 9: Córrego do Mineirinho



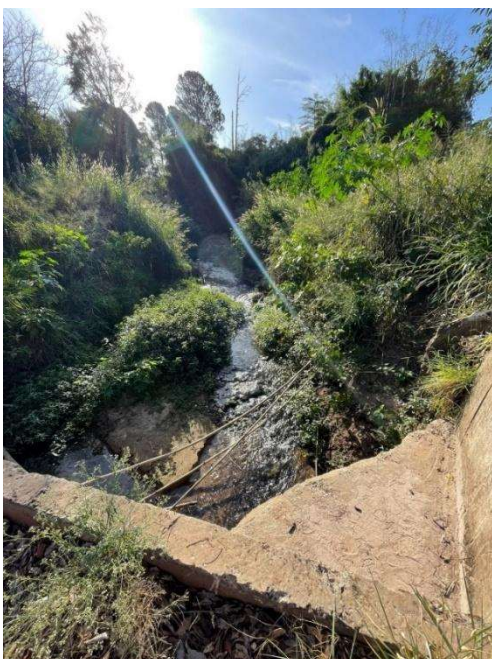
Fonte: De autoria própria

Figura 8: Córrego do Mineirinho



Fonte: De autoria própria

Figura 10: Córrego do Mineirinho



Fonte: De autoria própria

Figura 11: Córrego do Mineirinho



Fonte: De autoria própria

Figura 12: Córrego do Mineirinho



Fonte: De autoria própria

Figura 13: Córrego do Mineirinho



Fonte: De autoria própria

2.4.1 Uso e ocupação do solo

Nas décadas de 1960 e 1970, a bacia do Mineirinho começou a ser urbanizada próximo ao bairro Santa Felícia. Em 1990, seu crescimento se deu próximo da margem do córrego por habitantes do bairro Jardim Gonzaga, já que o local apresentava um relevo muito acidentado e não podia mais receber construções. (TARPINI e BRANDÃO, [20-?]).

A bacia do Mineirinho é ocupada por habitações de caráter popular e de baixo padrão a montante. Já a jusante, condomínios fechados de alto padrão (TARPINI e BRANDÃO, [20-?]).

2.5 HISTÓRICO DE ENCHENTES EM SÃO CARLOS

Conforme já mencionado anteriormente, o município de São Carlos foi urbanizado de forma desordenada e acelerada com isso, houve uma considerável contribuição para os eventos de enchentes na cidade, visto que as áreas permeáveis foram prejudicadas com o grande número de construções (LIMA; AMORIM, 2014).

O mapeamento de áreas de riscos em São Carlos, SP realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2015) classificou a rotatória do Cristo, a

baixada do mercado municipal como dois dos lugares de mais alto risco de enchentes.

Nas figuras 14 e 15 mostram algumas das áreas citadas acima que foram afetadas por enchentes.

Figura 14: Inundação no fundo de vale do Mercado Municipal, no ano de 2007



Fonte: (LIMA e AMORIM, 2014)

Figura 15: Inundação na rotatória do Cristo, próximo ao Shopping Iguatemi, ano 2020

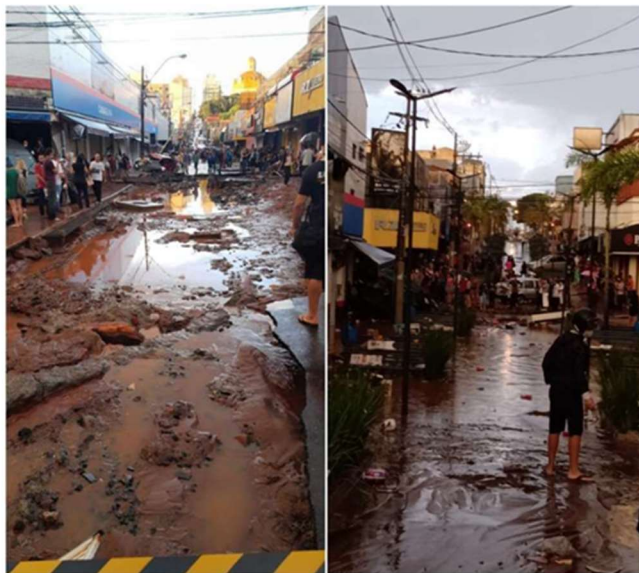


Fonte: (SÃO CARLOS AGORA, 2020)

Em 2020, a região de São Carlos passou por uma das piores enchentes de sua história. Segundo a Redação de São Carlos Agora (2021), choveu o equivalente

a 138 mm e 130 estabelecimentos foram atingidos na baixada do Mercado Municipal. Ambas as imagens a seguir (figura 16) mostram o retrato da rua Episcopal, no qual o asfalto foi arrancado.

Figura 16: Rua Episcopal



Fonte: (SÃO CARLOS AGORA, 2021)

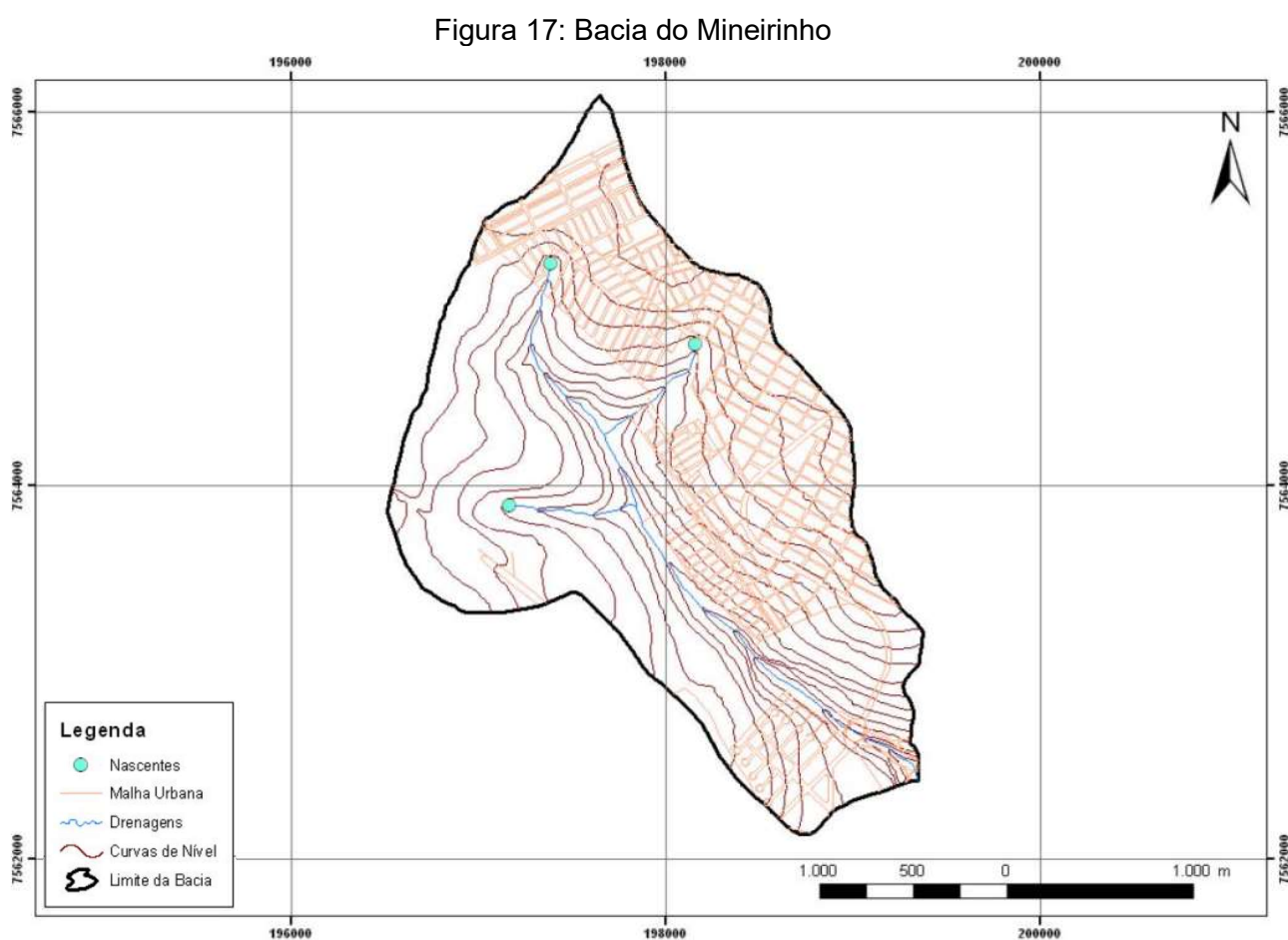
Mediante o exposto, o acontecimento gerou um gasto elevado para reparar todos os danos causados, tanto para o governo local quanto para os comerciantes locais que, em vários casos, tiveram que fechar suas lojas por conta do prejuízo.

Devido aos fatores apresentados e os prejuízos imensuráveis, a importância do presente estudo tornou-se ainda mais relevante.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 CÓRREGO DO MINEIRINHO

A área da bacia é de 5,85 km², possui perímetro de 10,8 km e elevação variando entre 780 m e 872 m, o curso hídrico principal, possui aproximadamente 4 km de comprimento e a declividade equivalente é de 20,99 m/km (CDCC, 2013). A figura 17 mostra a limitação da bacia.



Fonte: Bressiani (2010)

Inicialmente, foi realizado o cálculo dos coeficientes de forma da bacia, com o objetivo de analisar a tendência de enchentes do córrego Mineirinho

3.2 DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE FORMA DA BACIA

Através dos coeficientes de forma da bacia, foi possível realizar a confirmação da necessidade da canalização.

Alguns dos índices utilizados para se determinar a forma das bacias são:

- Coeficiente de compacidade (k_c);
- Fator de forma (k_f);
- Índice de circularidade (I_c);
- Índice de conformação (I_{co}).

3.2.1 Coeficiente de compacidade (K_c)

O K_c (coeficiente de compacidade) é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. É expressado conforme equação (01).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (01)$$

em que:

K_c = Coeficiente de compacidade;

P = perímetro da bacia (km);

A = área da bacia (km²).

O K_c sempre será um valor maior que 1, quanto menor mais circular será a bacia.

A tabela 2 apresenta os limites de interpretação dos valores do K_c .

Tabela 2: Coeficiente de compacidade

K_c	Característica da bacia
1,00 – 1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
> 1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: (PALARETTI, [20-?])

3.2.2 Fator de forma (Kf)

O fator de forma de uma bacia hidrográfica, é definido pela relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial. É expressado conforme equação (02).

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (02)$$

em que:

Kf = Fator de forma;

L = comprimento axial em (km);

A = área da bacia em (km²).

Quanto menor o Kf, mais comprida é a bacia e será menos sujeita a picos de enchente. A tabela 3 contém os limites para interpretar os valores do coeficiente.

Tabela 3: Fator de forma

Kf	Característica da bacia
1,00 – 0,75	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
0,75 – 0,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
< 0,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: (PALARETTI, [20-?])

3.2.3 Índice de circularidade (Ic)

O índice de circularidade (Ic) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia.

Para se determinar o índice de circularidade utiliza-se a equação (03):

$$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (03)$$

em que:

Ic = Índice de Circularidade, adimensional;

A = Área da bacia em (km²);

P = Perímetro da bacia em (km).

A tabela 4 contém os limites para interpretar os valores do coeficiente.

Tabela 4: Índice de circularidade

Índice de circularidade	Classificação
$I_c = 0,51$	Representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas.
$I_c > 0,51$	Indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas).
$I_c < 0,51$	Sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento.

Fonte: Müller (1953) e Schumm (1956)

3.2.4 Índice de conformação I_{co}

O índice de conformação (I_{co}) é a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia. Pode ser expresso pela equação (04)

$$I_{co} = \frac{A}{L^2} \quad (04)$$

em que:

I_{co} = Índice de conformação;

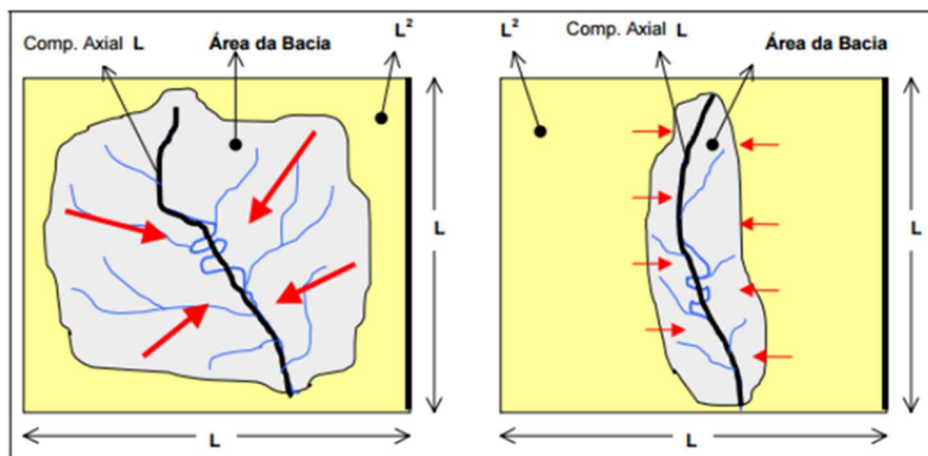
A = área da bacia (km^2);

L = comprimento axial (km).

Quanto mais próximo de 1, maior a propensão a enchentes, pois a bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado e com maior concentração do fluxo.

A figura 18 demonstra a relação entre o comprimento axial e a área.

Figura 18: Comprimento axial



Fonte: (BARGOS, 2019)

3.3 MÉTODO I-PAI-WU

Para o cálculo da vazão de projeto foi utilizado o método I-Pai-Wu. Esse método é um aprimoramento do Método Racional, visto apresentar efeitos de distribuição espacial e forma da bacia tem destaque na sua facilidade de aplicação. Além disso, é ideal para bacias com áreas de drenagem até 200 km² (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A expressão base do método é expressa na equação (05) abaixo:

$$Q_c = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K \quad (05)$$

Em que:

Q = vazão de cheia (m³/s);

C = coeficiente de escoamento;

i = intensidade da chuva crítica (mm/h);

A = área da bacia de contribuição (km²).

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva

O coeficiente de escoamento da bacia é dado pela equação (06):

$$C = \frac{2}{(1 + F)} \times \frac{C2}{C1} \quad (06)$$

Em que:

C = coeficiente de escoamento;

F = fator de forma;

C1 = coeficiente de forma;

C2 = coeficiente volumétrico de escoamento.

O fator forma da bacia relaciona a forma da bacia com um círculo, sendo assim, quanto mais próximo a 1 mais circular (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Para sua determinação é utilizado a equação (07), descrita abaixo:

$$F = \frac{L}{2 \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0,5}} \quad (07)$$

Em que:

F = fator de formada bacia;

L = comprimento do talvegue (km);

A = área da bacia (km²).

O coeficiente de forma (C1) é dado pela equação (08) descrita abaixo:

$$C1 = \frac{4}{(2 + F)} \quad (08)$$

Em que:

C1 = coeficiente de forma;

F = fator de formada bacia.

Já o coeficiente volumétrico de escoamento (C2) é tabelado e ocorre conforme a relação do uso do solo com o grau de urbanização.

A tabela 5 mostra os valores recomendados pelo DAAE para consideração do coeficiente volumétrico de escoamento.

Tabela 5: Valores recomendados para o coeficiente C

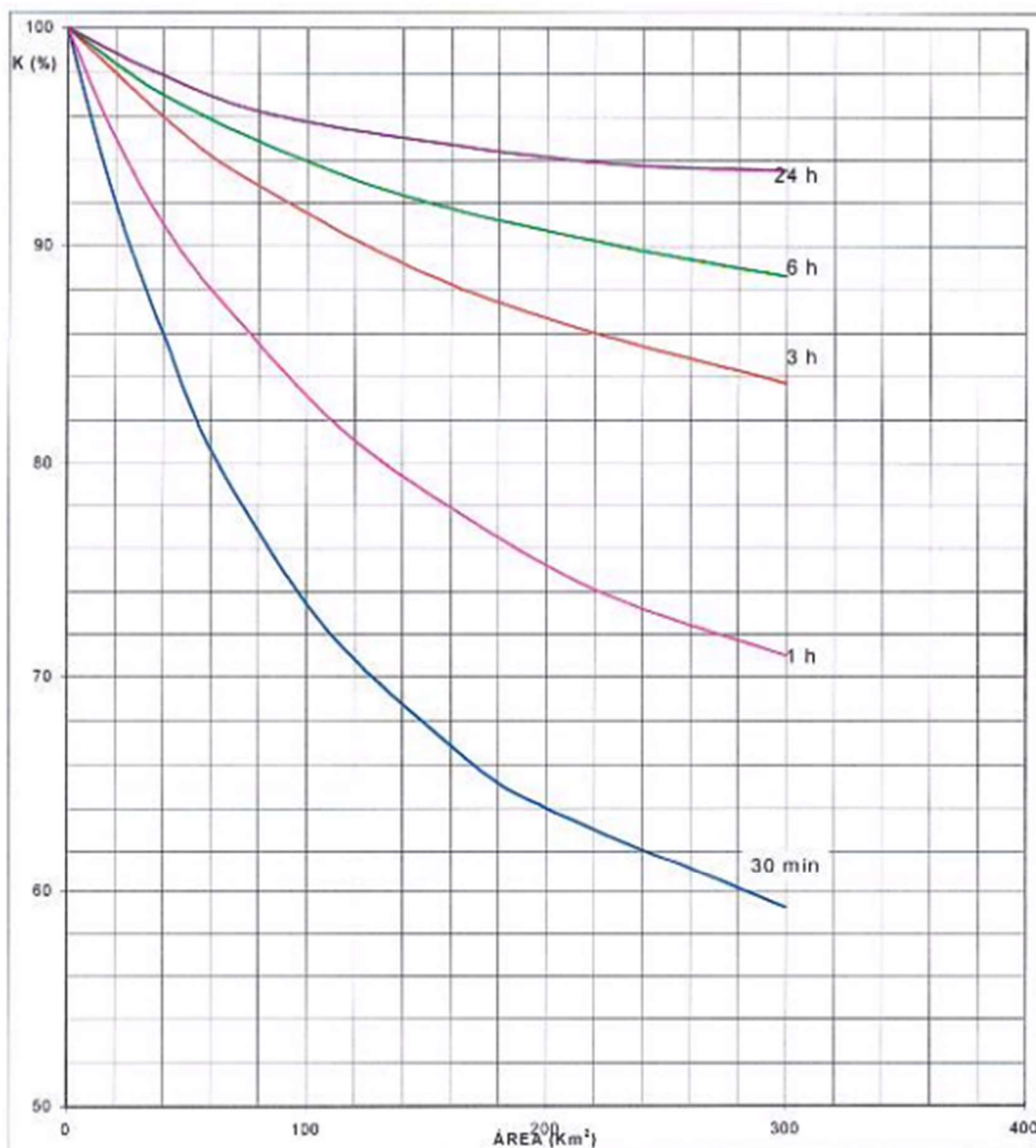
USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada Urbanização futura	0,50	0,70
Área parcialmente urbanizada Urbanização moderada	0,35	0,50
Área predominantemente de planta- ções, pastos, etc Urbanização atual	0,20	0,35

Fonte: (DAAE, 2005).

Para a situação atual da bacia, o valor de C adotado foi de 0,45 considerando uma área parcialmente urbanizada. Já para a situação futura da bacia, o valor de C adotado foi de 0,60 considerando uma área totalmente urbanizada.

O coeficiente de distribuição espacial da chuva (K) é um coeficiente de redução necessário, pois a chuva de projeto determinada para um ponto específico na área da bacia não é a chuva que cai em toda sua área (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999). Esse valor é obtido através do ábaco da figura 19.

Figura 19: Ábaco para determinação do coeficiente K.



Fonte: (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Após o cálculo da vazão de cheia, realizou-se o cálculo da vazão de base, a qual representa o escoamento mantido pela água subterrânea dos aquíferos para quando não há precipitação de chuva.

Para o cálculo, considera-se 10% da vazão de cheia, conforme equação (09).

$$Q_b = 0,10 \times Q_c \quad (09)$$

Por fim, com a somatória da vazão de cheia e vazão de base determinou-se a vazão de projeto que corresponde a máxima vazão da bacia, de acordo com equação (10).

$$Q_p = Q_c + Q_b \quad (10)$$

A partir da vazão de projeto obtida, foi realizado o dimensionamento da canalização.

3.3.1 Intensidade da chuva crítica

Segundo o DAAE (2006), para realizar a definição da intensidade da chuva é necessário analisar sua duração, pois os fenômenos mais intensos são raros e ocorrem de forma rápida. O tempo de concentração também deve ser observado, pois a chuva crítica será aquela que durar o mesmo tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial.

A Intensidade da chuva crítica para cidade de São Carlos é calculada pela equação IDF (intensidade - duração - frequência) representada abaixo pela equação (11).

$$i = \frac{33.358,903 TR^{-0,202}}{(t + 43)^{1,458TR^{-0,07}}} \quad (11)$$

Em que:

i = Intensidade da Chuva (mm/h);

TR = Período de Retorno (ano);

t = Tempo de concentração (min).

3.3.1.1 Tempo de concentração

De acordo com o DAAE (2006), o tempo de concentração (t_c) é o tempo que a água demora a percorrer a distância entre dois pontos, sendo o ponto mais distante até o ponto de controle.

No presente estudo, o tempo de concentração é obtido pela equação (12), fórmula essa recomendada pelo DAEE.

$$tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (12)$$

em que:

tc= tempo de concentração (min);

ΔH = desnível do talvegue do rio (m);

L = comprimento do talvegue do rio (km).

3.3.1.2 Período de retorno

O período de retorno representa o intervalo de tempo em que a chuva ou a vazão utilizada no dimensionamento será superada em um ano qualquer (DAAE, 2005).

A tabela 6 mostra os valores recomendados pelo DAAE para a consideração do período de retorno para cada tipo de obra e seção geométrica

Tabela 6: Valores recomendados para o coeficiente T

OBRA	SEÇÃO GEOMÉTRICA		TR (anos)	
			Área Urbana	Área Rural
Canalização	A céu aberto	Trapezoidal	50	(a)
		Retangular	100	
	Contorno fechado		100	
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	Qualquer		100	100 (b)
Borda livre (f)				
Canais a céu aberto: $f \geq 10\%$ da lâmina líquida de cheia (H_{TR}), com $f \geq 0,4$ m				
Canais em contorno fechado: $f \geq 0,2 H_{TR}$.				

Fonte: (DAAE, 2005).

Para a realização dos cálculos, foi considerado para canalização a céu aberto com seção retangular de concreto em área urbana TR = 100 anos.

3.4 DIMENSIONAMENTO DE CANAIS

Para o dimensionamento da canalização foi considerado um canal retangular de concreto e foram utilizadas as seguintes equações:

3.4.1 Equação da continuidade

Conforme o Capítulo 2 do guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas do DAAE (2006), a vazão pode ser encontrada através da equação abaixo (13), conhecida como Equação da Continuidade.

$$Q = A \times V \quad (13)$$

em que:

Q = Vazão (m³/s);

A = área molhada (m²);

v = velocidade (m/s).

Além disso, é possível obter o cálculo da velocidade através da Fórmula de Manning, expressa na equação (14)

$$v = \frac{1}{n} \times RH^{2/3} \times I^{1/2} \quad (14)$$

em que:

n = Coeficiente de rugosidade de Ganguillet e Kutter;

I = declividade do fundo do canal (m/m);

RH = raio hidráulico (m).

O valor do coeficiente n de rugosidade de Ganguillet e Kutter pode ser obtido pela tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes de Rugosidade de Manning (n)

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espaiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espaiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: (PORTO, 2006)

Para o cálculo da canalização, foi considerando um canal de concreto em boas condições, o valor de n adotado é de 0,14 conforme tabela.

A tabela 8 apresenta as velocidades máximas para canais remendados pelo DAAE (2006).

Tabela 8: Limites superiores para velocidades em canais.

REVESTIMENTO	V _{máx} (m/s)
Terra	1,5
Gabião	2,5
Pedra argamassada	3,0
Concreto	4,0

Fonte: (DAAE, 2006)

Já que o cálculo é para um canal com revestimento de concreto, a velocidade adotada para o dimensionamento foi de 4m/s, conforme recomendação.

Para a realização do dimensionamento foi utilizada uma combinação das fórmulas da continuidade e a de Manning, resultando na equação (15)

$$\frac{Q \times n}{I_o^{1/2}} = A \times Rh^{2/3} \quad (15)$$

Através dessa fórmula, foi possível realizar vários testes para a determinação de dimensões que mantivessem a igualdade.

O valor de folga adotado foi de 30% da lâmina d'água estimada para a cheia de projeto.

3.4.2 Raio Hidráulico

Segundo o DAAE (2006), o raio hidráulico de um canal é calculado pelo através da relação entre a área molhada e perímetro molhado, conforme equação (16). Os valores da área e perímetro utilizados no cálculo foram determinados utilizando as dimensões encontradas.

$$RH = \frac{A}{P} \quad (16)$$

em que:

RH= Raio hidráulico (m);

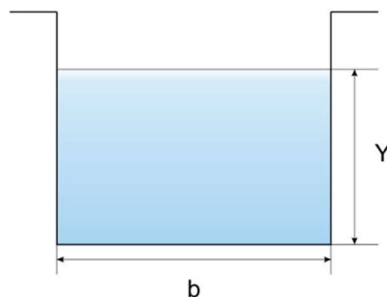
A= área molhada (m²);

P= perímetro molhado (m).

3.4.2.1 Área molhada

A área molhada é a área útil de escoamento numa seção transversal, na figura 20 é representada pelo retângulo azul (água).

Figura 20: Área molhada



Fonte: (HIDROUVA, 2019)

A área molhada é calculada pela equação (17) descrita abaixo:

$$A = b \times Y \quad (17)$$

Em que:

A = área molhada (m²);

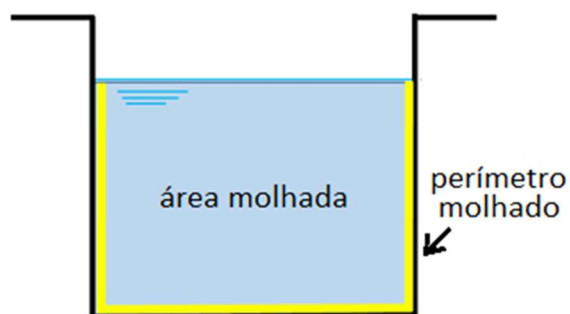
b = largura da base (m);

Y = profundidade da lâmina de água (m).

3.4.2.2 Perímetro molhado

O perímetro molhado é o perímetro em corte transversal do canal que está em contato entre o conduto e o líquido. Na figura 21, o perímetro molhado está destacado em amarelo. Considera-se sempre somente a parede e o fundo do canal, visto que a superfície não está em contato com o conduto.

Figura 21: Perímetro molhado



Fonte: (VIANA, 2019)

O perímetro molhado é calculado pela equação (18) descrita abaixo:

$$P = b + 2Y \quad (18)$$

Em que:

P= Perímetro molhado (m);

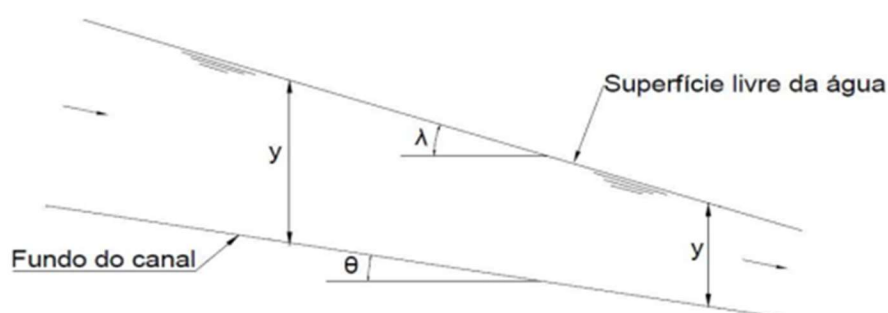
b = largura da base (m);

Y = profundidade da lâmina de água (m).

3.4.3 Declividade de fundo

A declividade de fundo é a tangente do ângulo de inclinação do fundo do canal, conforme figura 22. Pode ser expressa em m/m ou em percentagem.

Figura 22: Elementos geométricos da seção longitudinal dos canais.



Fonte: (GUEDES, 2018)

Segundo o DAAE (2006), pode ser determinada pela equação (19)

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (19)$$

Em que:

Δh = diferença entre cotas de montante e jusante (m);

L = comprimento (m).

A declividade também pode ser encontrada utilizando a fórmula de Manning (14).

$$v = \frac{1}{n} \times RH^{2/3} \times I^{1/2} \quad (14)$$

Nos cálculos realizados, a declividade foi calculada para a situação futura e atual da urbanização considerando uma velocidade de 4m/s.

Finalizando os cálculos de dimensionamento, foi analisado os resultados para o período atual e futuro de urbanização e determinado as melhores dimensões para o canal.

4 RESULTADOS

Os cálculos do coeficiente de forma tiveram os seguintes resultados descritos na tabela 9.

Tabela 9: Resultados coeficientes de forma.

Coeficientes de forma da bacia				
Equações	Considerações		Resultados	Conclusão
Coeficiente de compacidade (K_c) $K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	P =	10,80 Km	1,25	Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes.
	A =	5,85 Km ²		
Índice de circularidade (I_c) $I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	P =	10,80 Km	0,63	Bacia tem tendencia mediana-alta a grandes enchentes.
	A =	5,85 Km ²		
Fator de forma (K_f) $K_f = \frac{A}{L^2}$	L =	4,00 Km	0,37	Bacia apresenta menor tendência a enchentes.
	A =	5,85 Km ²		
Índice de conformação (I_{co}) $I_{co} = \frac{A}{L^2}$	L =	4,00 Km	0,37	Bacia apresenta tendência baixo-mediana a enchentes.
	A =	5,85 Km ²		

De acordo com os resultados obtidos, pode-se confirmar a necessidade de um dimensionamento adequado visto a tendência mediana-alta a grandes enchentes.

O cálculo do dimensionamento da canalização foi realizado considerando a situação atual e futura da urbanização.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA CANALIZAÇÃO CONSIDERANDO SITUAÇÃO ATUAL DA URBANIZAÇÃO

Considerando a situação atual da urbanização foi encontrado a vazão de projeto descrita na tabela 10.

Tabela 10: Dimensionamento - Urbanização Atual

Dimensionamento - Urbanização Atual			
Equações	Considerações		Resultados
Tempo de concentração (tc) $tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385}$	L =	4,0 Km	49,57 min
	$\Delta h =$	92,0 m	
Intensidade da chuva crítica (i) $i = \frac{33358,903 \times TR^{-0,202}}{(tc + 43)^{1,458 \times TR^{-0,07}}}$	TR =	100,0 anos	110,20 mm/h
	tc =	49,6 min.	
Fator de forma (F) $F = \frac{L}{2 \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0,5}}$	L =	4,0 Km	1,47
	A =	5,9 Km ²	
Coeficiente de forma da bacia (C1) $C1 = \frac{4}{(2 + F)}$	F =	1,47	1,15
Coeficiente da bacia (C) $C = \frac{2}{(1 + F)} \times \frac{C2}{C1}$	C1 =	1,15	0,32
	C2 =	0,45	
	F =	1,47	
Vazão de cheia (Qc) $Qc = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K$	C =	0,32	47,03 m ³ /s
	i =	110,20 mm/h	
	A =	5,9 Km ²	
	K =	99,0	
Vazão de base (Qb) $Qb = 0,10 \times Qc$	Qc =	47,03 m ³ /s	4,70 m ³ /s
Vazão de projeto (Qp) $Qp = Qb + Qc$	Qb =	4,70 m ³ /s	51,73 m ³ /s
	Qc =	47,03 m ³ /s	

Através da vazão de projeto, é possível determinar os valores de largura e de altura da canalização descritos na tabela 11.

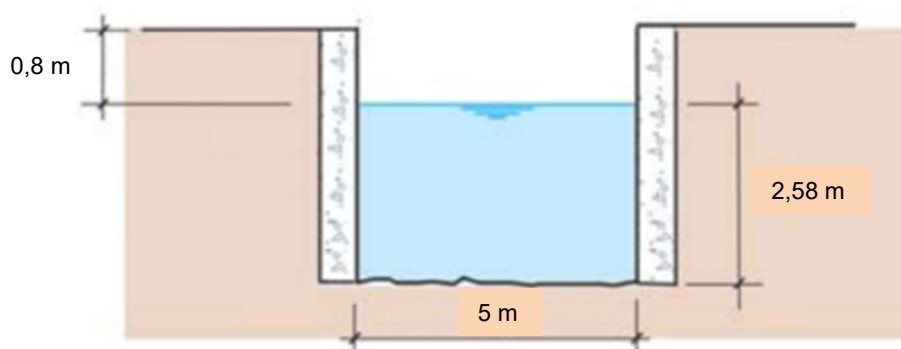
Tabela 11: Dimensões adotadas – Urbanização Atual

Dimensões - Urbanização Atual						
Cálculo para dimensões	Considerações		Igualdade	Dimensões		
$\frac{Q \times n}{I_o^{1/2}} = A \times Rh^{2/3}$	Q =	51,73 m ³ /s	$\frac{Q \times n}{I_o^{1/2}} =$ 15,17	b =	5	m
	n =	0,014		$A \times Rh^{2/3} =$ 15,13	h =	2,58
	lo =	0,00228 m/m				
	A =	12,90 m ²				
	Rh =	1,269685 m				

Para esse resultado foi realizado o cálculo da declividade de fundo considerando a velocidade de 4m/s e o raio hidráulico determinado para esse dimensionamento, de modo que o dimensionamento fique mais adequado para a velocidade e vazão dessa situação.

Na figura 23 pode-se observar a ilustração do dimensionamento adotado.

Figura 23: Ilustração do dimensionamento adotado – Urbanização Atual



O valor da folga é dado por 30% de h. Nesse dimensionamento foi adotado 80 cm de folga.

Para a situação de uma área parcialmente urbanizada, uma canalização com 5 m de largura de 3,38 m de altura é o suficiente para suportar a vazão de cheia.

4.2 DIMENSIONAMENTO DA CANALIZAÇÃO CONSIDERANDO SITUAÇÃO FUTURA DA URBANIZAÇÃO

Considerando a situação futura da urbanização, foi encontrado a vazão de projeto descrita na tabela 12.

Tabela 12: Dimensionamento - Urbanização Futura.

Dimensionamento - Urbanização Futura			
Equações	Considerações		Resultados
Tempo de concentração (tc) $tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385}$	L =	4,0 Km	49,57 min
	$\Delta h =$	92,0 m	
Intensidade da chuva crítica (i) $i = \frac{33358,903 \times TR^{-0,202}}{(tc + 43)^{1,458 \times TR^{-0,07}}}$	TR =	100,0 anos	110,20 mm/h
	tc =	49,6 min.	
Fator de forma (F) $F = \frac{L}{2 \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0,5}}$	L =	4,0 Km	1,47
	A =	5,9 Km ²	
Coeficiente de forma da bacia (C1) $C1 = \frac{4}{(2 + F)}$	F =	1,47	1,15
Coeficiente da bacia (C) $C = \frac{2}{(1 + F)} \times \frac{C2}{C1}$	C1 =	1,15	0,42
	C2 =	0,60	
	F =	1,47	
Vazão de cheia (Qc) $Qc = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K$	C =	0,42	62,70 m ³ /s
	i =	110,20 mm/h	
	A =	5,9 Km ²	
	K =	99,0	
Vazão de base (Qb) $Qb = 0,10 \times Qc$	Qc =	62,70 m ³ /s	6,27 m ³ /s
Vazão de projeto (Qp) $Qp = Qb + Qc$	Qb =	6,27 m ³ /s	68,97 m ³ /s
	Qc =	62,70 m ³ /s	

Através da vazão de projeto, é possível realizar o cálculo e determinar os valores de largura e altura da canalização descritos na tabela 13.

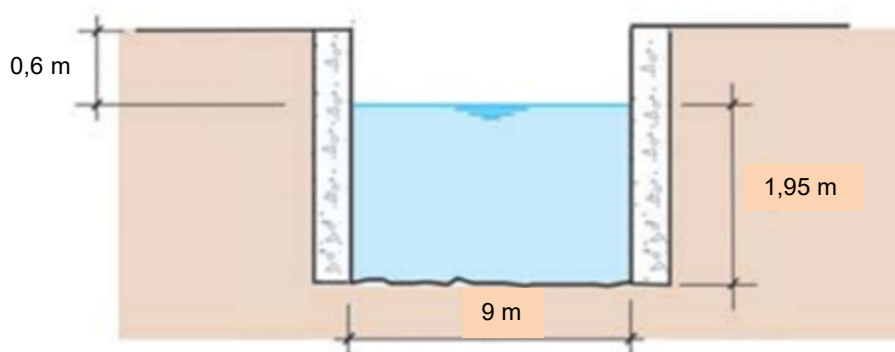
Tabela 13: Dimensões adotadas – Urbanização Futura

Dimensões - Urbanização Futura						
Cálculo para dimensões	Considerações		Igualdade		Dimensões	
$\frac{Q \times n}{I_o^{1/2}} = A \times Rh^{2/3}$	Q =	68,97 m ³ /s	$\frac{Q \times n}{I_o^{1/2}} =$	21,56	b =	9 m
	n =	0,014			$A \times Rh^{2/3} =$	21,55
	lo =	0,0020055 m/m				
	A =	17,55 m ²				
Rh =	1,3604651 m					

O valor da folga é dado por 30% de h. Nesse dimensionamento foi adotado 60 cm de folga e foi considerado lo = 0,0020055 m/m devido a diferença no cálculo do raio hidráulico.

Na figura 24 pode-se observar a ilustração do dimensionamento adotado.

Figura 24: Ilustração do dimensionamento adotado – Urbanização Futura



Para as duas situações analisadas, não houveram alterações no tempo de concentração e intensidade de chuva crítica, já que foi considerado um período de retorno de 100 anos para os cálculos desse dimensionamento.

É importante destacar que para canalizações urbanas a céu aberto, deve-se evitar grandes profundidades. A altura máxima limite é de 4 m devido ao custo elevado com escavação e segurança.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente trabalho tem o objetivo de melhorar as ocorrências de enchentes na região do córrego do Mineirinho. Conforme destacado nos resultados dos coeficientes de forma, temos a necessidade de realizar o dimensionamento da canalização visto que de acordo com os parâmetros de interpretação dos resultados a bacia tem tendência mediana-alta a grandes enchentes.

Pode-se observar uma grande diferença no dimensionamento realizado para situação atual e futura da urbanização. Isso se dá devido ao valor do coeficiente de escoamento (C), essa variável depende da existência de solo e vegetação nos entornos da bacia. Quanto mais próximo a 1, maior será o escoamento superficial, devido a menor quantidade de área permeável nos arredores do córrego, resultando no aumento da vazão.

Para ambos os casos, considerando a vazão obtida para cada tipo de urbanização em função do coeficiente de escoamento e da velocidade adotada para canais de concreto, foi realizado o cálculo da declividade de fundo para cada um dos dimensionamentos com o objetivo de adequar o canal para a velocidade e vazão para cada situação.

Através dos cálculos apresentados, verificou-se um dimensionamento adequado para a vazão de projeto, a qual abrange a vazão de cheia juntamente com a vazão de base, proporcionando segurança e redução na tendência de enchentes.

O dimensionamento deve ser realizado sempre para o caso mais desfavorável analisado. Sendo assim, é recomendado que a canalização seja adotada conforme o dimensionamento para urbanização futura, considerando altura da lâmina líquida de 1,95 m, folga de 60 cm, a largura e a altura do canal será de 9 m e 2,55 m, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AMORIM, LIA MARTUCCI DE. **OCUPAÇÃO DE FUNDOS DE VALE EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO: CÓRREGO DO MINEIRINHO, SÃO CARLOS, SP.** Orientador: PROF. DR. JOÃO SÉRGIO CORDEIRO. 2004. 232 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA, São Carlos/SP, 2004.

BARGOS, Profa. Dra. Danúbia Caporusso. Caracterização de Bacias Hidrográficas. **Caracterização de Bacias Hidrográficas**, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019.

BENINI, R de. M. MENDIONDO, E. M. MARTIOLI, C & TONISSI, F. B. **Cenários ambientais visando a mitigação de enchentes decorrentes da implantação do campus II - USP, São Carlos - SP.** Anais: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2004.

BENINI, Rubens de Miranda; MENDIONDO, Eduardo Mario. Floresta e Ambiente. **Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho**, [s. l.], 2015.

BRESSIANI, D.A. **Hidrologia urbana: discussão do fenômeno, comparação Brasil e EUA e aplicação do modelo a Chicago.** 2010. 97p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CDCC, C. DE D. C. E C. **Base Cartográfica do município de São Carlos (SP)**, 2013. Disponível em: <<http://www.cdcc.usp.br/>>.

DAAE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). **Aplicações práticas: Capítulo 3 Determinação da Vazão de Projeto.** [S. l.: s. n.], 2006.

DAAE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). **Hidrologia e Hidráulica: Conceitos básicos e metodologias**: Capítulo 2 Hidráulica de canais, travessia e barramentos. [S. l.: s. n.], 2006.

FREITAS, Denise; SANTOS, Silvia Aparecida Martins. **ATLAS. HISTÓRICO SOCIOAMBIENTAL DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DE SÃO CARLOS - SP**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://cdcc.usp.br/wp-content/uploads/sites/512/2021/01/05-atlas-final.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

GUEDES, Hugo Alexandre Soares. **Condutos Livres em Regime Uniforme (Canais). Condutos Livres em Regime Uniforme (Canais)**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2018/12/Canais.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

HIDROUVA. **Cálculo da vazão em canais**. Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2019. Disponível em: http://hidrouva.com.br/02_VAZAO.html. Acesso em: 12 set. 2022.

IBGE (São Carlos/SP). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>. Acesso em: 4 out. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Deslizamentos e Inundações do Município de São Carlos, SP**: relatório técnico. São Carlos, 2015.

KIM, Viviane Jin Hee; GALBETTI, Marcus Vinícius; BRANDÃO, João Luiz Boccia; SCHALCH, Valdir. BrazilianJournal of Development. **Análise de fórmulas de Tempo de Concentração (TC) de uma bacia em urbanização: um estudo da Bacia do Mineirinho (São Carlos-SP)**, [s. l.], 2019.

LIMA, Altieris Porfírio; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Revista Brasileira de Climatologia_. **ANÁLISE DE EPISÓDIOS DE ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES URBANAS NA CIDADE DE SÃO CARLOS A PARTIR DE NOTÍCIAS DE JORNAL**, São Carlos/SP, 2014.

LIMA, Maria Cecília Pedro Bom. Processos urbanos em São Carlos, SP. **Duas bacias hidrográficas, dois momentos**, [s. l.], 2017. Disponível em: http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sessoes_Tematicas/ST%204/ST%204.8/ST%204.8-06.pdf. Acesso em: 16 ago. 2022.

LIMA, Maria Cecilia Pedro Bom; SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins. Revista LABVERDE. **ESTUDO DE INFRAESTRUTURA VERDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MONJOLINHO, SÃO CARLOS, SP**, [s. l.], v. 9, ed. 1, março 2018.

MENDES, Heloisa Ceccato; MENDIONDO, Eduardo Mario. **Histórico da Expansão Urbana e Incidência de Inundações: O Caso da Bacia do Gregório, São Carlos - SP**. 1. ed. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos: [s. n.], 2006. 10 p. v. 12. Disponível em: http://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/21/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf. Acesso em: 16 ago. 2022.

MÜLLER, V.C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area New York: Virginia and Tennessee**. Dept. of Geology. n. 3, p. 30, 1953

PALARETTI, Prof. Luiz Fabiano. **BACIA HIDROGRÁFICA. Notas de Aula – Manejo de Bacias Hidrográficas**, FCAV/UNESP, [20-?].

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EESC-UPS, 2006. 540 p. ISBN: 85-7656-084-4.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO. Diretrizes de Projeto de Hidráulica e Drenagem: DP-H06 **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos- Método de "I-PAI-WU"**. [S. l.: s. n.], 30 de Junho 1999.

REDAÇÃO SÃO CARLOS AGORA. **Há um ano, São Carlos enfrentava uma das piores enchentes de sua história**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/ha-um-ano-sao-carlos-sofria-uma-das-piores-enchentes-de-sua-historia/142405/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

REGIÃO de Governo de São Carlos. [S. l.], 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_de_Governo_de_S%C3%A3o_Carlos. Acesso em: 17 ago. 2022.

SÃO CARLOS AGORA. **Governo do Estado reconhece emergência de São Carlos.** São Carlos, 2020. Disponível em: <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/governo-do-estado-reconhece-estado-de-emergencia-de-sao-carlos/122596/>. Acesso em: 22 ago. 2022.

São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas.** DAAE, 2005.

SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins; PERES, Renata Bovo. URBANIZAÇÃO E SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES NA CIDADE DE SÃO CARLOS. **PROCESSOS HISTÓRICOS E ALTERNATIVAS CONTEMPORÂNEAS NA CONSTRUÇÃO DE UM TERRITÓRIO**, [s. l.], 2016. Disponível em: <http://quapa.fau.usp.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/03/Urbaniza%C3%A7%C3%A3o-e-SEL-na-cidade-de-S%C3%A3o-Carlos.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, Geisy Candido; SILVA, Fabio Leandro; PRINTES, Liane Bieh; SANTINO, Marcela Bianchessi da Cunha. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA MICROBACIA DO CÓRREGO MINEIRINHO, SÃO CARLOS-SP**, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/VIII-067.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

STANGANINI, Fábio Noel; LOLLO, José Augusto. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015. **O avanço da degradação ambiental**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/JvMqH7837GprwMhNd6pVsYw/?format=pdf&lang=pt>. > Acesso em: 16 ago. 2022.

TARPANI, Raphael Ricardo Zepon; BRANDÃO, João Luiz Boccia. Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS). **Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho – São Carlos/SP**, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, [20-?].

VIANA, Dandara. **Águas pluviais: dimensionamento de calhas**. Guia da Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/aguas-pluviais/>. Acesso em: 12 set. 2022.