

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

ANA LUIZA CHICCA PICCIARELLI

Caracterização da dinâmica de alterações no uso e cobertura do solo e implicações sobre o escoamento superficial em bacias urbanas no município de São Carlos - SP

São Carlos
2022

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DE ALTERAÇÕES NO USO E
COBERTURA DO SOLO E IMPLICAÇÕES SOBRE O ESCOAMENTO
SUPERFICIAL EM BACIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS - SP

Aluna: Ana Luiza Chicca Picciarelli

Orientador: Marcelo Montaña

Monografia apresentada ao curso de
graduação de Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

SÃO CARLOS
2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

C587c Chicca Picciarelli, Ana Luiza
Caracterização da dinâmica de alterações no
uso e cobertura do solo e implicações sobre o
escoamento superficial em bacias urbanas no município
de São Carlos - SP / Ana Luiza Chicca Picciarelli;
orientador Marcelo Montañó. São Carlos, 2022.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2022.

1. Serviços Ecossistêmicos. 2. Bacias
Hidrográficas. 3. Drenagem Superficial. 4. Estudo
Hidrológico. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Ana Luiza Chicca Picciarelli**

Data da Defesa: 22/12/2022

Comissão Julgadora:

Resultado:

Marcelo Montaña (Orientador(a))

APROVADA

José Eduardo Matheus Evora

APROVADA

Edimilson Rodrigues dos Santos Junior

APROVADA



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades, bênçãos e milagres. À Nossa Senhora e Santa Rita pela intercessão nos momentos difíceis da minha vida e pela inspiração de uma vida humilde, santa e devota.

Aos meus pais Simone e Fernando pelo incentivo, apoio e dedicação na criação e no investimento da nossa educação, por todo o amor e carinho e sacrifício que fizeram pelo nosso bem e nossa felicidade. Agradeço também meus familiares que acreditaram em mim e me apoiaram em toda a minha trajetória e nos momentos difíceis, em especial pelas minhas tias e avós que sempre rezaram por mim.

Ao Pedro Henrique por ter sido sempre um exemplo de ser irmão, profissional e ser humano na minha vida.

À Ana Júlia, minha alma gêmea, pelo apoio, pelo companheirismo, pela irmandade, pela ajuda na escrita e correção do trabalho e por ser meu orgulho.

Às minhas amigas Isabella, Ana Flávia, Catarina e Laura pelas diversas experiências divididas, pelos momentos de estudo, de trabalho, de festa, de alegria, por terem dividido comigo o fardo de alguns sofrimentos durante a graduação e desafios da vida. Por terem me acolhido em seus corações e terem se tornado a melhor parte desses 5 anos aqui em São Carlos.

À Beatriz Gandolfi pela ajuda no trabalho e pelo carinho sempre.

Ao Bruno Gandolfi pelos incontáveis momentos de felicidade, apoio, companheirismo e incentivo. Pelo carinho, dedicação, ajuda nas planilhas e na formatação do trabalho. Pelo imenso amor que você me dá sempre.

À professora Valéria e à minha amiga Mariana, pelo carinho, pelo incentivo, pela inspiração e pela amizade.

Ao professor **Marcelo Montaña** pela orientação, pelo incentivo e pelos conselhos.

Ao Edmilson pela ajuda nos momentos desesperados.

A todos os professores, funcionários e colegas da Universidade de São Paulo pela participação na minha formação.

RESUMO

O presente trabalho visa estudar a dinâmica ambiental relacionada à drenagem das microbacias dos córregos Santa Maria do Leme, Tijuco Preto, Gregório, Mineirinho e Água Quente, além das APREM do Ribeirão Feijão e do Monjolinho através da construção de hidrogramas unitários, bem como relacionar as diferentes percepções da paisagem urbana e a ocupação da mesma. Além disso, o trabalho visa estudar a dinâmica da drenagem urbana e os impactos gerados pela expansão urbana no Município de São Carlos. O processo de urbanização, a mudança no uso e ocupação do solo relaciona-se diretamente à percepção social perante a paisagem e o meio ambiente. Dessa forma, a relação entre o homem e a natureza e o processo de produção de espaço urbano é diretamente influenciado pela dinâmica do sistema capitalista, que percebe o meio como recurso para a produção de capital. Os elementos naturais, percebidos como obstáculos ao desenvolvimento e expansão urbana, são negligenciados, portanto. Diante disso, diversos problemas urbanos surgem, como os de drenagem urbana que geram riscos sociais e ambientais. Dessa forma, faz-se necessário estudar as diferentes microbacias e APREM, a fim de construir um panorama realista dos comportamentos de drenagem das microbacias no município, além de pontuar a importância da criação de leis que visam a proteção e recuperação de áreas relevantes aos serviços ecossistêmicos. Através da construção dos hidrogramas foi possível constatar diferentes pontos de pico de vazão e de comportamento de drenagem de acordo com os diferentes usos, bem como com as áreas de drenagem de cada bacia, com a tendência de curvas mais acentuadas em áreas mais impermeáveis, devido à grande expansão urbana.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos, bacias hidrográficas, drenagem superficial, estudo hidrológico.

ABSTRACT

The present work aims to study the environmental dynamics related to the drainage of the Santa Maria do Leme, Tijuco Preto, Gregório, Mineirinho and Água Quente, as well as the APREM Ribeirão Feijão and Monjolinho through the construction of water hydrograms and the relation to the different perceptions of the urban landscape and the occupation of it. In addition, the work aims to study the dynamics of urban drainage and the impacts generated by urban expansion in the municipality of São Carlos. The urbanization process, the change in land use and occupation is directly related to social perception of the landscape and the environment. Thus, the relationship between human and nature and the process of urban space production is directly influenced by the dynamics of the capitalist system, which perceives the environment as a resource for capital production. Natural elements, perceived as obstacles to urban development and expansion, are neglected, therefore. That said, several urban problems arise, such as urban drainage that generate social and environmental risks. Therefore, it is necessary to study the different hydrograms in order to build a realistic panorama of watery drainage behaviors in the municipality, as well as punctuating the importance of the creation of laws aimed at the protection and recovery of areas relevant to ecosystem services. Through the construction of hydrograms it was possible to find different points of maximum flow and drainage behavior according to the different soil uses, as well as the drainage areas of each basin, with the trend of more sharp curves in more impermeable areas, due to the great urban expansion.

Keywords: ecosystem services, watersheds, superficial drainage, hydrological study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Limites Planetários	27
Figura 2 - Distribuição de HUFF	49
Figura 3 - Discretização do hidrograma, segundo Jain e Srinivasulu (2006)	55
Figura 4 - Localização das microbacias do Rio do Monjolinho	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos períodos de retorno

44

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização do município de São Carlos no estado de São Paulo	28
Mapa 2 - Classes de solo no município de São Carlos, SP.	29
Mapa 3 - Uso e ocupação do solo no município de São Carlos - 1985	33
Mapa 4 - Uso e ocupação do solo no município de São Carlos - 2021	34
Mapa 5 - Localização da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme	50
Mapa 6 - Topografia da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme	51
Mapa 7 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Santa Maria do Leme	52
Mapa 8 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Santa Maria do Leme	55
Mapa 9 - Localização da microbacia do Córrego do Tijuco Preto	58
Mapa 10 - Topografia da microbacia do Córrego do Tijuco Preto	59
Mapa 11 - Uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego do Tijuco Preto	60
Mapa 12 - Uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego do Tijuco Preto	62
Mapa 13 - Localização da microbacia do Córrego do Gregório	65
Mapa 14 - Localização do trecho do Córrego do Gregório	66
Mapa 15 - Topografia da microbacia do Córrego do Gregório	67
Mapa 16 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Gregório	67
Mapa 17 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Gregório	71
Mapa 18 - Localização da microbacia do Córrego do Mineirinho	74
Mapa 19 - Topografia da microbacia do Córrego do Mineirinho	75
Mapa 20 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Mineirinho	76
Mapa 21 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Mineirinho	78
Mapa 22 - Localização da microbacia do Córrego da Água Quente	81
Mapa 23 - Topografia da microbacia do Córrego da Água Quente	82
Mapa 24 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Quente	83
Mapa 25 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Quente	85
Mapa 26 - Localização da APREM do Ribeirão Feijão	89
Mapa 27 - Topografia da APREM do Ribeirão Feijão	90
Mapa 28 - Uso e ocupação do solo da APREM do Ribeirão Feijão	90
Mapa 29 - Uso e ocupação do solo da APREM do Ribeirão Feijão	93
Mapa 30 - Localização da APREM do Monjolinho	96
Mapa 31 - Topografia da APREM do Monjolinho	96
Mapa 32 - Uso e ocupação do solo da APREM do Monjolinho	98
Mapa 33 - Uso e ocupação do solo da APREM do Monjolinho	101

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Balanço do uso e ocupação do solo no município de São Carlos	34
Gráfico 2 - Gráfico das curvas IDF para São Carlos - SP	40
Gráfico 3 - Distribuição de HUFF com 50% de probabilidade para cada quartil	43
Gráfico 4 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme (2021)	53
Gráfico 5 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme (2021)	54
Gráfico 6 - Balanço do uso e ocupação do solo (Santa Maria do Leme)	55
Gráfico 7 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme (1985)	56
Gráfico 8 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme (1985)	57
Gráfico 9 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto (2021)	61
Gráfico 10 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto (2021)	62
Gráfico 11 - Balanço do uso e ocupação do solo (Tijuco Preto)	63
Gráfico 12 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto (1985)	64
Gráfico 13 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto (1985)	64
Gráfico 14 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório (2021)	69
Gráfico 15 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório (2021)	70
Gráfico 16 - Balanço do uso e ocupação do solo (Gregório)	71
Gráfico 17 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório (1985)	72
Gráfico 18 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório (1985)	73
Gráfico 19 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho (2021)	77
Gráfico 20 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho (2021)	78
Gráfico 21 - Balanço do uso e ocupação do solo (Mineirinho)	79
Gráfico 22 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho (1985)	79
Gráfico 23 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho (1985)	80
Gráfico 24 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente (2021)	84
Gráfico 25 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente (2021)	85
Gráfico 26 - Balanço do uso e ocupação do solo (Água Quente)	86
Gráfico 27 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente (1985)	87
Gráfico 28 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente (1985)	88
Gráfico 29 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão (2021)	92
Gráfico 30 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão (2021)	93
Gráfico 31 - Balanço do uso e ocupação do solo (APREM Ribeirão Feijão)	94
Gráfico 32 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão (1985)	94
Gráfico 33 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão (1985)	95
Gráfico 34 - Hidrograma da APREM do Monjolinho (2021)	99
Gráfico 35 - Hidrograma da APREM do Monjolinho (2021)	100
Gráfico 36 - Balanço do uso e ocupação do solo (APREM Monjolinho)	101
Gráfico 37 - Hidrograma da APREM do Monjolinho (1985)	102
Gráfico 38 - Hidrograma da APREM do Monjolinho (1985)	103
Gráfico 39 - Comparação dos hidrogramas das microbacias (2021)	104
	10

Gráfico 40 - Comparação dos hidrogramas das APREM (2021)	105
Gráfico 41 - Comparação dos hidrogramas das microbacias (1985)	106
Gráfico 42 - Comparação dos hidrogramas das APREM (1985)	106

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS HIDROLÓGICOS	16
2.1. Um panorama geral das raízes da urbanização atual	16
2.2. O conceito de paisagem e a mudança na percepção da mesma	18
2.3. A construção do meio ambiente urbano	21
2.4. A crise planetária e a importância do estudo local sobre os efeitos da urbanização	23
2.5. Conceitos relacionados aos serviços ecossistêmicos hidrológicos com foco na drenagem urbana	24
3. CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE SÃO CARLOS	27
3.1. Características ambientais da região e análise de condicionantes geológico geotécnicos	27
3.2. Processo de ocupação e urbanização de são carlos	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1. O estudo Hidrológico	36
4.2. Distribuição temporal: HUFF (1967)	39
4.3. Hidrograma Unitário - SCS	44
4.4. Hidrograma de projeto - SCS	45
4.5. Hidrograma de projeto	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ÁREAS DE ESTUDO	49
5.1. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Santa Maria do Leme	50
5.2. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Tijuco Preto	57
5.3. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Gregório	65
5.4. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho	73
5.5. Microbacia Hidrográfica do Córrego da Água Quente	80
5.6. APREM do Ribeirão Feijão	88

5.7. APREM do Monjolinho e Microbacia Hidrográfica do Córrego do Espraiado	95
5.8. Comparação dos Hidrogramas	103
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	117
ANEXO A - Planilhas do Hidrograma Mineirinho	118
ANEXO B - Planilhas do Hidrograma Santa Maria do Leme	120
ANEXO C - Planilhas do Hidrograma Gregório	122
ANEXO D - Planilhas do Hidrograma Tijuco Preto	124
ANEXO E - Planilhas do Hidrograma APREM Ribeirão Feijão	126
ANEXO F - Planilhas do Hidrograma Água Quente	128
ANEXO G - Planilhas do Hidrograma Monjolinho	130
ANEXO H - Dados de entrada dos Hidrogramas	132

1. INTRODUÇÃO

A expansão urbana, como discute Johan Rockström et al (2009) no artigo '*A safe operating space for humanity*' trouxe consigo consequências em escala planetária, as quais afetam a própria sobrevivência e existência humana no planeta Terra.

Em escala menor, pode-se perceber ao longo dos anos a mudança no uso e ocupação do solo no Município de São Carlos atrelada à forma que a urbanização da mesma foi sendo tecida. Juntamente às mudanças paisagísticas no espaço das cidades, a percepção dos elementos da mesma tomou diferentes interpretações ao longo da história e da construção do território. A percepção da paisagem construiu-se e desconstituiu-se juntamente às camadas da cidade.

A urbanização e a mudança na percepção da paisagem podem influenciar em diversas características da cidade, como a drenagem urbana. O foco do trabalho é analisar e realizar um estudo preliminar que relaciona o uso e ocupação de algumas microbacias do Município de São Carlos com a drenagem urbana da mesma, visando comparar a influência da expansão urbana na escala das microbacias.

Além disso, o estudo sobre a construção do espaço urbano abre espaço para a discussão da disponibilidade e importância dos serviços ecossistêmicos relacionados ao sistema de drenagem nas cidades, bem como analisar alternativas interdisciplinares para que haja harmonia entre a convivência dos serviços com a cidade.

Para a confecção do estudo, foram construídos hidrogramas pelo método SCS *Soil Conservation Service* para o estudo do comportamento de drenagem nas bacias, mapas de uso e ocupação do solo, localização e topografia utilizando SIG (Sistema de Informação Geográfica), com auxílio dos dados fornecidos pela Coleção 7 de uso e ocupação do solo do Mapbiomas.

2. OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS HIDROLÓGICOS

2.1. Um panorama geral das raízes da urbanização atual

A imprescindibilidade do meio hídrico fez com que as primeiras civilizações surgissem ao seu entorno. A partir daí, constitui-se uma relação homem natureza que, acima de tudo, prezava respeito, pois sabia-se da vitalidade do solvente universal.

Segundo Faber (2011, p.24), as grandes civilizações surgiram de pequenas cidades às margens de rios como Nilo que foi necessário para o desenvolvimento do Egito; Jordão, rio que originou as civilizações de Israel; Tigre e Eufrates que deram subsídios às civilizações do Iraque e Kuwait. Além dessas grandes civilizações, a Índia e a China também surgiram a partir das margens dos rios Indo e Ganges (Índia) e Amarelo e Azul (China).

Os cursos hídricos foram os responsáveis pela sedentarização do homem. Segundo Doberstein (2010) sobre o Egito antigo, estima-se que a partir de 10000 a.C, os humanos já se instalavam nas margens dos rios que formam a Crescente Fértil e começavam a implantar algumas técnicas da agricultura. A convivência com a água transformou o modo de vida humano que anteriormente era nômade, e sedentário o, que permitiu que a agricultura fosse desenvolvida, aldeias fossem construídas e, que a engenharia hidráulica começasse a ser pensada.

Os rios foram fundamentais para o desenvolvimento da agricultura e de comunidades que, naturalmente, gravitam as férteis planícies adjacentes aos rios em regiões de clima quente e árido. O controle e o desvio do escoamento dos rios impulsionaram a formação das primeiras cidades localizadas numa região conhecida como “Fertile Crescent” ou Crescente Fértil. (ALMEIDA, 2010, p.42)

Segundo Doberstein (2010), avalia-se que a descoberta da agricultura foi um acontecimento imprevisível separado por etapas que contavam com a observação. Depois de um certo tempo da descoberta da agricultura nas terras férteis, calcula-se

que o homem teve a ideia de fazer diversas represas de água e de distribuí-la para terrenos mais distantes formando um sistema de canais de irrigação. A utilização da água aumentava cada vez mais.

A relação entre a sociedade e os rios é intensa e harmoniosa e inclui a atividade agrícola e a dinâmica periódica das inundações do Nilo. Os rios foram importantes não só para a sobrevivência, mas também foram fundamentais no desenvolvimento dos valores sociais. A história dos rios é a história da humanidade.

Ao mesmo tempo em que os rios se constituem no espelho de uma dada sociedade, ele é da mesma forma o reflexo das diferenciações espaço-culturais, sendo que numerosas sociedades fundaram seus valores permanentes e fundamentais sobre suas águas. (BETHEMONT, 1993 apud ALMEIDA, 2010, p.43)

A criação do sistema de canais aumentou a extensão da agricultura e a produção de alimentos, criando excedentes. O aumento da oferta de alimento permitiu o crescimento da população, além disso, a quantidade de alimentos que sobrava da produção começou a ser comercializada com outros povos vizinhos. A partir disso, houve uma consequente divisão do trabalho e o surgimento do Estado (FABER, 2011, p.24).

As civilizações antigas, atribuíam aos rios muito poder, os adoravam e louvavam, ficavam indefesos diante de seus dinamismos. A partir daí, foram criados mitos, valores, metáforas e superstições relacionados a alguns cursos hídricos. A forma como a sociedade se relaciona com os rios varia de acordo com a técnica, as condições geográficas, a influência religiosa, entre outros (2004 apud ALMEIDA, 2010).

A partir da criação da moeda, o berço da economia começou a transformar o modo de vida da população que se constituía às margens da água. Os interesses econômicos se sobrepuseram aos ambientais e, foi a partir de então que a negligência hídrica tornou-se evidente.

O surgimento do Estado e da divisão do trabalho geraram a necessidade de criação da moeda que regularizou o valor de qualquer serviço prestado ou produto trocado. Desta forma, a desigualdade de bens ficou ainda mais evidente. Assim, a

moeda além de representar poder e reger o modo de vida da população, passou a definir o valor de qualquer valor (ALMEIDA; CARVALHO, 2010).

A negligência ambiental intensificou-se após a Revolução Industrial, que além de explorar os recursos hídricos, utilizou diversos outros recursos ambientais a favor do desenvolvimento da tecnologia em prol da economia. As cidades evidenciam os efeitos da exploração, da materialização dos recursos naturais e da valorização do setor econômico que trouxeram consigo problemas ambientais e sociais ligados à segregação social e ao encobrimento dos recursos hídricos (POTT; ESTRELA, 2017).

2.2. O conceito de paisagem e a mudança na percepção da mesma

A paisagem é um conceito de complexo entendimento por conta de sua dinamicidade. A projeção da paisagem reflete os gostos e modas de uma época na sociedade, refletindo em si a observação objetiva do espaço, a visualidade, assim como a conceituação filosófica do espaço. Segundo Leite (1992) a paisagem modifica-se ao passo que transformações ocorrem no campo da arte e da ciência, sendo dependente do valor atribuído a esses campos em determinado momento. Dessa forma, além da importância das modificações na noção de paisagem, tem-se que a própria capacidade de compreensão da essência da mesma modifica-se constantemente.

Diante dos conceitos de paisagem e da análise da mudança da percepção da mesma, diversos autores trouxeram consigo a temática da paisagem urbana, integrada à temática da infraestrutura urbana. O paisagista norte-americano Frederick Law Olmsted trouxe consigo, no início do século XX, pautado nas propostas europeias da construção de redes de espaços verdes e sistemas de parque por Jean Claude Nicolas Forestier, a paisagem como a união do desenvolvimento humano e do local no ordenamento do território (SCHENK, 2008).

Pensar o planejamento da paisagem implica em trazer a metodologia construída pelo arquiteto paisagístico escocês Ian L. McHarg, que também influenciado por teorias de Olmsted escreveu o livro *“Design with Nature”* onde a construção dos projetos urbanísticos pautam-se nas relações de processos naturais e socioculturais dos locais, levando em consideração as potencialidades e as fragilidades de cada território, bem como os possíveis impactos sobre o mesmo.

Desta forma, McHarg desenvolve estratégias adaptativas, levando em consideração as características de cada local a fim de minimizar os impactos e promover o desenvolvimento urbano (SANT'ANNA, 2020).

O início do surgimento das cidades estabeleceu uma relação humana com a natureza, principalmente com os recursos hídricos, uma vez que as ocupações sociais se deram inicialmente às margens dos rios. Entretanto, a relação entre a natureza e a sociedade mudou ao longo do processo de urbanização, até se tornar algo a ser consumido, que necessita ser dominado, escondido, sobreposto, retificado, a fim de abrir espaço para o desenvolvimento humano (SANT'ANA, 2020).

As abordagens urbanísticas características da maioria das cidades até o século XX, tratam os serviços provenientes da natureza, imprescindíveis ao bom desempenho social, econômico e ecológico das cidades, como bens a serem consumidos e seus dejetos descartados para além dos limites do território urbano. As relações de equilíbrio necessárias entre urbanização e natureza são desprezadas, seja no manejo de recursos naturais, na expansão sobre as áreas de caráter ambiental e sociocultural, seja na concepção das infraestruturas alternativas. (SANT'ANA, 2020, p.29)

Em prol do desenvolvimento humano, da máxima ocupação e expansão das cidades, foram realizadas alterações nos locais menos favoráveis à urbanização em termos ambientais. Diante disso, rios perderam suas formas, sendo retificados, canalizados, o solo perdeu sua característica, sendo impermeabilizado, as encostas foram ocupadas e a dinâmica ecológica foi fragmentada. Todas essas intervenções repercutem na dinâmica das cidades, especialmente na alteração da paisagem, modificando suas características, a forma que a população a observa, a percebe e se utiliza dela (SANT'ANA, 2020).

A dinâmica entre os rios e as cidades evidenciam a relação e a mudança da percepção social diante da paisagem. O início da criação das cidades foi apenas possível pelos recursos hídricos que subsidiaram o processo de sedentarização do homem. A água, assim como a paisagem e os demais recursos ambientais de forma geral, foi sendo vista de diferentes formas ao longo dos séculos, de acordo com o estilo de vida das comunidades e dos paradigmas constituídos.

Os corpos hídricos acabam por refletir significados, símbolos, percepções e representações que foram registrados por diversas obras de arte ao longo da

história, mostrando uma determinada visão e uso para um definido curso hídrico. Os rios e córregos modificam e também são modificados, sendo que essa interação é dialética, pois é ao mesmo tempo natural e cultural; orgânica e artificial. (ALMEIDA, L, 2010, p.32).

Os rios são ambientes naturais e culturais. São estruturas vivas e, por isso, mutantes. As águas correntes, nas suas diversas escalas, têm sua importância no desenho da paisagem e, nesse sentido, a compreensão dos cursos d'água é fundamental. Os rios, assim como córregos, riachos, são caminhos de água doce que buscam, pelo equilíbrio hidrostático, um nível mais baixo no relevo. Através desse processo, conectam e interagem com diversos tipos de ambientes, desenhando-os ao longo da topografia dos terrenos. (ALMEIDA, L, 2010, p.32).

A partir da urbanização das cidades, os rios foram ganhando novas percepções e como regra foram negligenciados e encobertos, principalmente com a ascensão da engenharia sanitária no fim do século XX, que pensava apenas em domesticar os rios, acabar com a mata ciliar e liberar suas margens para a construção de avenidas que trariam o “progresso” para as cidades. Por consequência dos processos de industrialização e urbanização, intensificados principalmente a partir de 1960, os rios e córregos foram sinônimos de receptor de resíduos, canalização, retificação e ocultação dos cursos hídricos. (ALMEIDA, L, 2010).

No Brasil, de forma geral e com poucas exceções, os rios urbanos são desvalorizados pela sociedade, em razão de uma óptica cartesiana de adaptar a Natureza aos interesses econômicos. Assim, rios se tornam canais, conduto de esgotos e resíduos sólidos, ou seja, recebem tudo o que a cidade não deseja; e transformam-se em ambientes degradados, marginalizados e negados pela cidade. (ALMEIDA, L, 2010, p.84).

Em São Paulo, a negligência dada aos rios não foi diferente, foi até mesmo intensificada já que a metrópole era ainda mais vista como “zona de progresso”. No estado de São Paulo, principalmente na capital, o investimento no rodoviarismo, com foco no transporte individual, e o lucro foram preferencialmente escolhidos e os rios,

imprescindíveis à vida, tornaram-se um problemáticos (FERRAZ,C. Entre Rios, 2011).

Além disso, os rios que cortam as cidades são utilizados como receptáculo de tudo o que é descartado pela sociedade, ela mesma baseada no consumismo e no utilitarismo. Esses ambientes, normalmente, são negados pela cidade já que se tornaram áreas desvalorizadas pela mesma sociedade que os degradaram, os confinaram em canais de concreto, ou simplesmente os ocultaram da paisagem, tornando-os subterrâneos e simples elementos do sistema de drenagem urbana. (ALMEIDA; CARVALHO, 2010).

Dessa forma, a marginalização do significado e da função dos rios na cidade foi um processo construído junto ao ambiente urbano, o que resultou nos problemas relacionados aos rios dentro das cidades atualmente, isto é, drenagem, disponibilidade hídrica ou até mesmo a qualidade das águas que nele escoam.

2.3. A construção do meio ambiente urbano

O conceito de meio ambiente urbano pode ser introduzido, uma vez que traz consigo o resultado material, histórico e territorial das relações de produção e de consumo. A forma de produção e do consumo modificam-se de acordo com o tempo, o espaço, a disponibilidade dos bens e das práticas de gestão e produção. Assim, a transformação do meio ambiente urbano depende do valor econômico e social atribuído aos bens construídos, bem como de sua acessibilidade, associados ao valor atribuído aos elementos que dão sustentação aos sistemas ambientais no território. Pode-se dizer, portanto, que o espaço urbano é o local das relações entre todos os aspectos do ambiente, a degradação e a proteção (GOULART, 2005).

O conceito de meio ambiente urbano traz consigo as relações de poder na sociedade, que codificam o significado do meio, trazendo o sentido e os valores do mesmo, justificando as ações sociais e políticas implementadas no mesmo. (ZHOURI, 2007).

De acordo com Harvey (2005) o crescimento do modelo capitalista influencia a estrutura espacial das cidades de forma a estruturar o espaço urbano em uma configuração segregacionista, homogênea e fragmentada, assim, o capital apresenta-se refletido na paisagem urbana.

Lefebvre (2006) por sua vez, traz consigo o conceito de espaço integrado ao mental, cultural, social, histórico constituído de formas diferentes de acordo com o processo de descoberta e ocupação de espaços, além da própria organização espacial da própria sociedade. Além disso, o autor ressalta a negligência no modo de produção de espaço, onde a construção de espaços homogêneos ocorre de forma segregacionista devido ao capitalismo e à modernidade, de forma que a produção de falsos espaços conjuntos incentivem a fragmentação e segregação dos espaços na cidade.

O estudo da produção do espaço urbano permite a compreensão de grande parte dos problemas da cidade, como a natureza da segregação urbana, onde o direito à cidade só tem quem tem recursos para pagar por isso. (Maricato, 2015).

De modo complementar, os conceitos de meio ambiente urbano relacionam-se às mudanças da percepção da paisagem dentro das cidades, que traz consigo a modificação das relações entre homem e natureza. Dentro do meio urbano, o distanciamento entre o homem e a natureza é evidenciado pela tentativa de organizar um espaço ordenado pelo homem, diante da “desordem” propiciada pela natureza, transformando as formas orgânicas e sinuosas, desmatando, ocultando, retificando e encobrindo (MONTEIRO, 2008).

Segundo Jatobá (2011), há uma relação direta entre a urbanização e o meio ambiente, uma vez que a concentração e a densidade dos centros urbanos foi crescendo, posterior ao terceiro terço do século XX, os impactos ambientais surgiram e desencadearam problemas ambientais e urbanos.

Além disso, a relação entre a vulnerabilidade e a ocupação de espaço pode ser evidenciada por conta do processo de fragmentação do espaço urbano, observado pela instalação de comunidades sem condições financeiras em locais desvalorizados, muitas vezes, locais de risco.

Como se percebe, a problemática das questões ambientais urbanas, a transformação constante da produção de espaço urbano, traz consigo consequências sociais e, a partir da intensificação da urbanização o conceito de vulnerabilidade tanto do ambiente como da sociedade foi introduzido aos meios urbanos.

2.4. A crise planetária e a importância do estudo local sobre os efeitos da urbanização

Além das consequências locais da vulnerabilidade de diversas formas geradas pela urbanização e pela negligência dos recursos naturais, é importante entender sobre a crise planetária relacionada aos efeitos em larga escala da urbanização.

Rockstrom et al (2009) abordam a existência de limites ambientais planetários que, se ultrapassados, causariam mudanças sobre os limites planetários que se transpassados causam mudanças ambientais inaceitáveis. Os autores fundamentam seus argumentos a partir do reconhecimento de que as forças e pressões transformadoras do planeta, em escala geológica, são decorrentes muito mais das atividades de origem antrópica do que propriamente dos sistemas naturais. Como resultado, atribuem à atual era geológica o nome de Antropoceno.

O desenvolvimento da indústria, a ampla utilização de combustíveis fósseis, e as tecnologias em diversas áreas trouxeram consigo um desequilíbrio na própria capacidade de regulação das condições ambientais do planeta durante o Holoceno e, isso tem o potencial de gerar mudanças irreversíveis à variáveis ambientais e, conseqüentemente, ao desenvolvimento humano na Terra. Diante disso, são apresentados limites planetários que definem um espaço seguro para que as ações humanas respeitem a operacionalidade do sistema da Terra.

Por meio da análise realizada, chegou-se à conclusão de que a humanidade está próxima a exceder os limites impostos para a mudança no uso e ocupação do solo, para a acidificação dos oceanos e na interferência do ciclo do fósforo. Além disso, segundo os limites planetários propostos, o de mudanças climáticas, perda da biodiversidade e de interferência no ciclo de nitrogênio já foram ultrapassados (ROCKSTRÖM, Johan et al., 2009).

Figura 1 - Limites Planetários

PLANETARY BOUNDARIES				
Earth-system process	Parameters	Proposed boundary	Current status	Pre-industrial value
Climate change	(i) Atmospheric carbon dioxide concentration (parts per million by volume)	350	387	280
	(ii) Change in radiative forcing (watts per metre squared)	1	1.5	0
Rate of biodiversity loss	Extinction rate (number of species per million species per year)	10	>100	0.1-1
Nitrogen cycle (part of a boundary with the phosphorus cycle)	Amount of N ₂ removed from the atmosphere for human use (millions of tonnes per year)	35	121	0
Phosphorus cycle (part of a boundary with the nitrogen cycle)	Quantity of P flowing into the oceans (millions of tonnes per year)	11	8.5-9.5	-1
Stratospheric ozone depletion	Concentration of ozone (Dobson unit)	276	283	290
Ocean acidification	Global mean saturation state of aragonite in surface sea water	2.75	2.90	3.44
Global freshwater use	Consumption of freshwater by humans (km ³ per year)	4,000	2,600	415
Change in land use	Percentage of global land cover converted to cropland	15	11.7	Low
Atmospheric aerosol loading	Overall particulate concentration in the atmosphere, on a regional basis	To be determined		
Chemical pollution	For example, amount emitted to, or concentration of persistent organic pollutants, plastics, endocrine disrupters, heavy metals and nuclear waste in, the global environment, or the effects on ecosystem and functioning of Earth system thereof	To be determined		

Boundaries for processes in red have been crossed. Data sources: ref. 10 and supplementary information

Fonte: ROCKSTRÖM (2009)

Dessa forma, foram apresentadas evidências de uma crise planetária ambiental que afeta diretamente não só o futuro dos recursos naturais no planeta, mas da humanidade. Isso ocorre pois, com a apresentação de que três das barreiras planetárias propostas foram ultrapassadas, é preciso entender que muitas vezes os processos e disponibilidades dos recursos relacionam-se e são influenciados uns pelos outros. Dessa forma, faz-se necessário entender e estudar os processos naturais que asseguram a eficiência dos serviços ecossistêmicos, bem como defender e analisar as medidas protetivas a eles.

2.5. Conceitos relacionados aos serviços ecossistêmicos hidrológicos com foco na drenagem urbana

Os serviços ecossistêmicos são funções ecológicas que resultam em benefícios proveitosos para os seres humanos, a partir do meio ambiente. O início dessa abordagem dada aos serviços ecossistêmicos remonta à década de 1970,

quando houve o interesse de aumentar o nível de compreensão perante os temas de conservação e biodiversidade (Gómez-Baggethun et al., 2013).

A identificação dos serviços ecossistêmicos traz consigo a possibilidade do estudo da quantificação da relevância dos ambientes na sociedade, além de estudar formas de mitigar os impactos causados por ações antrópicas ou naturais de forma específica. Os serviços ecossistêmicos são divididos em serviços de provisão, de regulação e culturais e, relacionam-se à provisão de água ou alimentos, regulação climática, circulação de nutrientes, realização de atividades de lazer ou culturais, ligadas ao turismo, por exemplo (DA SILVA et al, 2020).

Os serviços de provisão são os recursos obtidos a partir dos ecossistemas, como a água; os serviços de regulação relacionam-se à manutenção dos serviços ecossistêmicos como a manutenção da qualidade do ar, da água, sendo esses derivados das funções ecossistêmicas, que são segundo Cardinale et al. (2012), processos de controle do fluxo de energia, nutrientes e matéria orgânica em um ambiente como as interações entre os elementos naturais no ciclo da água; os serviços de suporte são aqueles que são necessários para a produção de outros serviços ecossistêmicos; os serviços culturais vinculam-se ao comportamento e os valores humanos (MEA, 2005).

A importância dada aos conceitos de bens e serviços ecossistêmicos é relacionada à consciência da relação entre a humanidade e os ecossistemas, evidenciada por Rockstrom ao analisar os efeitos das atividades humanas no meio ambiente. Dessa forma, a relação homem-natureza é também uma relação com os serviços ecossistêmicos, uma vez que a dinâmica entre as funções do ecossistema fornece recursos e serviços necessários para a sobrevivência humana. Dessa forma, faz-se necessário entender a influência das atividades humanas nos ecossistemas para a construção de instrumentos de gestão da conservação dos recursos naturais (PAUCHARD, A., AGUAYO, M., PEÑA, E. & URRUTIA, R., 2006).

. Assim, o conhecimento dos impactos das atividades antrópicas no ambiente, bem como nos processos ecossistêmicos fornece a base para a formulação de medidas protetivas do ambiente em escalas local e regional, a fim de garantir a manutenção e a provisão dos bens e serviços essenciais, não só à vida humana, mas aos demais organismos (CARPENTER & FOLKE, 2006; DIETZ, OSTROM & STERN, 2003).

O desenvolvimento urbano atrelado à conservação ambiental e aos serviços ecossistêmicos ainda é um desafio, principalmente em países subdesenvolvidos, onde a administração da política urbana restringe-se à questão construtiva habitacional e de equipamentos urbanos. A sensibilização acerca da dinâmica ecológica, bem como a relação dos serviços ecossistêmicos com as necessidades humanas no ambiente urbano é um passo importante para a implementação da gestão sustentável no planejamento urbano e na administração das cidades, trazendo planos de recuperação, manejo, conservação e preservação a fim de assegurar a manutenção dos serviços ecossistêmicos (MUÑOZ; DE FREITAS, 2017).

Com relação à drenagem urbana, pode-se relacionar a alguns tipos de serviços ecossistêmicos. Os serviços de provisão, que referem-se ao abastecimento de recursos estão relacionados à capacidade dos ecossistemas de fornecerem águas subterrâneas e de superfície para os diferentes usos e destinos dispostos na CONAMA n° 357 de 2005, por exemplo (VEZZANI, 2015). Os serviços de regulação, por sua vez, relaciona-se aos ecossistemas e aos organismos vivos presentes neles, que têm a capacidade de amortecer danos naturais como de inundações, deslizamentos de terra, eventos externos extremos, por isso, são de grande importância para o controle da qualidade da água e no processo de degradação do meio (VEZZANI, 2015).

Pode-se relacionar também os serviços culturais, uma vez que trazem consigo a importância das paisagens naturais e construídas para a formação da identidade de comunidades locais, bem como contribuem para o sentido de pertencimento em diversas culturas. Dessa forma, o respeito prezado pelo ecossistema pelo serviço cultural que o mesmo presta evidencia uma relação homem-natureza distinta da comumente observada no processo de construção do ambiente urbano, o que também contribui para a expansão do impacto das atividades antrópicas que afetam as funções ecossistêmicas (VEZZANI, 2015).

Segundo Asah et al. (2014), a percepção das pessoas influencia nas atitudes que as mesmas têm sobre a continuação dos serviços prestados, dessa forma, quanto maior for o conhecimento sobre a dinâmica e os benefícios dos serviços ecossistêmicos para a comunidade, mais a desenvolverá atitudes que garantam sua continuidade.

Assim, métodos que evidenciam os processos de provisão de serviços ecossistêmicos, além de justificar instrumentos de gestão ambiental, subsidiam a mais clara percepção social acerca da relação das atividades antrópicas ou da mudança no uso e ocupação do solo na efetividade dos serviços. Dessa forma, relacionar o processo de urbanização das cidades com a dinâmica das funções ecossistêmicas traz consigo relevância na problemática da negligência dos recursos ambientais e na perda da percepção da relação homem-natureza.

3. CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE SÃO CARLOS

3.1. Características ambientais da região e análise de condicionantes geológico geotécnicos

As características físicas naturais são relevantes para os efeitos do processo de urbanização e organização dos espaços urbanos, assim como as características do clima local, a fim de planejar o comportamento pluvial, bem como atender as necessidades da população dentro da cidade sem que haja problemas condicionados pelas características naturais do local de ocupação. Entretanto, a formação das cidades brasileiras, quase que em sua totalidade não consideraram as características ambientais relevantes, o que trouxe consigo a formação de espaços urbanos em locais previamente vulneráveis a problemas ambientais (LIMA, 2012).

Segundo Lima (2012), as alterações no ambiente na cidade de São Carlos devido à mudança no uso e ocupação do solo resultaram em problemas não planejados nas fases iniciais de seu processo de expansão urbana, o que resultou em problemas socioambientais relacionados à vulnerabilidade a impactos ocasionados por problemas de drenagem urbana. Isso foi evidenciado em um estudo realizado em 2005 pela prefeitura municipal de São Carlos para a elaboração do Plano Diretor, que constatou que a ocupação de áreas inadequadas de mananciais e planícies de inundação resultou em problemas de drenagem no ambiente urbano.

O processo de urbanização pode provocar alterações sensíveis no ciclo hidrológico, principalmente sob os seguintes aspectos: aumento da precipitação; diminuição da evapotranspiração, como consequência da redução da vegetação; aumento da quantidade de líquido escoado; diminuição da infiltração da água devido à impermeabilização e compactação do solo; consumo de água superficial e subterrânea para consumo público, usos industriais e outros; mudanças no nível do lençol freático podendo ocorrer redução ou esgotamento do mesmo; maior erosão do solo e consequente aumento do processo de assoreamento das coleções superficiais da água; aumento da ocorrência de enchentes e poluição das águas superficiais e subterrâneas. A urbanização provoca alterações na drenagem das águas pluviais, resultando no aumento do volume de água escoada, bem como em um pico de vazão maior e de ocorrência mais rápida. Isto tem sido a causa dos problemas de cheias em muitas cidades (MOTA, 2003 apud LIMA, 2012, p.3).

O município de São Carlos está localizado na região central do estado de São Paulo, no planalto das Cuestas da Serra Geral a uma altitude média de 856 metros. O mesmo faz divisa com os municípios: Ibaté, Itirapina, Rincão, Analândia, Luiz Antônio, Brotas, Araraquara, Santa Lúcia, Descalvado, Américo Brasiliense e Ribeirão Bonito (LIMA, 2012). O clima de São Carlos é tropical de altitude com características de verão chuvoso e inverno seco (MONTEIRO, 1973).

Mapa 1 - Localização do município de São Carlos no estado de São Paulo

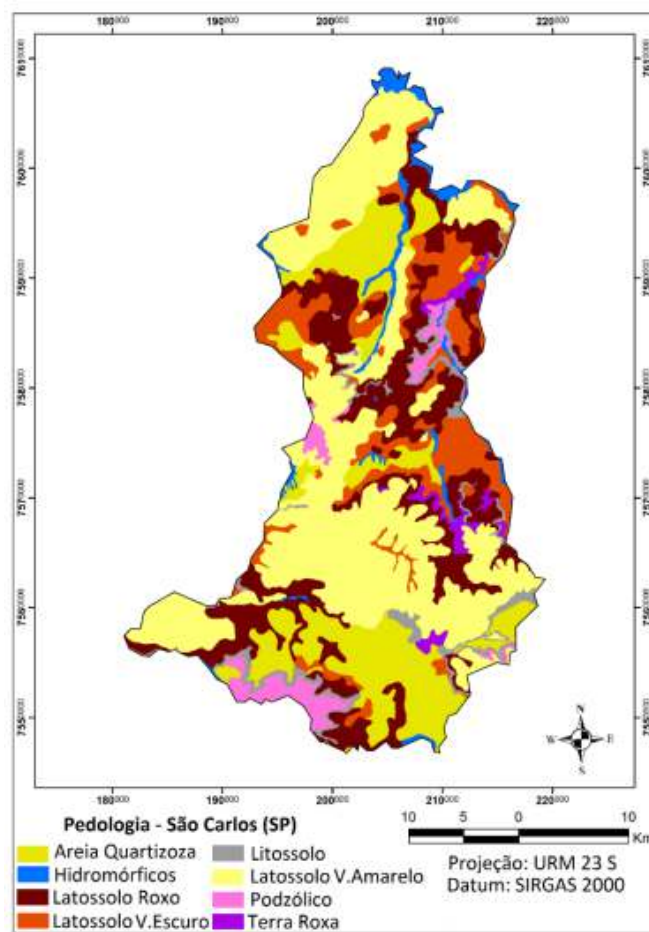


Fonte: A autora (2022).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a cidade de São Carlos apresenta uma área territorial de cerca de 1.136,907 km², com uma população estimada de 256.915 pessoas. A cidade apresenta alto grau de urbanização com potenciais industriais e agrícolas (TREVISAN, D. et al, 2018).

O relevo da cidade apresenta um ponto importante para o planejamento da expansão urbana, uma vez que a área urbana apresenta-se com altitudes inferiores. Com relação a podologia do município, o mesmo é coberto por cinco tipos de solo, com predominância de Latossolos.

Mapa 2 - Classes de solo no município de São Carlos, SP.



Fonte: Trevisan (2018)

3.2. Processo de ocupação e urbanização de São Carlos

O espaço geográfico se modificou conforme os processos de modernização e urbanização das cidades, acarretando em transformações no padrão de uso e ocupação do solo e que podem impactar negativamente com diferentes aspectos naturais existentes, ressaltando a relação da vegetação, hidrologia e geomorfologia associadas as complexas cidades contemporâneas. (BURSZTYN, 2001, p180).

A urbanização decorrente no Brasil apresenta as tendências e as problemáticas da ocupação do solo, que ocorre de forma desigual em uma mesma cidade, diferenciando-se não somente pelo uso, mas por questões econômicas, políticas e sociais. Segundo Lacerda (2005), as cidade médias e metrópoles apresentam graves problemas no meio urbano e periurbano, uma vez que tais cidades desenham-se de forma dispersa pela território, resultando em vazios

urbanos, e baixa densidade demográfica em detrimento a outras regiões da mesma cidade, mas mesmo assim, possuindo um rápido processo de expansão, consumo de território e recursos naturais.

Os interesses privados predominantes interferem diretamente nas diretrizes urbanísticas, e nas tendências de crescimento das cidades, negligenciando as questões sociais, territoriais e ambientais (ROLNIK, 2009, apud. COSTA et al., 2013, p. 65).

Assim, segundo Oliveira (2004), é fundamental a análise territorial observando não somente as estruturas urbanas, mas as ecológicas, a fim de prever estratégias de expansão ideais para o desenvolvimento sustentável, levantando em consideração também, o adensamento e os recursos naturais nesse espaço urbano.

O crescimento urbano, observado a partir do traçado da cidade de São Carlos, reflete a lógica de expansão das cidades brasileiras, refletindo uma densa ocupação próxima ao centro da cidade, áreas esquecidas no meio do caminho, com vazios urbanos e lotes à espera de valorização, e o crescimento contínuo de ocupações residenciais distantes do núcleo urbano (ROLNIK, 2003 apud SCHENK, L., 2013.)

A urbanização da cidade e ocupação afetam o território e os elementos presentes no espaço. No caso de São Carlos, os corpos de água parecem secundários, enquanto os elementos que predominam no meio urbano são as residências, que se voltavam para as ruas e davam as costas para os córregos. Assim, o processo de urbanização da cidade resultou na canalização de boa parte dos cursos hídricos, que passam despercebidos no espaço urbano, com exceção nos intensos períodos de chuvas, onde as enchentes acarretam inúmeros problemas de vulnerabilidade para os habitantes. (SOMEKH & CAMPOS, 2008 apud SCHENK, 2013.)

O crescimento da cidade de São Carlos foi um longo processo. Segundo Schenk (2013), em 1940, a cidade se mostrava compacta, com traçado ortogonal e homogêneo, e foi a partir da década seguinte que sua rápida expansão modificou o desenho urbano.

A inexistência de regras claras fez que surgissem os chamados “parcelamentos espontâneos” cujo processo de parcelamento não dependia da aprovação de órgão competente. Assim, a expansão físico-territorial da cidade teve como lógica uma ocupação não planejada com a implantação de loteamentos em

áreas descontínuas que beneficiam os interesses dos grandes donos de terras e a atuação especulativa do mercado imobiliário. (SECHENK, 2013. p.7)

A população cresceu significativamente, e posteriormente se instalou duas grandes universidades públicas, juntamente com outras instituições particulares.

Apesar do grande crescimento populacional, e das alterações na malha urbana da cidade, a preocupação com o planejamento e gestão da cidade surgiu apenas em 1960, com a elaboração do Plano Diretor e Código de Loteamentos, entretanto, visou-se o embelezamento da cidade em detrimento às problemáticas da desigual ocupação e processo de periferização. No ano de 1968 e 1970, novas discussões sobre o plano, que anteriormente não havia sido aprovado, abordou novas questões urbanísticas de São Carlos, promovendo mudanças para a regularização de alguns loteamentos, mudanças nos espaços periféricos, no zoneamento, dentre outras.

Entretanto, foi apenas no ano de 2001 que o Plano Diretor apresentou uma leitura diagnóstica de São Carlos, posterior a uma análise que percorreu quase três anos para o levantamento das informações pertinentes. A leitura desses dados levantou os impactos negativos dos processos especulativos de ocupação do solo e as relações inadequadas dos elementos ambientais e a ocupação urbana, tendo como consequências “degradação de áreas de preservação, formação de áreas de risco, baixa qualidade de águas urbanas, pressão antrópica nos mananciais, entre outras.” (SCHENK, 2013, p.9)

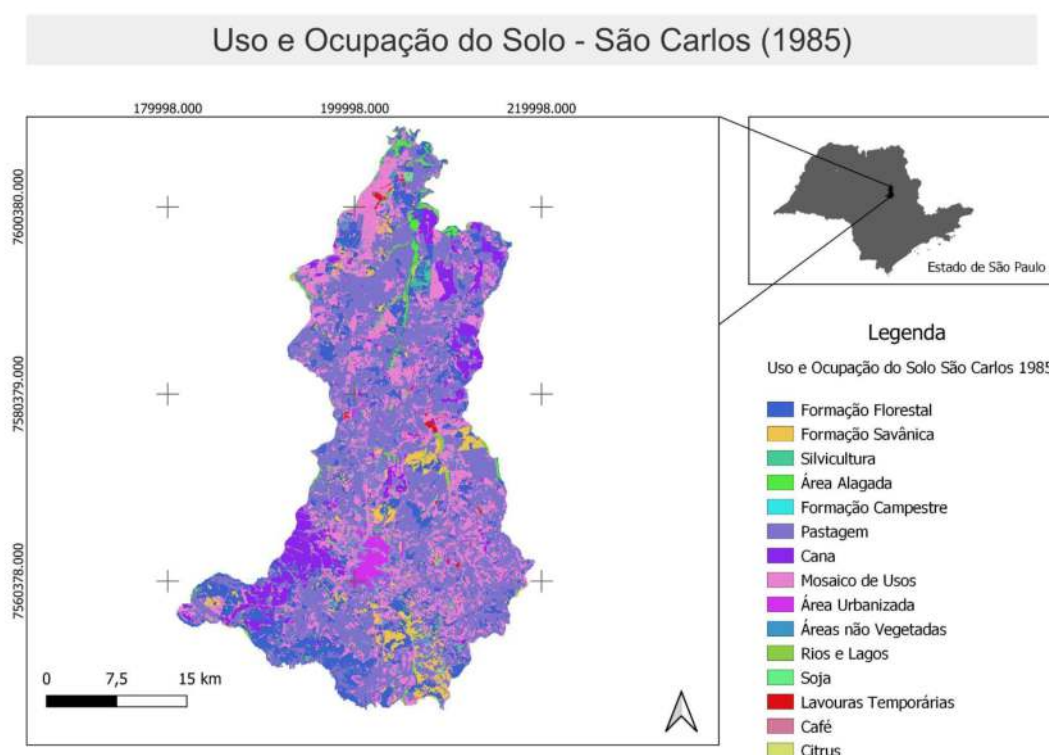
As condições do espaço urbano demonstraram o alto grau de vulnerabilidade deste território e as fragilidades ambientais estavam presentes em quase todas as direções da cidade: na direção Norte, havia a questão da transposição das Bacias Hidrográficas Tietê-Jacaré e Mogi-Guaçu, embora esta fosse a área de maior pressão especulativa e com demanda de expansão de condomínios fechados; na direção Leste, havia a presença das duas principais áreas de mananciais de abastecimento público da cidade; na direção Sul, havia um território com acentuados conflitos socioambientais, sofrendo pressões por novas ocupações de loteamentos populares e, por fim, a direção Oeste apresentava uma condição de relevo e topografia desfavorável. (SCHENK, 2013.)

O desigual processo de ocupação da cidade de São Carlos, acarretado pela acelerada urbanização, decorrente não somente nesta, mas em inúmeras cidades brasileiras, e o descaso com as políticas habitacionais urbanas, planejamento e

gestão da cidade, e a evidente negligência dos recursos naturais presentes no território, intensificada pelo crescimento e expansão desenfreada, levantam questões que necessitam ser analisadas na cidade para a melhor compreensão das relações e das problemáticas urbanas, e para propor soluções adequadas e efetivas.

Foram construídos mapas de uso e ocupação do solo com base nos dados do Mapbiomas para o ano de 2021 e 1985 a fim de fornecer um panorama comparativo da mudança no uso e ocupação do solo durante tal período de expansão urbana.

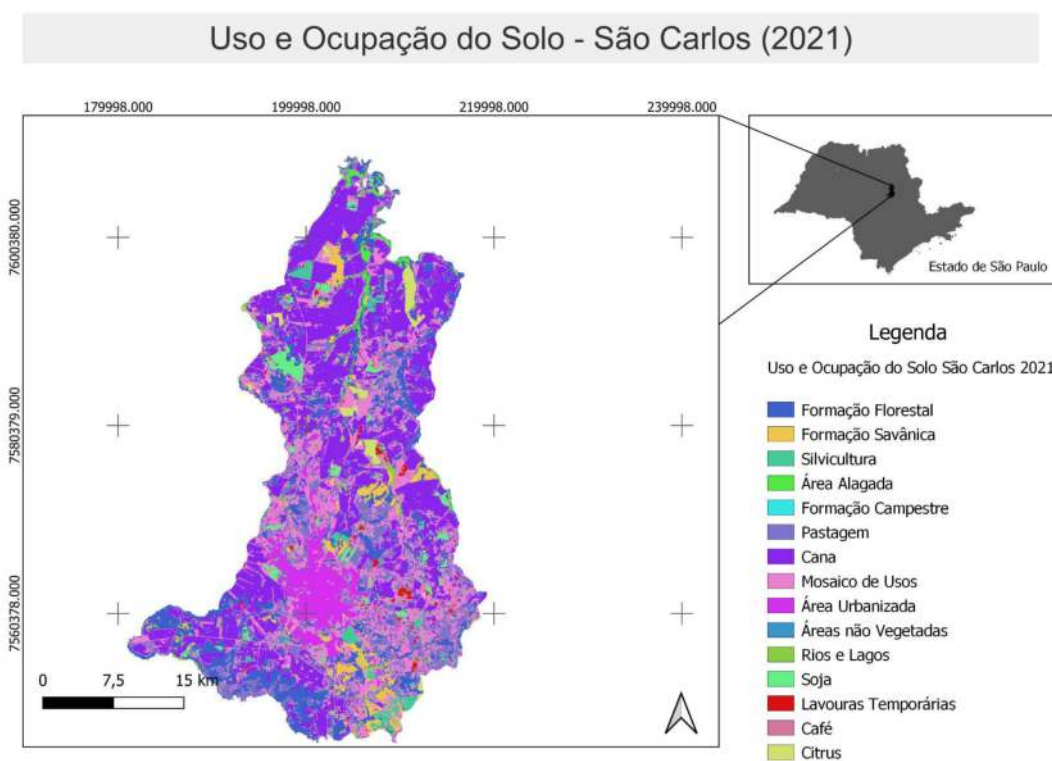
Mapa 3 - Uso e ocupação do solo no município de São Carlos - 1985



Fonte: A autora (2022)

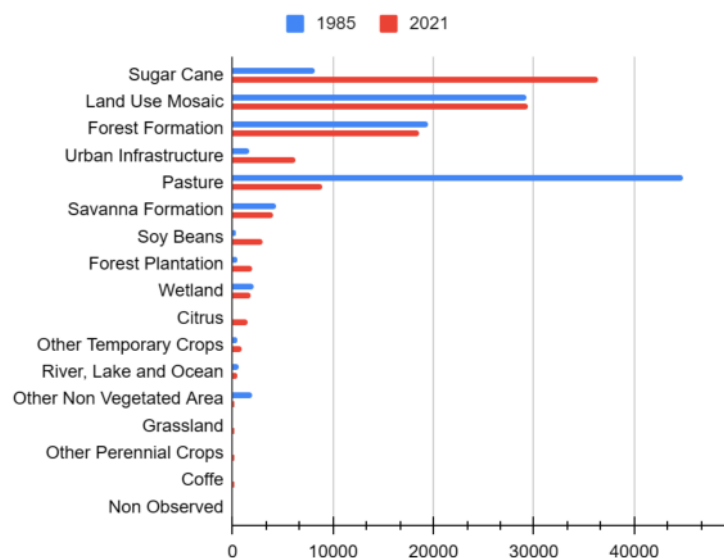
No ano de 1985 percebe-se visualmente uma área central urbanizada muito menor que no ano de 2021, bem como um espaço maior de espaços com formação vegetal. Foi realizado um balanço de áreas com base nos dados da coleção 7 do Mapbiomas para a construção de um gráfico de tendência dos usos do solo no município.

Mapa 4 - Uso e ocupação do solo no município de São Carlos - 2021



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 1 - Balanço do uso e ocupação do solo no município de São Carlos (1985 e 2021)



Fonte: A autora (2022)

Assim, a partir do balanço realizado, é possível perceber um aumento na área de pastagem, bem como formação campestre, significando o desflorestamento de grandes áreas de 1985 até 2021. Além disso, houve um aumento significativo da plantação de cana e de soja. Por fim, é possível observar que houve um crescimento na área urbanizada, evidenciando a expansão urbana durante o período brevemente analisado.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. O estudo Hidrológico

O processo de crescimento urbano do país oriundo do desenvolvimento industrial, principalmente entre 1950 e 1990, trouxe consigo a sobrecarga da infraestrutura urbana e, problemas relacionados à drenagem urbana começaram a ser comumente reportados. Assim, a falta de planejamento urbano e de mapeamento de riscos na ocupação das cidades ocasionou o crescimento urbano acelerado, onde as marginais de cursos hídricos foram ocupadas, e houve um aumento significativo de áreas impermeabilizadas (PAULINO, 2014). Dessa forma, a magnitude e a frequência da ocorrência de inundações aumentou devido ao também aumento de áreas impermeabilizadas no meio. O volume de infiltração de água nas bacias diminuiu, bem como o volume de escoamento e as vazões de pico aumentaram, devido à impermeabilização do solo (CANHOLI, 2005). Para justificar e demonstrar os efeitos da urbanização em cada bacia, é necessário entender o processo de precipitação e o comportamento da bacia diante de eventos chuvosos.

Além disso, a importância dos estudos hidrológicos se dá na busca de informações essenciais para a concepção de projetos voltados ao urbanismo, a fim de fundamentar o planejamento dos recursos hídricos, bem como subsidiar a compreensão da relação entre o uso e ocupação de solo em uma bacia e a drenagem urbana na mesma. Dessa forma, entender as variáveis hidrológicas e construir o hidrograma surgem como ferramentas que visam auxiliar na harmonia e no desenvolvimento espacial, de forma a entender os efeitos da ocupação nas bacias analisadas.

Segundo Tucci (1998) algumas aplicações dos estudos hidrológicos incluem a construção de um hidrograma de enchente a fim de estudar o risco de determinado local e para o controle de obras hidráulicas; a estimativa da disponibilidade hídrica de uma bacia e a simulação de sistemas hídricos para diversos usos. Assim, os modelos hidrológicos podem ser ferramentas que subsidiam discussões acerca de

situações reais observadas, bem como simulações de cenários em condições limites potenciais.

Existem diferentes métodos para o cálculo da precipitação excedente e geração do hidrograma de uma bacia. O método SCS foi desenvolvido pelo United States Department of Agriculture Soil Conservation Service em 1950 com a finalidade de estimar o escoamento superficial direto a partir dos eventos de precipitação. Além da simplicidade da aplicação desse tipo de método, visa avaliar a precipitação, o tipo e a cobertura do solo (PAULINO, 2014).

Alguns parâmetros devem ser observados para a construção dessas simulações (OYAMA, 2019), tais como: tempo de concentração, intensidade de chuva, precipitação, tempo de resposta, tempo de pico, tempo de base, vazão de pico, infiltração potencial máxima, infiltração inicial e precipitação efetiva.

Período de retorno (T_r)

O Período de retorno é definido como o intervalo médio de tempo no qual um evento de determinada magnitude é igualado ou superado, sendo representado em anos. É um parâmetro indispensável na construção do hietograma e do hidrograma de um projeto ou de uma bacia (PORTO, 1991 apud OYAMA, 2019). Para a concepção de projetos, considera-se um 'risco aceitável', que será maior de acordo com o aumento do grau de segurança exigido (OYAMA, 2019). Assim, a escolha do parâmetro de tempo de retorno deve levar em consideração aspectos sociais, econômicos e políticos locais, entretanto, existem algumas recomendações técnicas relacionadas ao uso do solo e ao tipo de sistema de drenagem. A tabela abaixo demonstra os valores típicos com base nos sistemas de microdrenagem e de macrodrenagem.

Tabela 1 - Relação dos períodos de retorno

Tipo de obra	Uso de solo	Período de Retorno (T_r em anos)
Sistemas de Microdrenagem	Áreas Residenciais	2- 5
	Aeroportos	2- 10
	Áreas centrais de maior importância	5- 10
Sistemas de Macrodrenagem	Áreas comerciais e	50- 100

	residenciais	
	Áreas de importância específica	100- 200
	Estruturas especiais	100- 200

Fonte: Porto (2018) apud Oyama (2019)

A ausência de dados históricos sobre as vazões na maior parte das bacias urbanas é impeditiva para que se disponha uma análise estatística detalhada sobre a determinação da vazão relacionada à frequência de ocorrência (CANHOLI, 2005 apud OYAMA, 2019).

Tempo de concentração (T_c)

O tempo de concentração é definido como sendo o tempo estimado em que a água precipitada no ponto mais afastado da bacia leva para percorrer até a seção de saída. Existem diversas equações que apresentam situações específicas para o tempo de concentração.

A fórmula de Kirpich - 1942 (*Califórnia Culverts Practice*), por exemplo, é aplicada em bacias rurais para áreas maiores que 1km², sendo recomendada pelo DAEE do Estado de São Paulo (TOMAZ, 2002 apud OYAMA, 2019).

$$T_c = 57 \left[\frac{L^3}{H} \right]^{0,385}$$

Sendo:

T_c - Tempo de concentração (min);

L - Comprimento do talvegue do curso d'água (km);

H - Desnível altimétrico entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m).

O cálculo do tempo de concentração de uma bacia é um dos parâmetros a serem utilizados para a construção de um hidrograma de projeto. Além de características hidráulicas, é necessário que haja dados da geomorfologia da área da bacia a ser estudada, as condições de permeabilidade (relacionadas à variável C_n da bacia) e as precipitações. Vale ressaltar que a interpretação dos resultados do hidrograma deve ser atrelada à caracterização da área de estudo, de forma a

justificar a características de crescimento e decaimento da curva do hidrograma (CANHOLI, 2005 and MOREIRA FERNANDES, 2020).

O porte da bacia também é uma interpretação necessária a ser feita para justificar a escolha da metodologia de alguns parâmetros. Assim, tem-se que bacias pequenas possuem escoamento total sobre o terreno em um tempo aproximado de 1h e, áreas menores que 3 km²; bacias médias possuem áreas entre 3km² e 500km², enquanto que as bacias grandes apresentam-se com áreas superiores a 500 km² (PORTO, 2018).

Os dados de entrada necessários para a construção do hidrograma são: comprimento do talvegue em metros; diferença de cotas de crista e base em metros, o tempo de retorno em anos; o tempo de duração da chuva em horas e minutos e a área de contribuição da bacia em quilômetros quadrados (CANHOLI, 2015). A primeira etapa necessária para a construção do hidrograma é a distribuição temporal de HUFF (1967).

4.2. Distribuição temporal: HUFF (1967)

A primeira etapa para a construção do Hietograma pelo método de HUFF, consiste na determinação do tempo de concentração, por meio da fórmula enunciada anteriormente, de Kirpich (1942). A mesma utiliza os dados de comprimento do talvegue da bacia (km) e do desnível de cotas (m). Adota-se que se o tempo de concentração for inferior a 10 minutos, utiliza-se 10 minutos para o parâmetro (CANHOLI, 2015). O parâmetros do tempo de concentração é utilizado para encontrar o tempo de resposta da bacia, para a transformação da chuva em vazão contribuinte do hidrograma (PAULINO, 2014).

Intensidade de chuva (I)

Outro parâmetro fundamental para a construção do hietograma por meio da distribuição temporal de HUFF é a intensidade da chuva, que varia de acordo com o local de estudo.

$$I = \left(\frac{K \times T_r^n}{(t+d)^m} \right)$$

Sendo:

T_r - Tempo de retorno (anos);

t - Tempo de duração da chuva (horas);

I - Intensidade da chuva (mm/h).

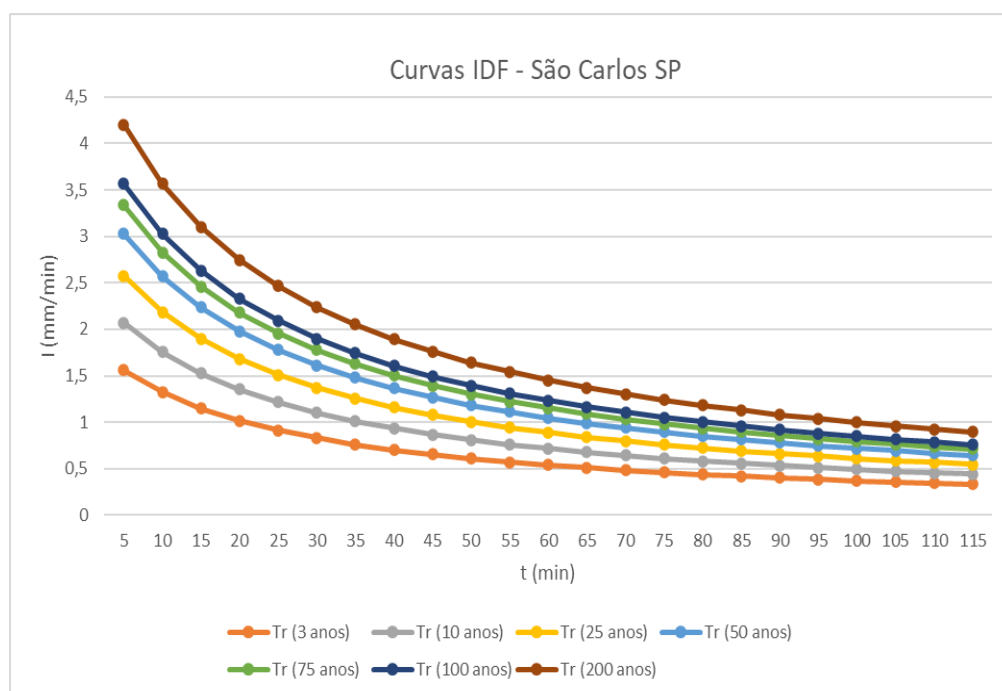
K, n, d, m - coeficientes locais

O estabelecimento das chuvas de projeto depende da construção da curva IDF, que relaciona intensidade, duração e frequência. A curva IDF proposta por Barbassa (1991) é recomendada para o Município de São Carlos, de acordo com as Diretrizes para Drenagem Urbana da cidade (ABREU, 2013). Logo, seguindo o modelo de equação para a intensidade de chuva, para a cidade de São Carlos, tem-se:

$$I = \frac{1519 \times T^{0,236}}{(t+16)^{0,935}}$$

A partir disso, as curvas IDF para a cidade de São Carlos para um tempo de concentração de 120 min, considerando os tempos de retorno de 3, 10, 25, 50, 75, 100 e 200 anos são:

Gráfico 2 - Gráfico das curvas IDF para São Carlos - SP



Fonte: Adaptado de (ABREU, 2013)

Para a construção dos hidrogramas do presente estudo, foram considerados os tempos de retorno de 50 anos, recomendado para o sistema de macrodrenagem, e de 200 anos, que apresenta uma alta intensidade, a fim de mostrar o cenário de maior intensidade do evento de chuva no sistema de drenagem das microbacias.

Precipitação total (P_t)

É calculada com base nos dados de intensidade de chuva e tempo de duração da chuva.

$$P_t = I \times t$$

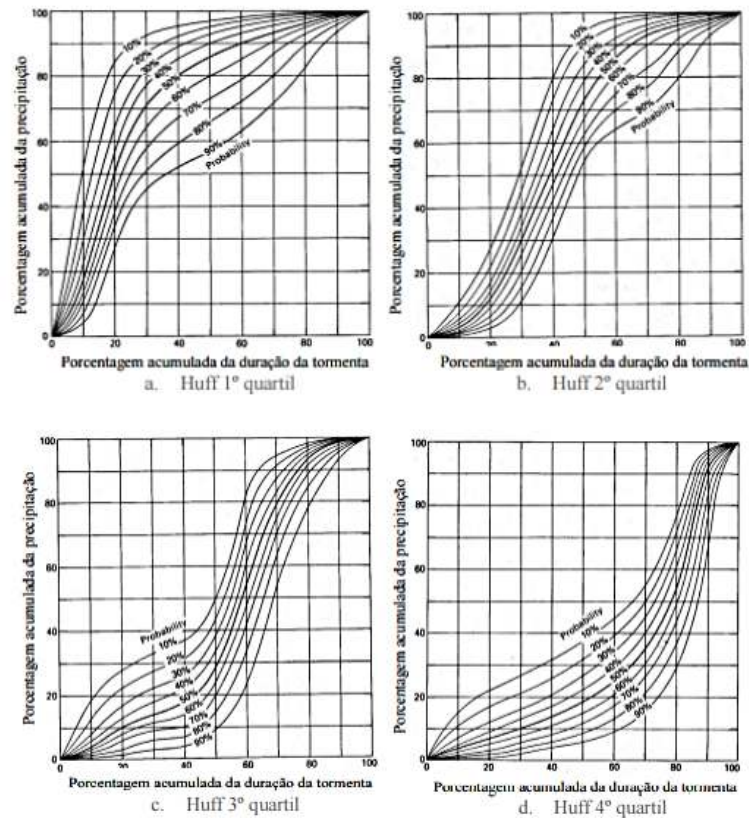
t - Tempo de duração da chuva (horas);

I - Intensidade da chuva (mm/h);

P_t - Precipitação total (mm).

A partir das informações apresentadas, é possível aplicar o método de HUFF. Nesse método desenvolvido em 1967, foram realizadas distribuições de chuvas intensas representadas em cada quartil. Os dois primeiros quartis da distribuição são utilizados para chuvas cuja duração é inferior a 12h, o terceiro quartil é utilizado para chuvas inferiores a 24h e superiores a 12h e o quarto quartil representa precipitações de durações acima de 24h (CANHOLI, 2015).

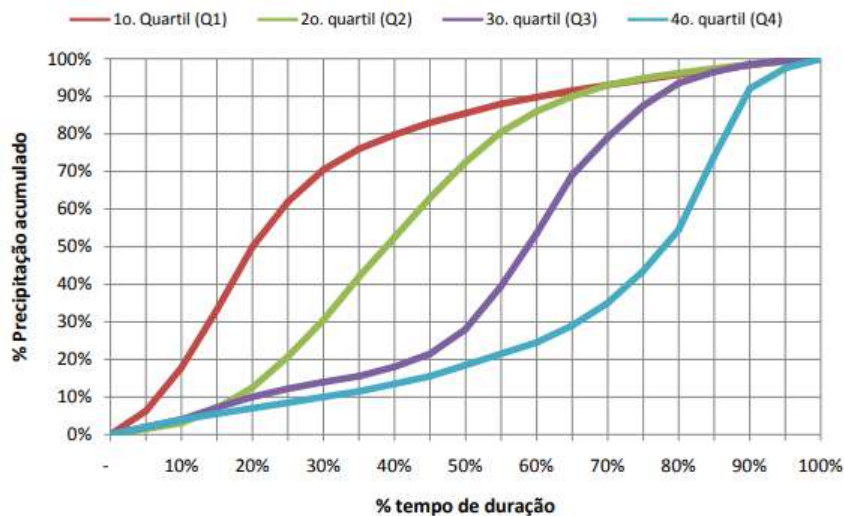
Figura 2 - Distribuição de HUFF



Fonte: Adaptado de HUFF (1967)

Dentre os quartis apresentados, os dois primeiros representam, portanto, chuvas de menor duração e maior intensidade, por isso, são recomendados para representar as chuvas nas bacias no meio urbano (OYAMA, 2019). Considerando uma probabilidade de 50% de ocorrência de chuva em cada quartil, chega-se em uma relação de valores de tempo pelo tempo de duração da chuva (%) e precipitação sobre a precipitação total em cada quartil.

Gráfico 3 - Distribuição de HUFF com 50% de probabilidade para cada quartil



Fonte: Abreu (2013)

Assim, considerando a curva do 1º quartil, é possível construir uma tabela com os dados necessários para a construção temporal da chuva. Os primeiros dados da tabela são os valores retirados do gráfico apresentado acima para o primeiro quartil; além disso, os valores do passo de tempo, precipitação acumulada no passo de tempo e a diferença da precipitação devem ser encontrados. (CANHOLI, 2014).

Passo de tempo (t)

$$t = td * t\%$$

t - passo de tempo (h)

td - tempo de duração da chuva (h)

$t\%$ - tempo representado pelo gráfico de distribuição de HUFF (%)

Precipitação acumulada no passo do tempo (P) e ΔP

$$P = P_{acum} \times P_t$$

P - precipitação acumulada no passo do tempo (mm)

P_{acum} - precipitação acumulada (%)

P_t - precipitação total (mm)

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

P_1 - precipitação acumulada no passo do tempo no tempo de duração anterior (mm)

P_2 - precipitação acumulada no passo do tempo no tempo de duração posterior (mm)

A partir dos dados de ΔP e t , é possível montar um gráfico de distribuição temporal de chuva, hietograma de HUFF. Após isso, é necessário construir um hidrograma unitário, que fornece dados para a confecção do hidrograma de projeto, que faz a separação da chuva de acordo com a contribuição da mesma para o escoamento (CANHOLI, 2015).

4.3. Hidrograma unitário - SCS

Tempo de resposta (t_l)

$$t_l = 0,6 \times t_c$$

t_l - tempo de resposta (h)

t_c - tempo de concentração (h)

Tempo de pico (t_p)

$$t_p = 0,5 \times t_r + t_l$$

t_p - tempo de pico (h)

t_r - tempo de retorno (h)

t_l - tempo de resposta (h)

Tempo de base (t_b)

$$t_b = 2,67 \times t_p$$

t_p - tempo de pico (h)

t_b - tempo de base (h)

Vazão de pico ($Q_{u,p}$)

$$Q_{u,p} = \frac{2,08 \times A_d}{t_p}$$

$Q_{u,p}$ - vazão de pico (m³/s.cm)

t_p - tempo de pico (h)

A_d - área de contribuição (km²)

A partir desses parâmetros calculados para a bacia, é possível construir um hidrograma unitário, no qual a vazão máxima será atingida no tempo de pico e o tempo de base apresentará vazão de 0 m³/s.cm.

4.4. Hietograma de projeto - SCS

Nessa etapa da construção do hidrograma, as características de cobertura do solo são levadas em consideração no cálculo do CN, que depende do conhecimento das características do tipo, uso e umidade do solo anteriores à chuva, além das condições de cobertura vegetal (HAWKINS et al., 2009). A primeira consideração para os cálculos na construção do hietograma de projeto inclui a escolha do CN com base no uso e ocupação do solo da bacia, após isso, é possível estimar os valores de infiltração potencial máxima e a infiltração inicial.

No presente estudo, o CN foi estimado com base nos valores de área do uso e ocupação do solo das áreas estudadas, realizando-se a média das áreas e dos valores encontrados em literatura para cada tipo de ocupação. Para o cálculo do mesmo, foi feita uma média ponderada das áreas de uso e ocupação do solo para cada área da bacia analisada com os valores de CN categorizados pelo Mapbiomas pela coleção 7. Por fim, encontrou-se assim um CN médio de cada bacia para os anos de 1985 e 2021.

Infiltração potencial máxima (S)

$$S = 25,4 \times \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

S- Infiltração potencial máxima (mm);

CN- Curve number.

Infiltração inicial (I_a)

$$I_a = 0,2 \times S$$

I_a - Infiltração inicial (mm);

S- Infiltração potencial máxima (mm).

Nessa etapa também é calculada a precipitação acumulada, encontrada pelo valor da soma das precipitações ao longo do tempo. Além disso, encontra-se também a

precipitação excedente acumulada, que precisa ser superior ao valor da infiltração inicial calculado para que haja contribuição no escoamento da bacia.

Precipitação excedente acumulada (P_e)

Sendo maior que a infiltração inicial calculada, é dada por:tabela

$$P_e = \frac{(P-0,2 \times S)^2}{(P+0,8 \times S)}$$

P - precipitação acumulada no passo do tempo (mm);

S - Infiltração potencial máxima (mm).

A diferença da precipitação excedente ao passo do tempo traz consigo o valor do hietograma excedente. A partir do momento que existe a contribuição do escoamento, divide-se a chuva em blocos, sendo que cada bloco de chuva resulta em um hidrograma diferente. Assim, para cada bloco monta-se um hidrograma unitário a partir dos dados de tempo e do tempo de pico calculado, tendo-se um parâmetro denominado de t_p' , que representa a soma do passo do tempo com o tempo de pico. O mesmo processo é realizado para o tempo de base para encontrar os novos tempos de base dos hidrogramas de cada bloco, sendo $t_b' = t + tb$. A vazão de pico para os novos hidrogramas dos blocos também é calculada sendo a multiplicação da vazão de pico unitária com os valores do hietograma excedente calculado para cada bloco.

Assim, depois de encontrados todos os parâmetros, é possível montar um gráfico que mostra a relação entre a precipitação ao passo do tempo e mostra o hietograma excedente para cada bloco de chuva.

4.5. Hidrograma de projeto

Para a construção do hidrograma de projeto, os parâmetros construídos e definidos para a construção dos hietogramas e dos hidrogramas unitários serão utilizados. Primeiramente serão definidos hidrogramas unitários com as informações para cada bloco de chuva e, a partir de cada hidrograma unitário gerado para cada bloco, cria-se uma tabela de superposição, uma vez que o hidrograma de projeto é uma somatória dos pequenos hidrograma unitários encontrados para cada bloco de chuva. Logo, realiza-se uma tabela com a relação das vazões ao passo do tempo para os blocos a partir de seus hidrogramas unitários construídos, descobrindo a

contribuição na bacia ao longo do tempo. Ao final do processo, os valores de todos os blocos serão somados e o hidrograma de projeto será construído com base nos valores de tempo (h) e a soma das contribuições de todos os blocos de chuva (m^3/h).

A discretização do hidrograma é um desafio da hidrologia e ainda divide opiniões sobre a interpretação dos elementos do hidrograma, segundo Musy and Higy (2011), o formato do hidrograma pode ser analisado com base em seu comportamento dividido em quatro partes, sendo essas: a curva de concentração ou trecho em ascensão; o pico; o trecho em declínio e a curva de recessão.

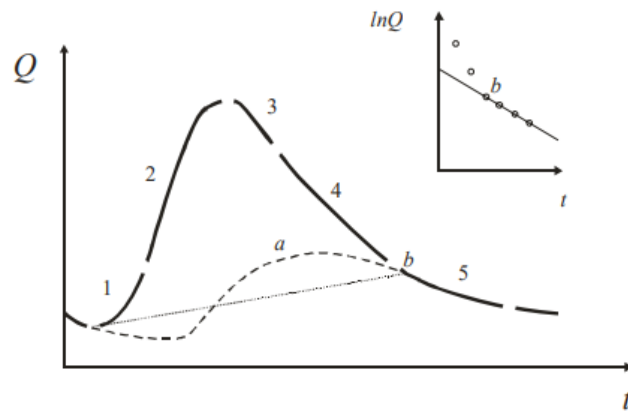
A primeira parte do hidrograma que representa o trecho em ascensão traz consigo as características da bacia bem como da precipitação considerada. O crescimento lento do hidrograma representa a perda de grande parte da água escoada para a infiltração, o que pode ser interpretado a partir dos dados de cobertura do solo da área de estudo (RAKHECHA e SINGH, 2009 apud MOREIRA FERNANDES, 2020).

Segundo Rakhecha e Singh (2009), o pico do hidrograma ocorre quando a vazão chega ao seu máximo na seção de controle pela contribuição de várias partes da bacia e, para grandes áreas de captação, a vazão máxima é posterior ao tempo da chuva. O trecho de declínio, por sua vez, representa a presença do escoamento superficial até a diminuição da lâmina d'água sobre a superfície do solo. Por fim, a curva de recessão é a parte do escoamento subterrâneo que contribui para a vazão (MOREIRA FERNANDES, 2020; PORTO, 1999).

Já segundo Tucci (2003), o hidrograma possui cerca de três partes principais, sendo essas: a curva de ascensão, a região de pico e o ramo de recessão. Jain e Srinivasulu (2006) apresentam a divisão do hidrograma em cinco partes, como mostra a figura. As duas partes iniciais do hidrograma são influenciadas pelo fluxo superficial, já os três últimos teriam maior influência no fluxo subsuperficial, sendo o trecho final o escoamento de base. Segundo Heicher (1993), existem vários efeitos ambientais causados pela redução do escoamento de base, como a alteração da morfologia do canal, por exemplo. O limite entre o escoamento de superfície e o de base, representado pela curva a depende da estrutura geológica e da cobertura superficial da bacia (DA COSTA MEDEIROS et. al , 2011). As bacias urbanizadas muitas vezes não contribuem para o escoamento de base devido ao rápido

escoamento superficial com a impermeabilização do solo (MARINHO FILHO, G. 2013).

Figura 3 - Discretização do hidrograma, segundo Jain e Srinivasulu (2006)



Fonte: DA COSTA MEDEIROS et. al (2011)

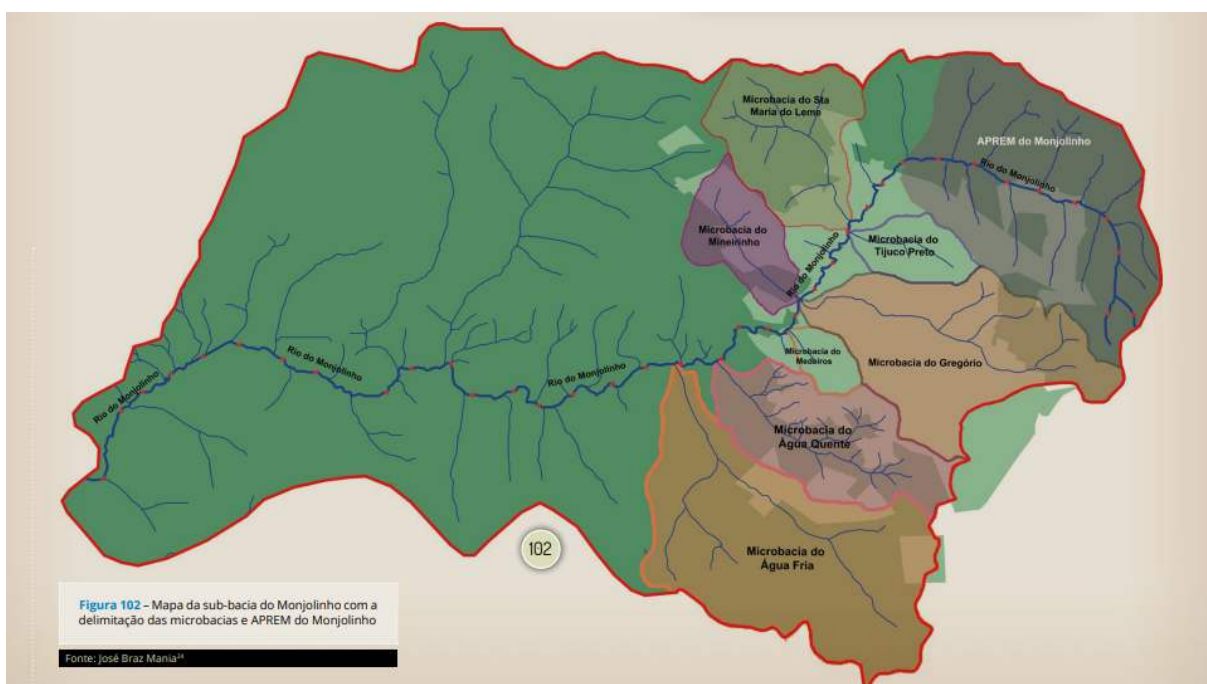
Tem-se que, de uma maneira geral, de forma a simplificar o entendimento sobre o comportamento das bacias hidrográficas que os tempos de pico tendem a ser menores e as vazões de pico tendem a ser maiores em bacias urbanas, devido ao escoamento rápido e superficial da bacia. Já no caso da ocupação rural, a bacia tende a ter tempos de pico maiores, vazão de pico menores, bem como uma curva mais prolongada, caracterizada pelo escoamento subsuperficial. Entretanto, diversas características podem influenciar no comportamento do hidrograma, como a própria área da bacia, uma vez que bacias maiores tendem a ter tempos de pico maiores, bem como a diminuição da vazão de pico relativa (MARINHO FILHO, G. 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ÁREAS DE ESTUDO

Foram estudadas microbacias da Bacia do Rio Monjolinho, na cidade de São Carlos, bem como duas Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais (APREM) criadas pela Lei 13.944/2006, sendo essas as APREM do Monjolinho e do Ribeirão Feijão para verificar o comportamento da drenagem nas áreas de proteção de mananciais.

As microbacias estudadas foram dos córregos: Santa Maria do Leme; Tijuco Preto; Gregório; Mineirinho; Água Quente; Gregório e Espraiado. A observação das microbacias e das áreas de proteção de mananciais, cada qual com suas características de área, ocupação do solo e relevo, permite construir um panorama realista da questão da drenagem nas microbacias do Município de São Carlos. Além disso, foram construídos hidrogramas para os anos de 2021 e 1985 a fim de construir um comparativo relacionado à dinâmica da urbanização no município.

Figura 4 - Localização das microbacias estudadas do Rio do Monjolinho

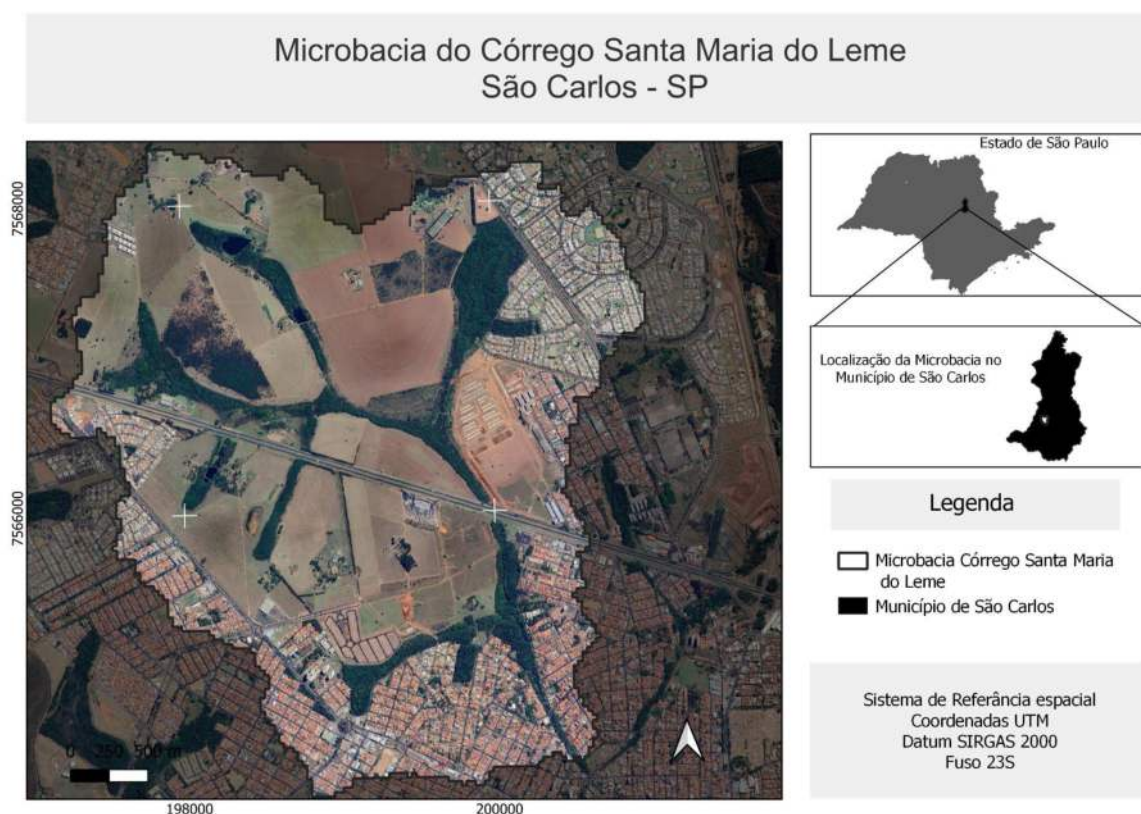


Fonte: FREITAS; SANTOS, SAM. (2020)

Para a construção do hidrograma de cada área, foram necessários os seguintes dados: comprimento do talvegue; diferença entre a maior e menor cota da bacia e a área da bacia. Além disso, foram utilizados o tempo de retorno de 50 e 200 anos e o tempo de duração da chuva de 2 horas, segundo Dos Santos Junior et al. (2022)

5.1. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Santa Maria do Leme

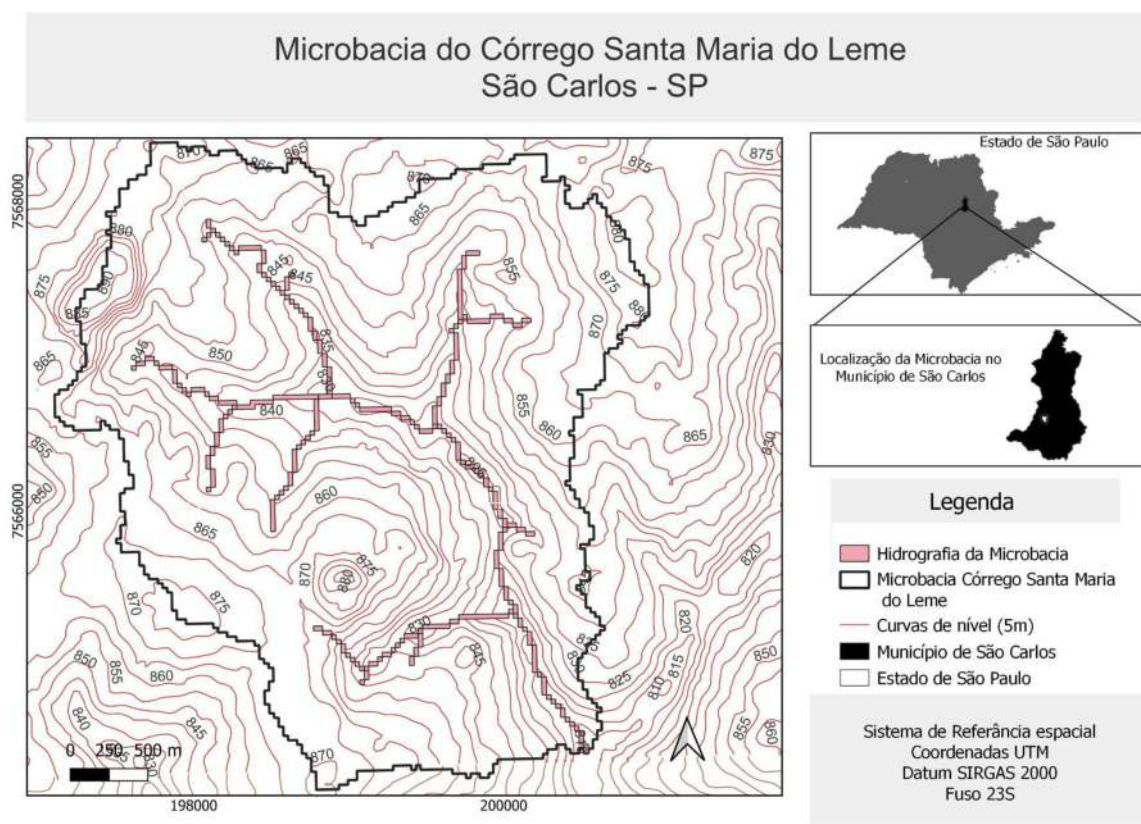
Mapa 5 - Localização da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme



Fonte: A autora (2022)

O Córrego Santa Maria do Leme possui as nascentes no norte do município, sendo afluente do Rio Monjolinho. A microbacia possui área de drenagem de aproximadamente 11 km², com comprimento de talvegue de cerca de 4700 metros. A diferença de cotas na microbacia é de cerca de 80 metros.

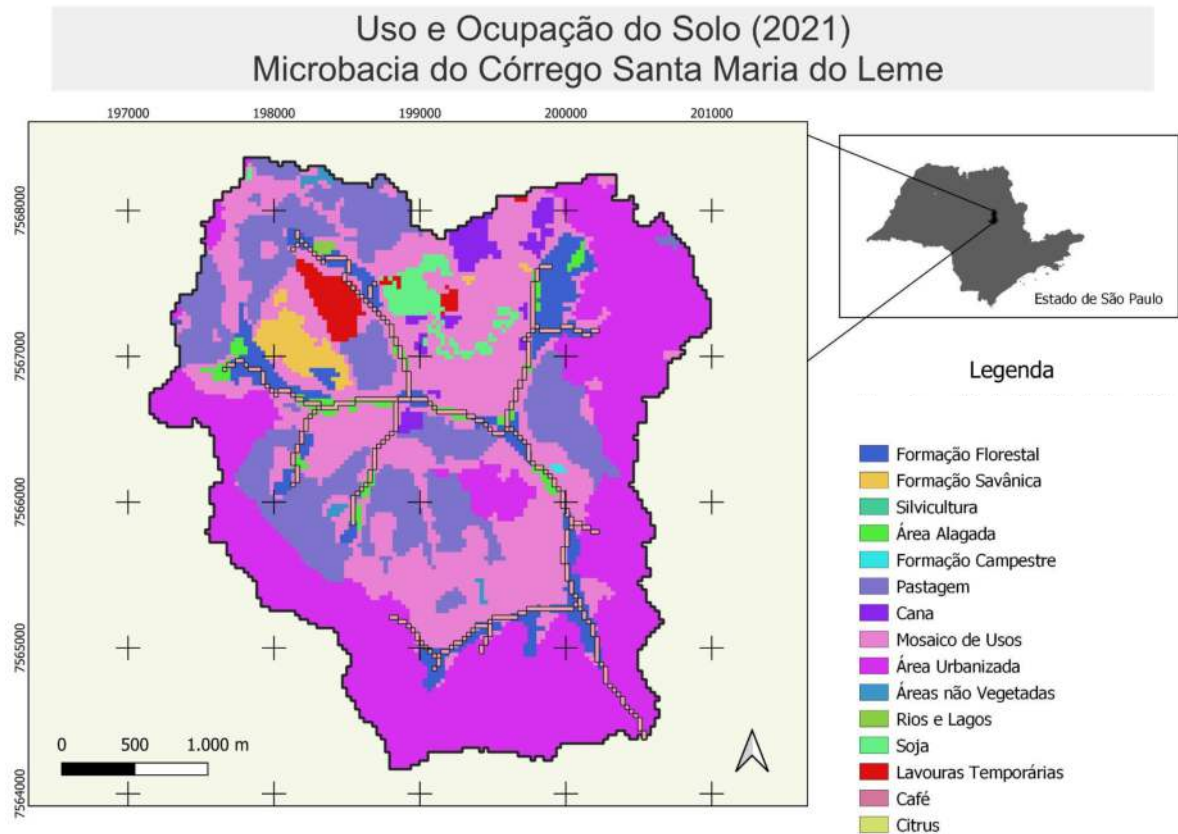
Mapa 6 - Topografia da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme



Fonte: A autora (2022)

A ocupação da bacia era pelo bioma Cerrado e, a expansão urbana com a construção dos primeiros bairros começou na década de 1950. A maior parte da microbacia situa-se em uma Zona de Regulação e Ocupação Controlada devido a sua localização em uma área de transição entre o rural e o urbano com potencial de expansão urbana, de acordo com o Plano Diretor de São Carlos, Lei nº 13.691 de 25 de novembro de 2005 (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

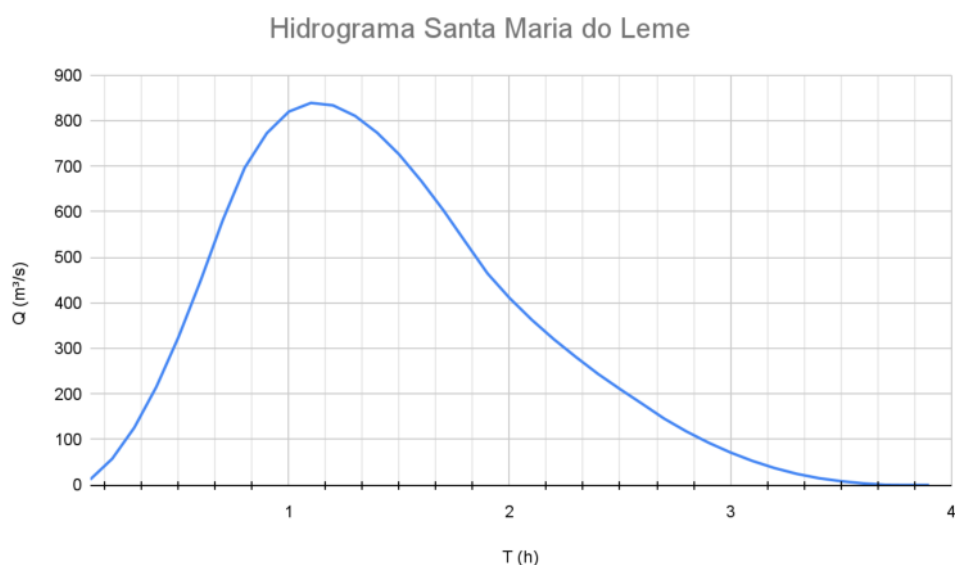
Mapa 7 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Santa Maria do Leme



Fonte: A autora (2022)

A partir dos dados de uso e ocupação do solo da microbacia, pode-se perceber que a parte externa próxima aos limites da mesma é predominantemente urbanizada, mas a mesma possui uma variedade de usos como a formação florestal próximo ao fluxo de drenagem próximo ao exutório ou às nascentes. Também possui áreas de pastagem e de formação savânica na parte noroeste da microbacia, mas cerca de 32% da área da microbacia representa ocupação urbana.

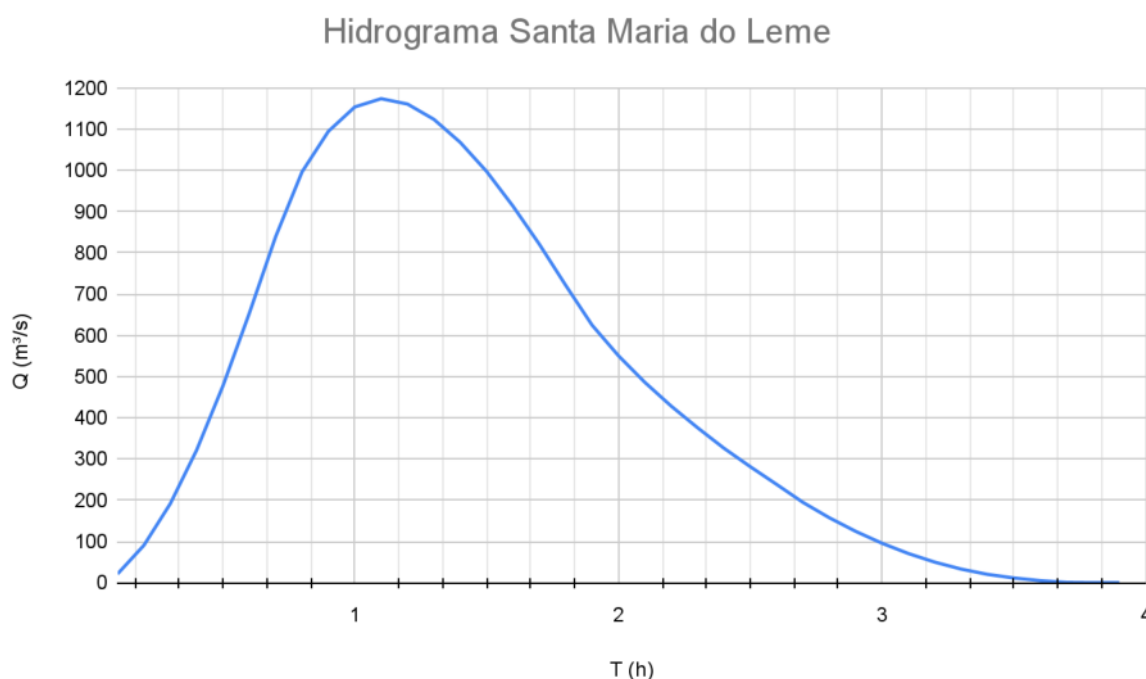
Gráfico 4 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

Alguns parâmetros devem ser observados para entender o comportamento do hidrograma, como a área da bacia, o relevo da mesma e as condições de superfície. A curva do hidrograma da bacia traz consigo um pico bastante acentuado e uma ascensão abrupta até a vazão de pico, o que pode se dar ao fato da presença de urbanização da bacia, uma vez que hidrogramas de áreas impermeáveis tendem a ser curtos e longos, além disso, a queda do hidrograma após a vazão de pico apresenta-se de forma gradual, o que significa dizer que a lâmina d'água leva bastante tempo para escoar por completo após o evento da chuva, o que pode se dar devido à também presença de áreas permeáveis na bacia, que fazem com que o escoamento não seja tão rápido.

Gráfico 5 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos

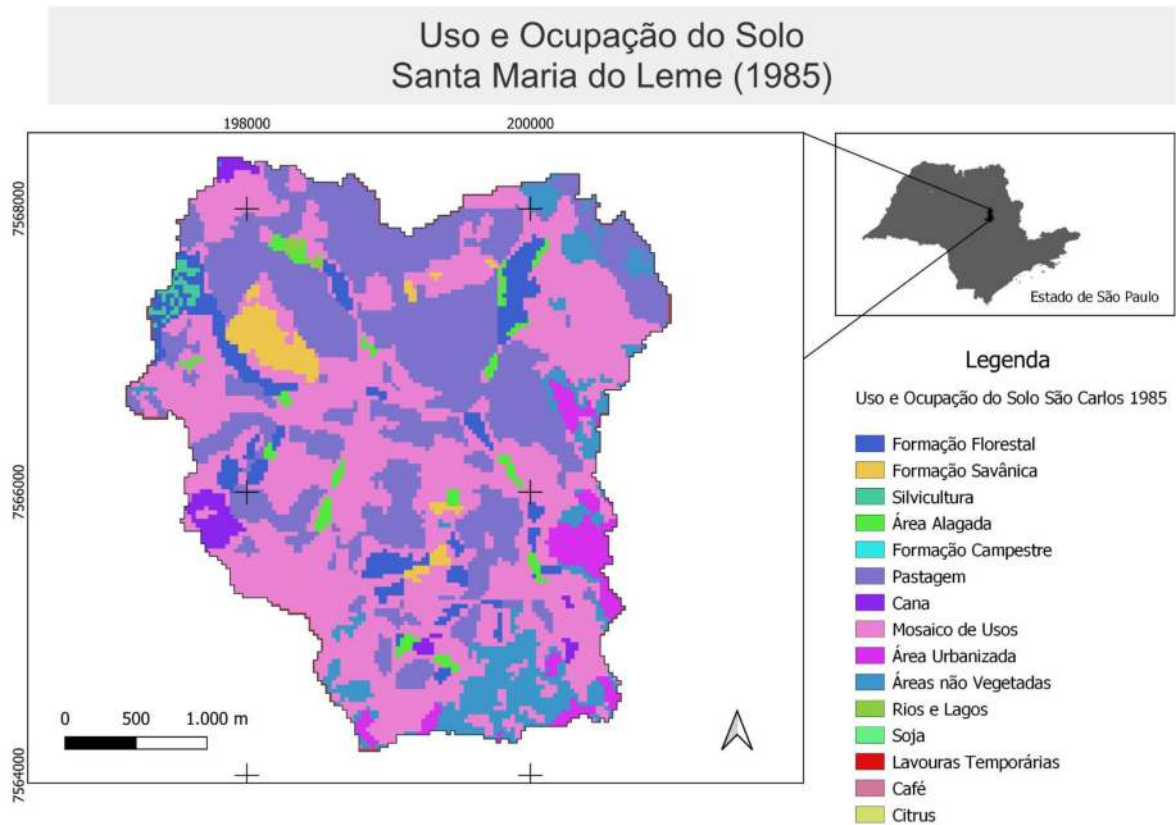


Fonte: A autora (2022)

Ao compararmos os hidrogramas de 50 e 200 anos de tempo de retorno, observa-se que a vazão de pico aumenta significativamente, trazendo consigo o pior cenário de um evento de chuvas de alta intensidade.

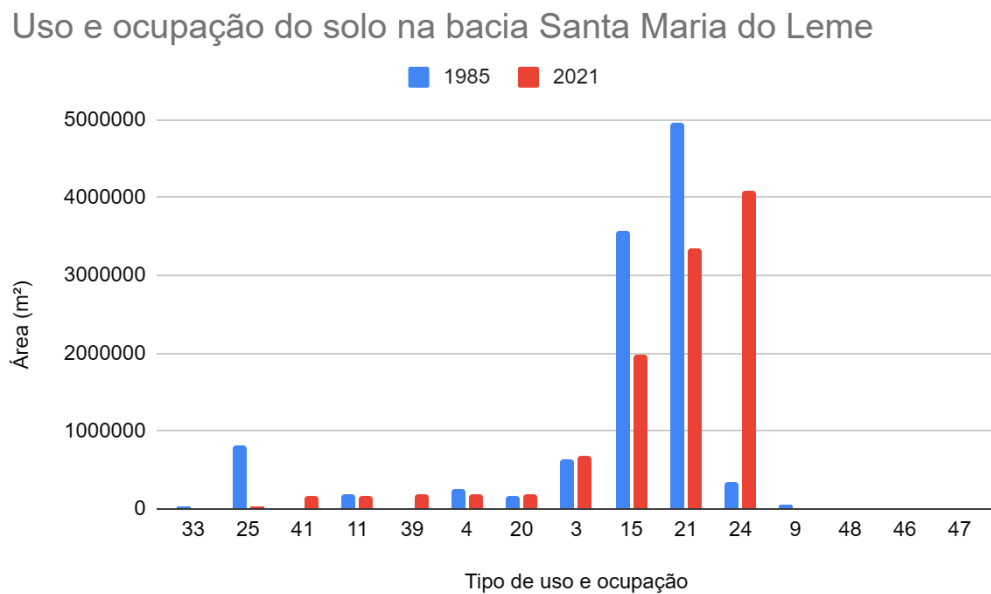
Além disso, também foram construídos hidrogramas para o ano de 1985 na microbacia, a fim de subsidiar as comparações relacionadas ao uso e cobertura de solo e o comportamento do hidrogramas, com foco na vazão de pico observada.

Mapa 8 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Santa Maria do Leme



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 6 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Santa Maria do Leme

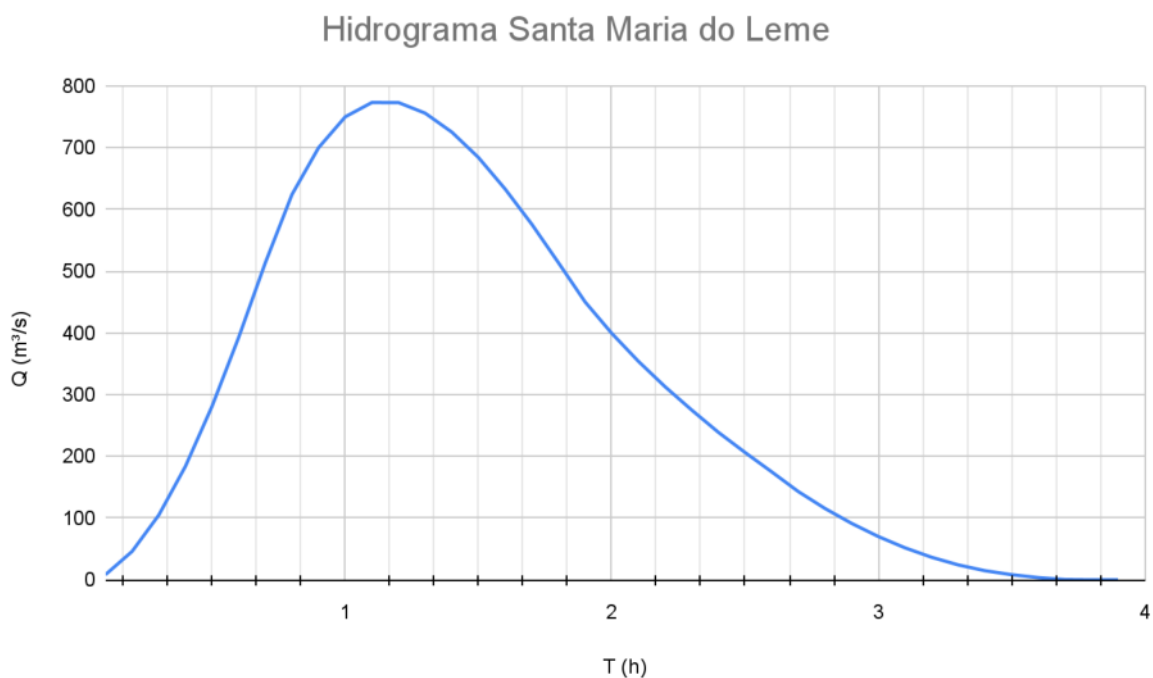


Fonte: A autora (2022)

No mapa de uso e ocupação do solo na microbacia Santa Maria do Leme no ano de 1985 observa-se a predominância da ocupação da área como mosaico de usos, formação savânica e pastagem, com apenas alguns pontos de área urbanizada, sendo essa de cerca de 350 m² de área da microbacia.

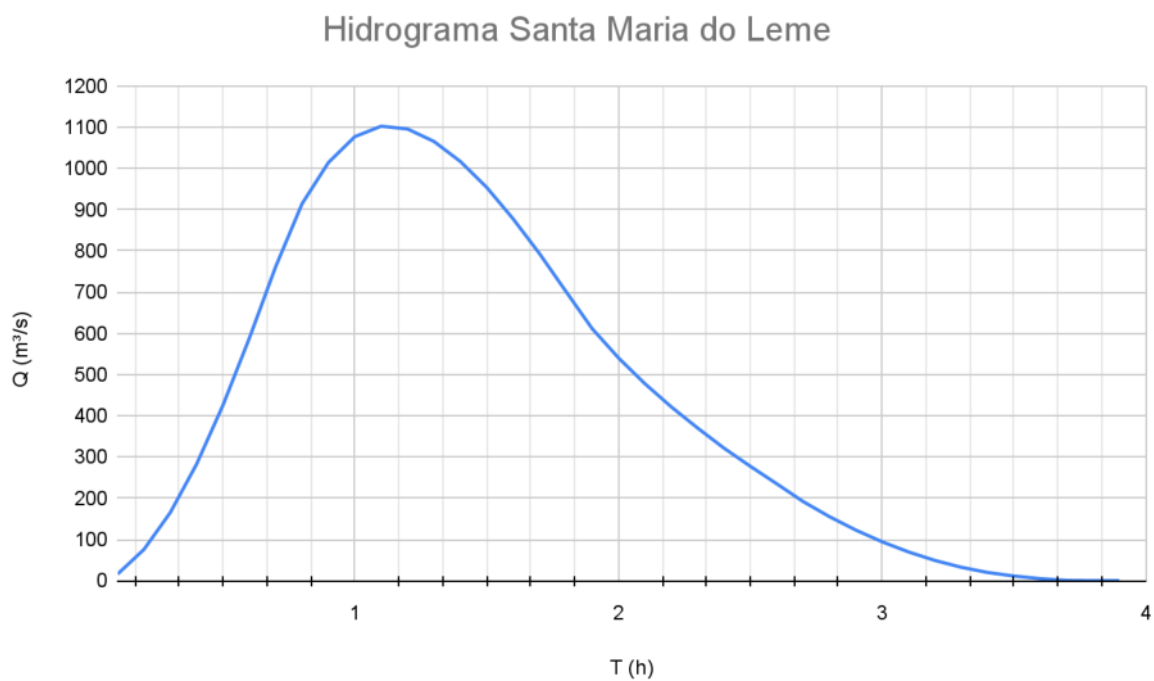
Os hidrogramas mostram o comportamento da drenagem na microbacia em 1985. Há um aumento da vazão de pico com a comparação entre os hidrogramas com tempo de retorno de 50 e 200 anos, mas com relação aos hidrogramas de 2021, tem-se que a vazão de pico apresentou-se menor nos hidrogramas de 1985.

Gráfico 7 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

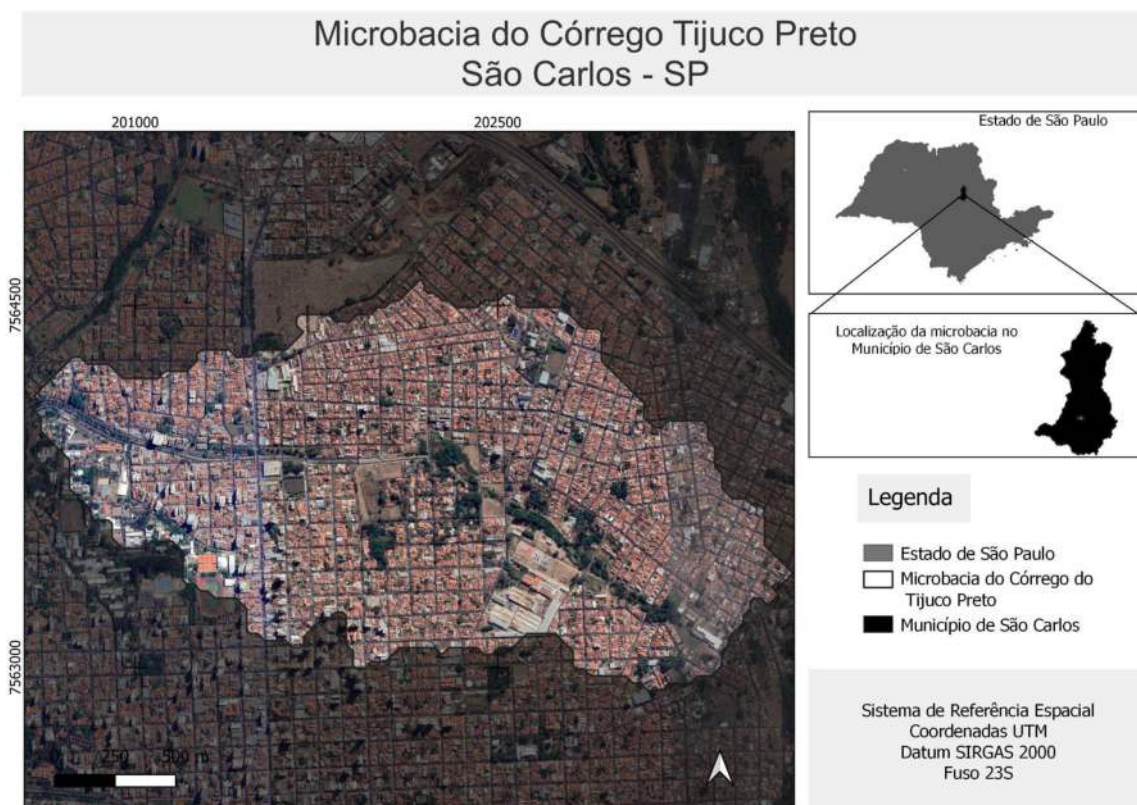
Gráfico 8 - Hidrograma da microbacia do Córrego Santa Maria do Leme para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

5.2. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Tijuco Preto

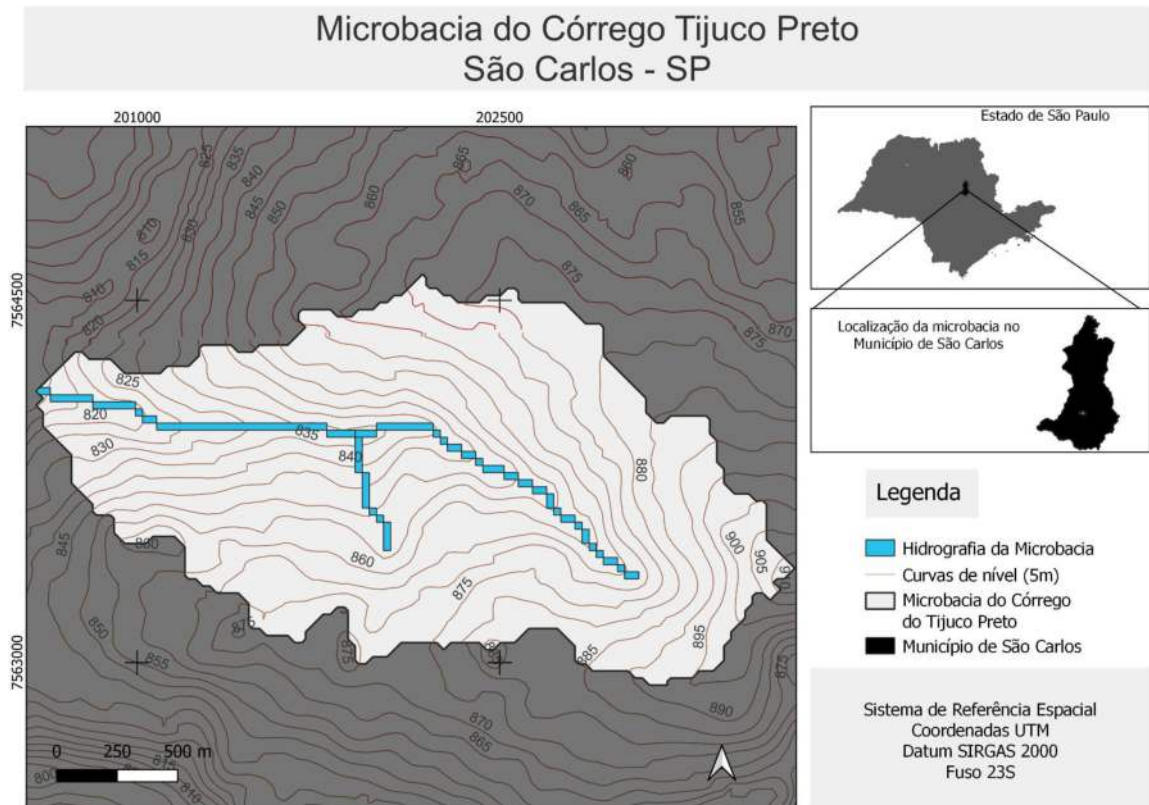
Mapa 9 - Localização da microbacia do Córrego do Tijuco Preto



Fonte: A autora (2022)

O Córrego do Tijuco Preto nasce no Bairro Vila Nery, sendo também um afluente do Rio Monjolinho. A variação de altitude dentro da bacia é de cerca de 70 metros, sendo a área da microbacia de aproximadamente 3,7 km², com comprimento do talvegue de cerca de 3 km. O córrego do Tijuco Preto recebe afluência do Córrego Schmidt, além de receber contribuições clandestinas das moradias do bairro Vila Elizabeth (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

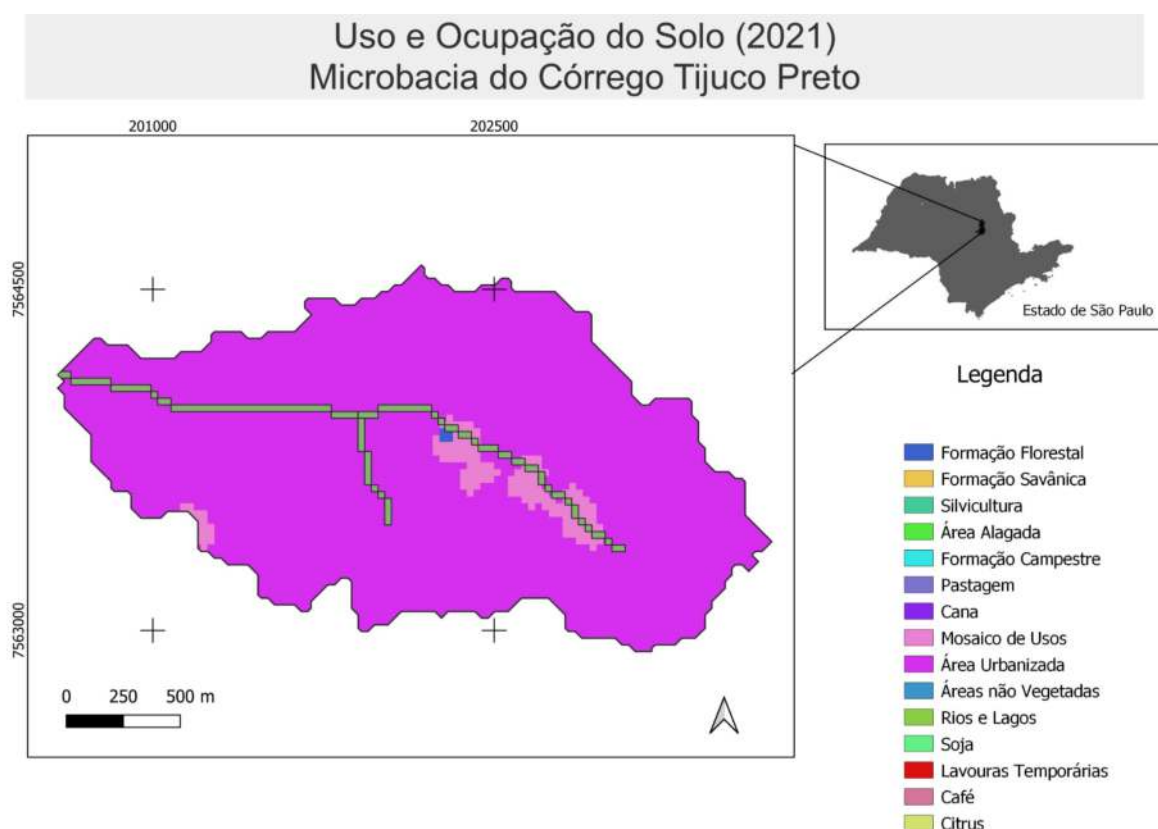
Mapa 10 - Topografia da microbacia do Córrego do Tijuco Preto



Fonte: A autora (2022)

A expansão urbana na microbacia se deu entre as décadas de 1950 e 1960 devido à chegada de indústrias nessas épocas. Além disso, a construção do campus da Universidade de São Paulo em 1952, bem como a construção de marginais em 1980 acelerou o crescimento urbano na área (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

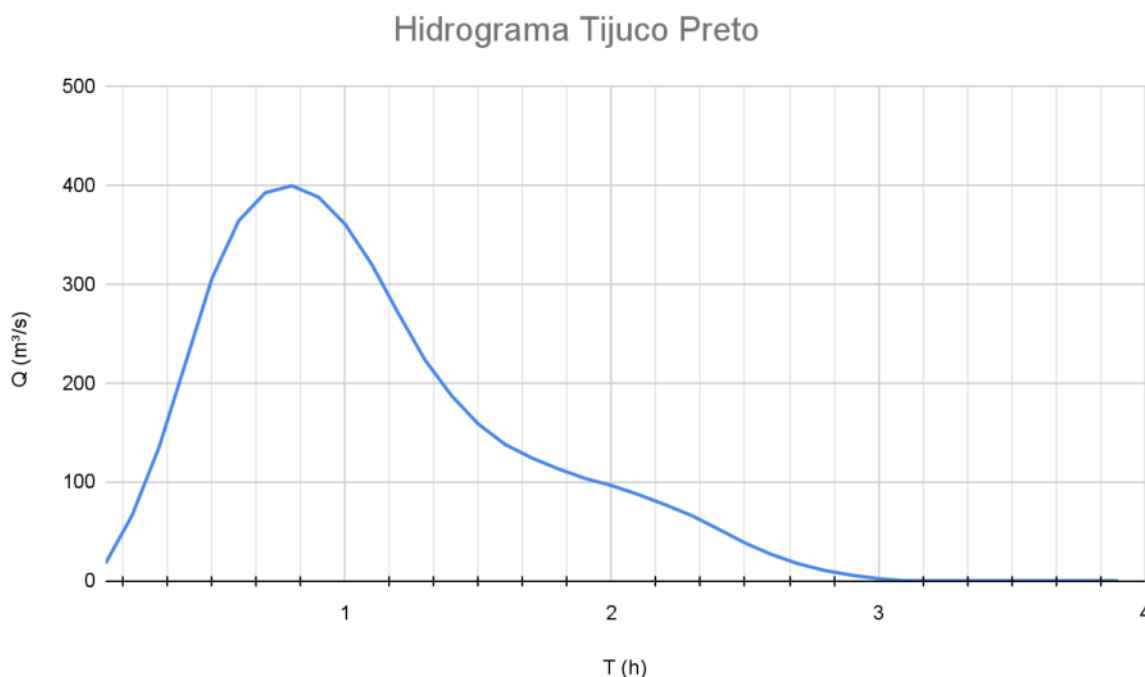
Mapa 11 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Tijuco Preto



Fonte: A autora (2022)

Com relação à ocupação na microbacia do córrego do Tijuco Preto, tem-se que a mesma é predominantemente urbana com algumas poucas áreas de vegetação densa espalhadas nas proximidades do comprimento do talvegue.

Gráfico 9 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos.

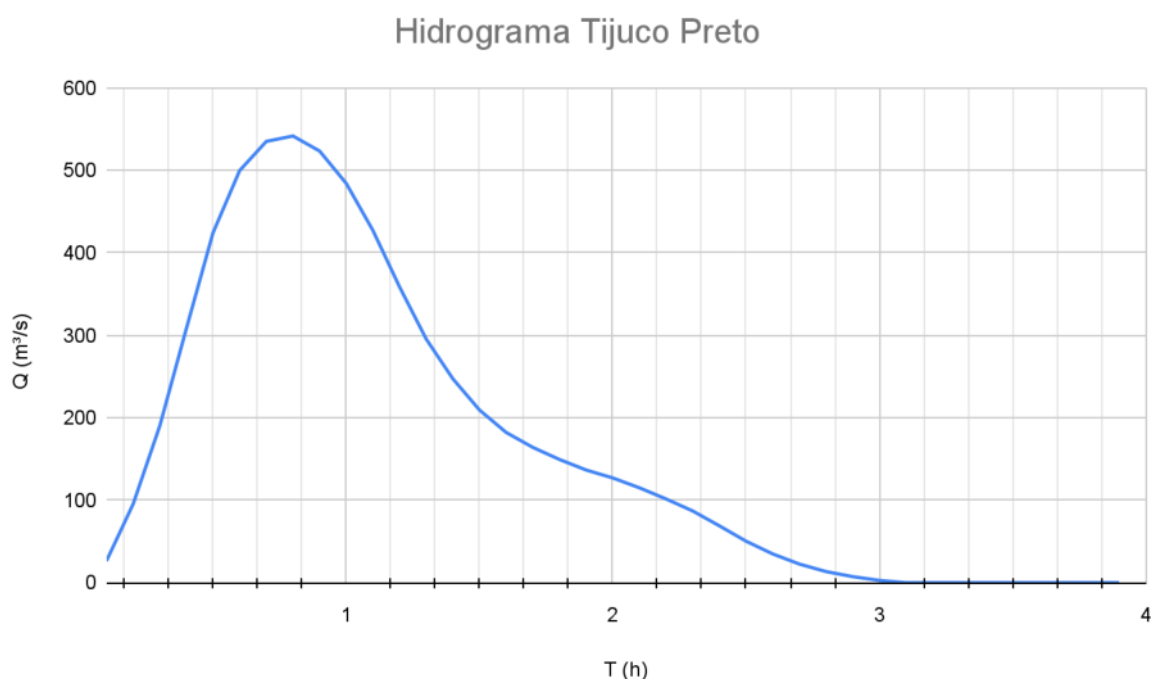


Fonte: A autora (2022)

A curva do hidrograma mostra-se bastante curta e elevada, ou seja, a vazão de pico ocorre em um tempo muito curto de duração da chuva e depois escoar rapidamente, isso pode se dar por conta da grande urbanização na bacia, que traz consigo a maior parte do solo impermeabilizado, o que aumenta a velocidade do escoamento superficial na área analisada.

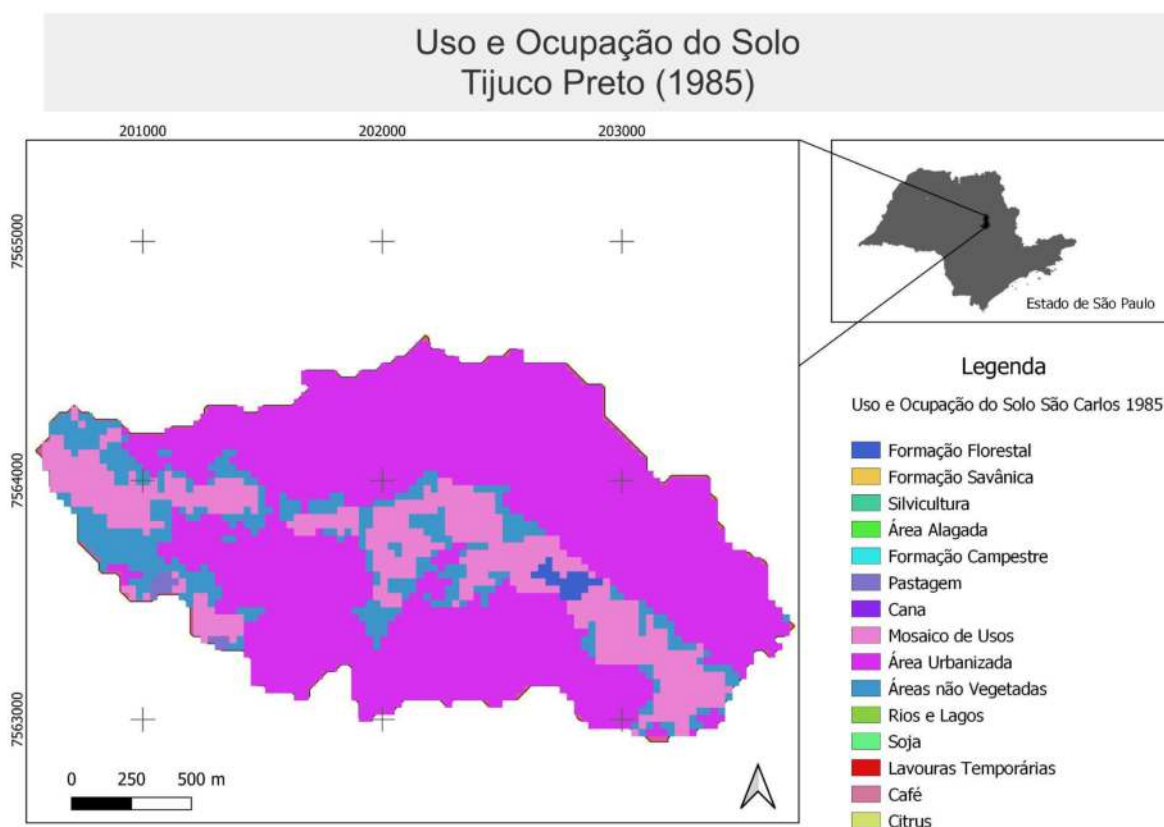
A vazão de pico aumenta significativamente com a construção do tempo de retorno de 200 anos, o que significa dizer que em eventos de chuva nessa intensidade trazem consigo um valor alto de vazão escoada devido à impermeabilização da área da bacia, o que gera risco de inundação na bacia e um curto período de reação diante de eventos de chuva fortes.

Gráfico 10 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos.



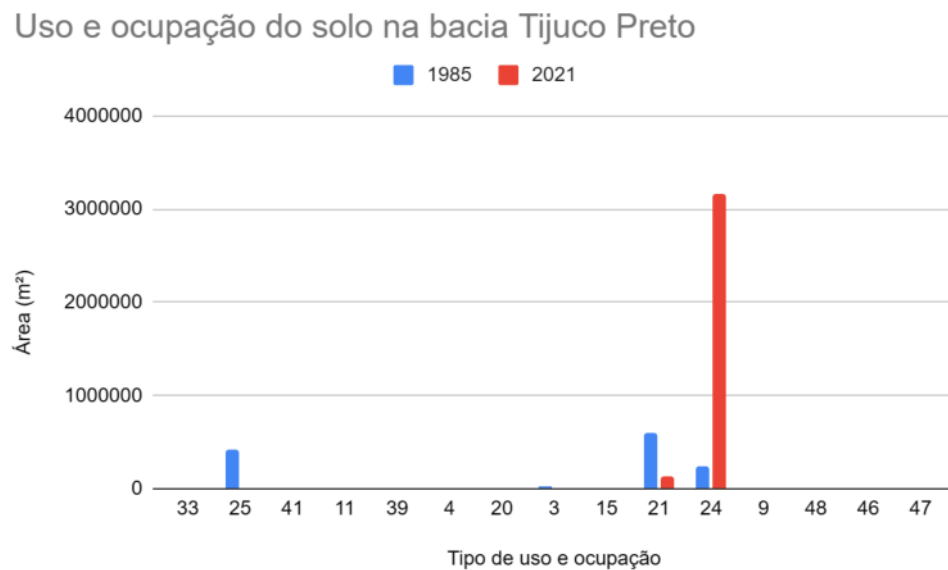
Fonte: A autora (2022)

Mapa 12 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Tijuco Preto



Fonte: A autora (2022)

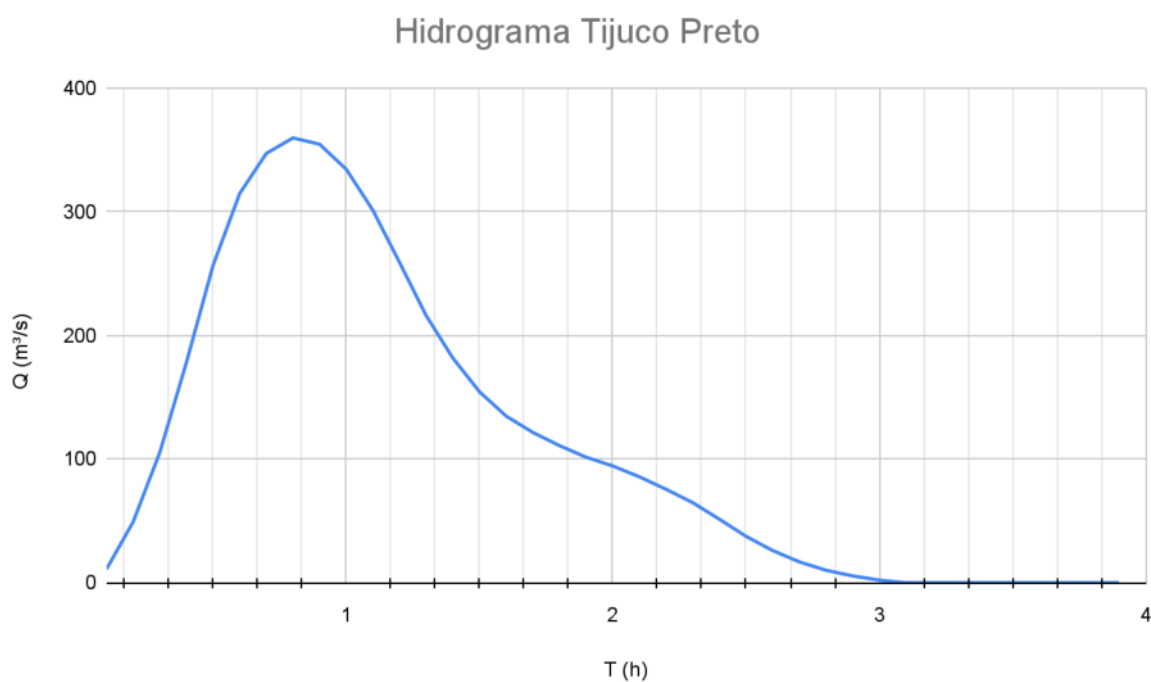
Gráfico 11 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Tijuco Preto



Fonte: A autora (2022)

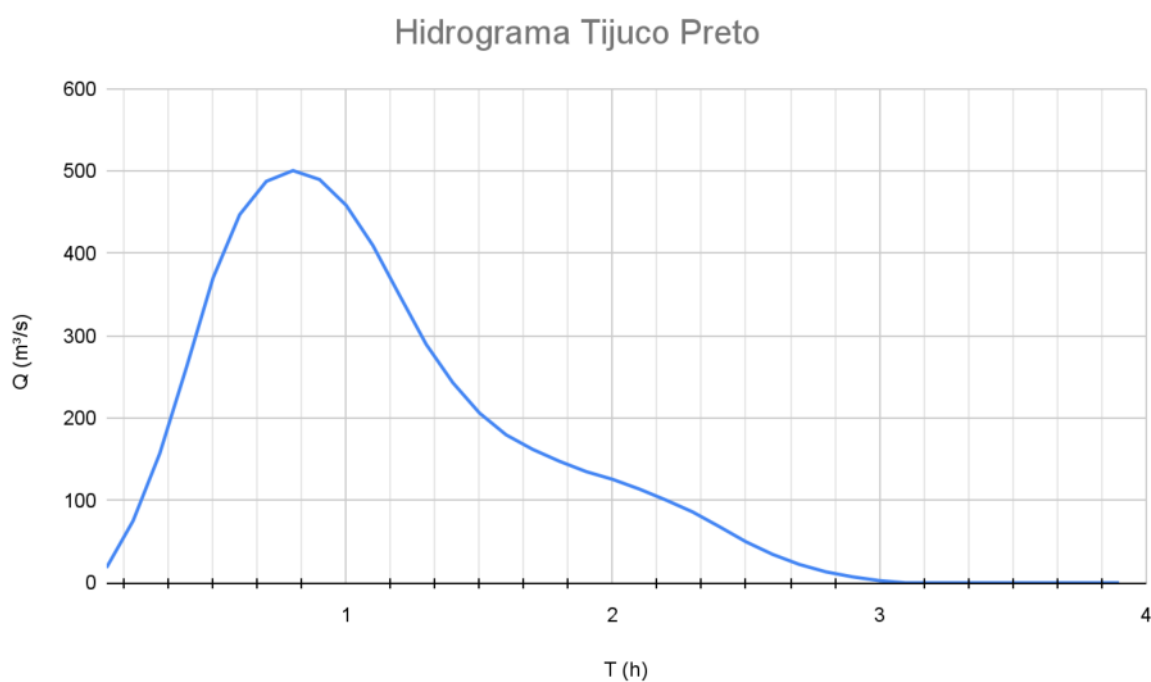
O mapa do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Tijuco Preto de 1985 mostra que a bacia já apresentava grande área urbanizada, cerca de 2km². Além de apresentar áreas com mosaico de usos, áreas não vegetadas e formação florestal.

Gráfico 12 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto em 1985 e tempo de retorno de 50 anos.



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 13 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Tijuco Preto em 1985 e tempo de retorno de 200 anos.

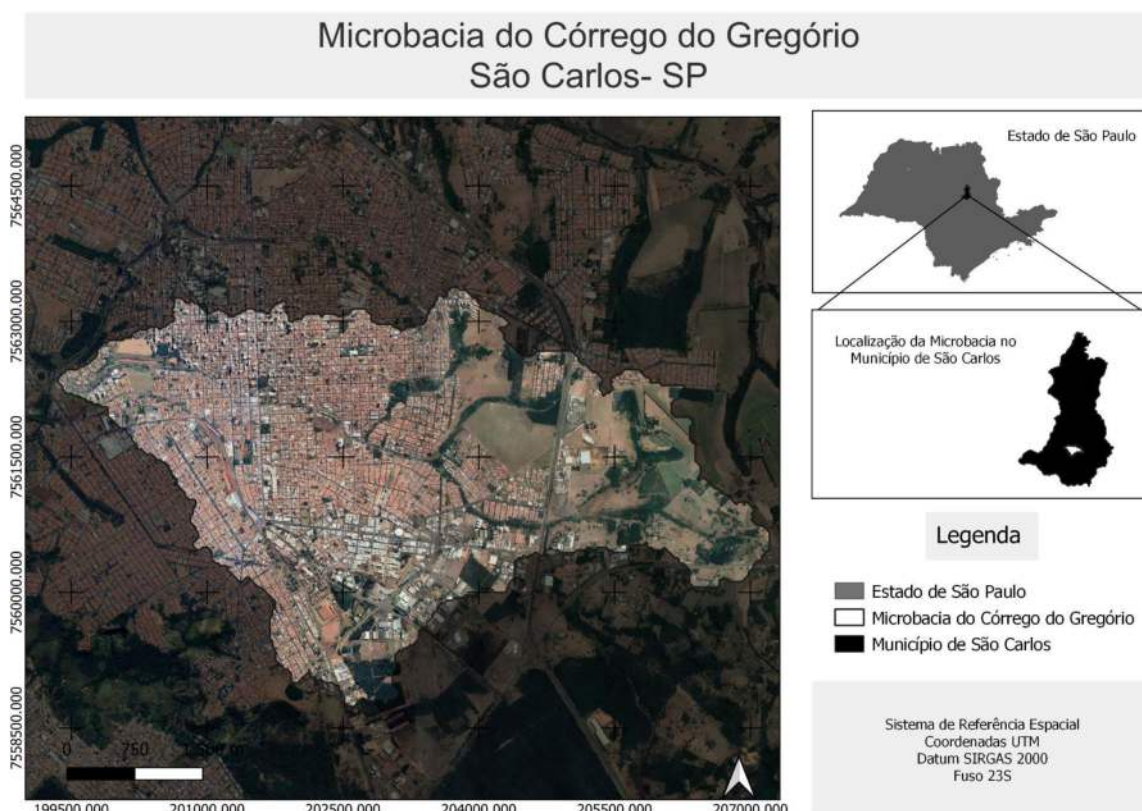


Fonte: A autora (2022)

Fazendo a comparação entre os hidrogramas do ano de 2021 e 1985, percebe-se que os hidrogramas de 2021 para a microbacia do Córrego do Tijuco preto apresentam vazões muito superiores para os dois eventos estudados.

5.3. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Gregório

Mapa 13 - Localização da microbacia do Córrego do Gregório



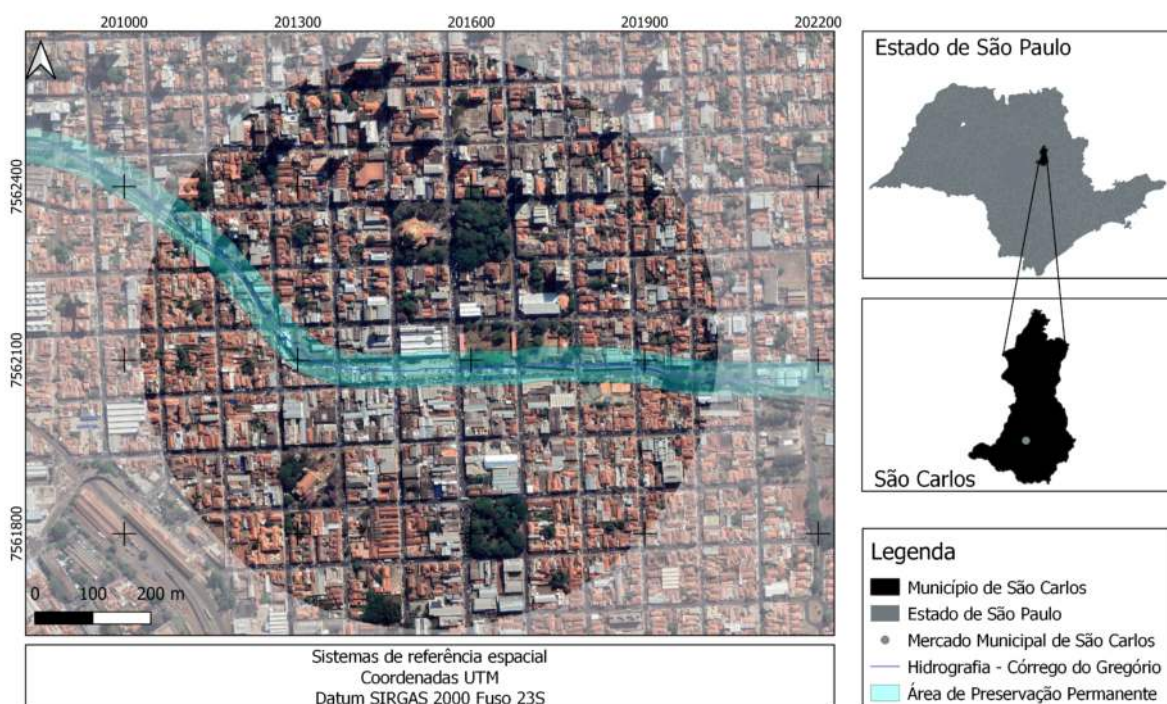
Fonte: A autora (2022)

A microbacia do córrego do Gregório apresenta uma área de cerca de 19 km², com comprimento de talvegue de cerca de 9 km e diferença máxima de cotas de 135 metros. A ocupação das proximidades do córrego cresceu muito até 1940, uma vez que abriga o centro da cidade, com a presença de estabelecimentos industriais. A ocupação da cidade iniciou pelo Córrego do Gregório, o qual corta inclusive o Mercado Municipal de São Carlos, que muitas vezes sofre com as consequências dos problemas de drenagem da bacia devido aos processo de canalização e retificação do córrego durante o período de 1970 a 1974, que além de

contribuir com a expansão urbana pela possibilidade de construção de casas e comércios, permitiu o lançamento dos esgotos, para que escoasse de forma rápida para fora da cidade (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

Mapa 14 - Localização do trecho do Córrego do Gregório

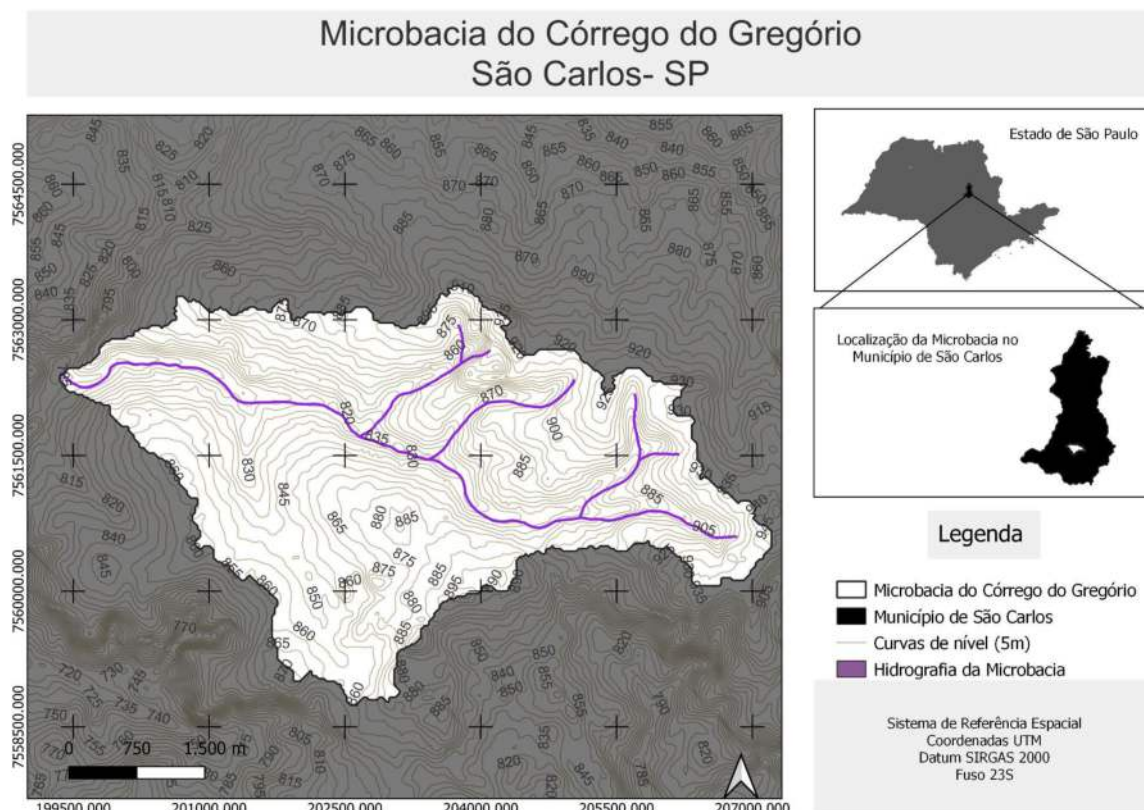
Trecho do Córrego do Gregório - São Carlos, SP



Fonte: A autora (2022)

O mapa acima mostra um recorte do córrego do Gregório no centro da cidade, passando pelo Mercado Municipal de São Carlos. Pode-se observar na escala e trecho representados no mapa, uma densidade urbana muito elevada.

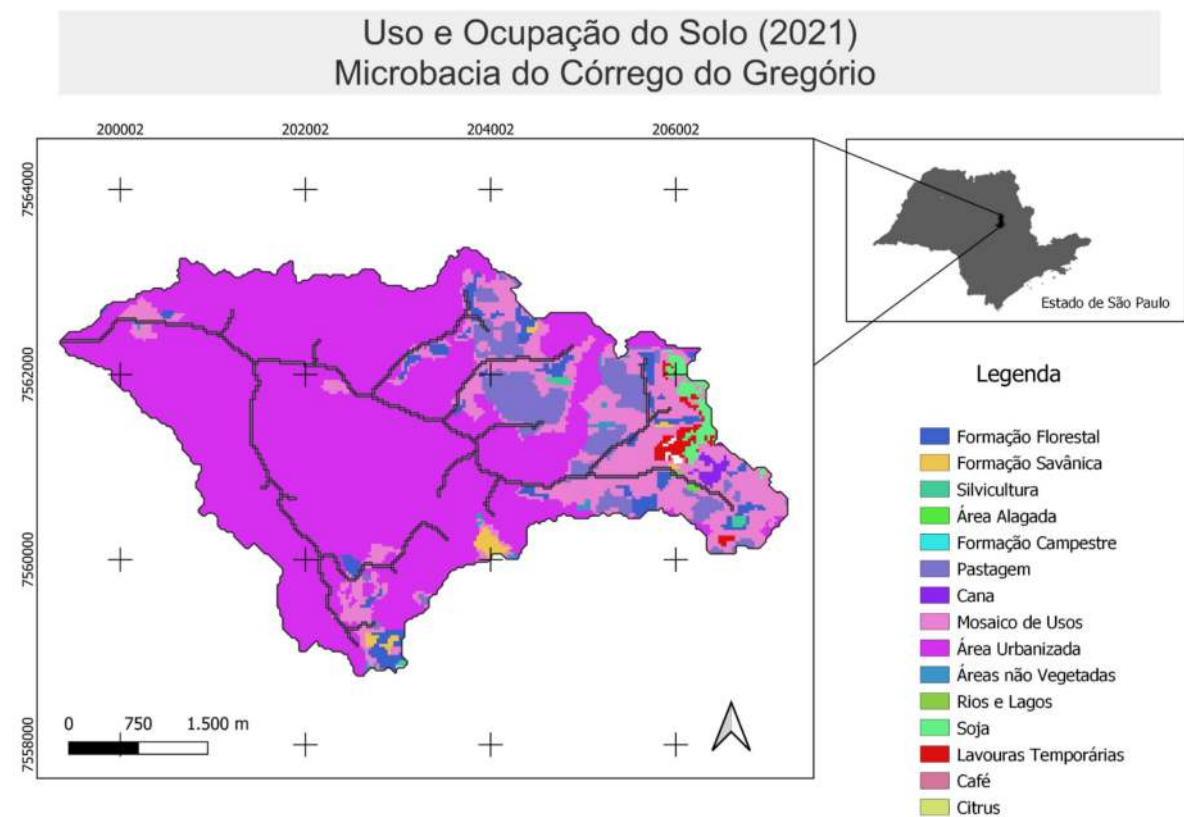
Mapa 15 - Topografia da microbacia do Córrego do Gregório



Fonte: A autora (2022)

O mapa topográfico acima evidencia a grande diferença máxima entre as cotas na microbacia, elemento que pode ser associado, juntamente ao uso e ocupação do solo na área aos eventos frequentes de alagamento no centro da cidade, que além de ser um ponto de vale na cidade, recebe vazão pluvial de áreas impermeabilizadas.

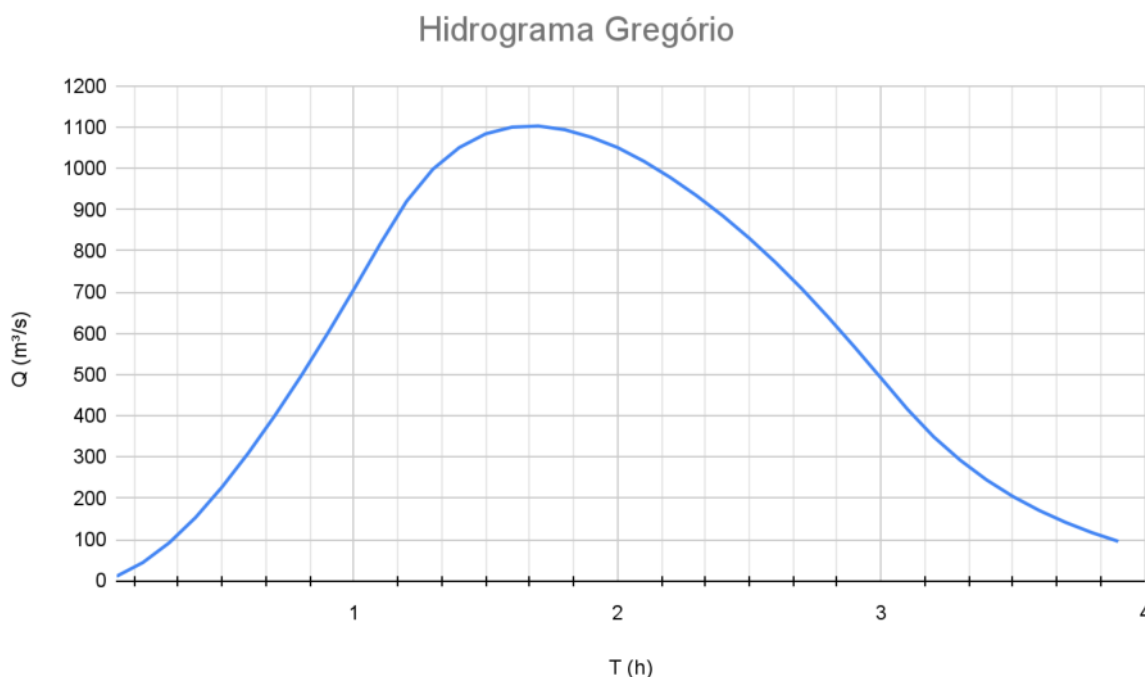
Mapa 16 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Gregório



Fonte: A autora (2022)

O predominante uso da microbacia apresenta-se como sendo área urbanizada, apesar de possuir algumas áreas de pastagem ou de formação savânica, a cobertura vegetal é muito inferior em relação ao solo impermeabilizado ou desflorestado.

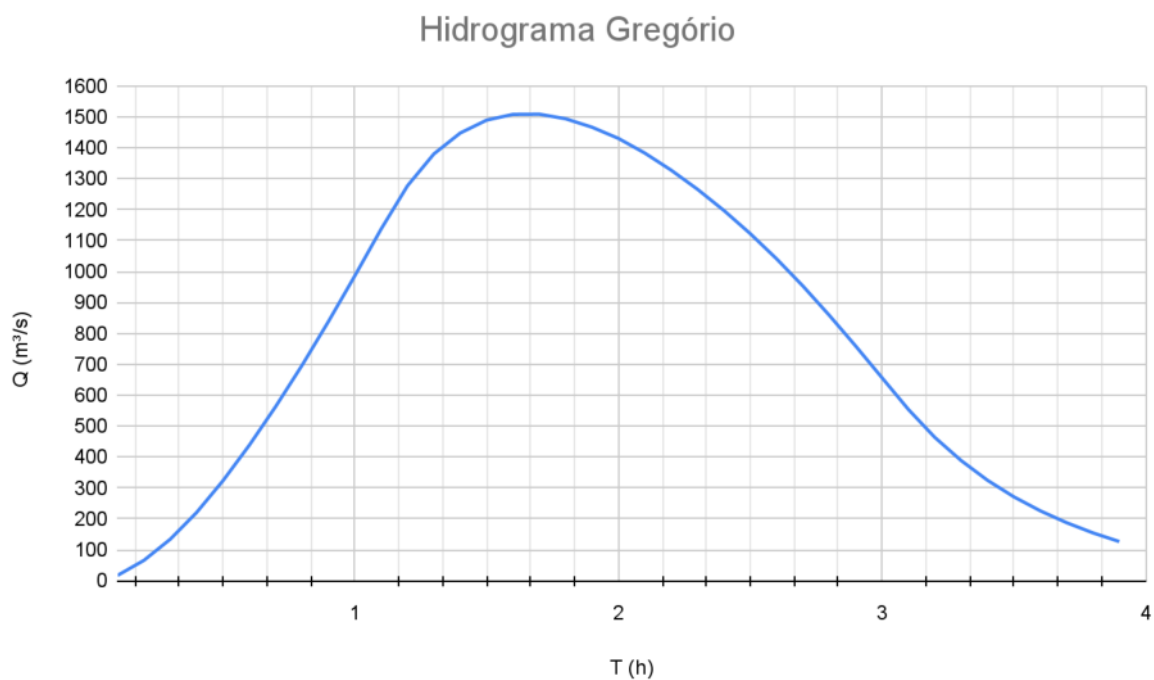
Gráfico 14 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

O comportamento do hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório traz consigo uma curva de crescimento até a vazão de pico próxima ao tempo de 1 hora e meia de chuva, aproximadamente. Além disso, ocorre uma suave queda da curva após a vazão de pico, o que pode significar uma necessidade maior de tempo para a dissipação da água da chuva, o que justificaria os eventos de alagamentos na região.

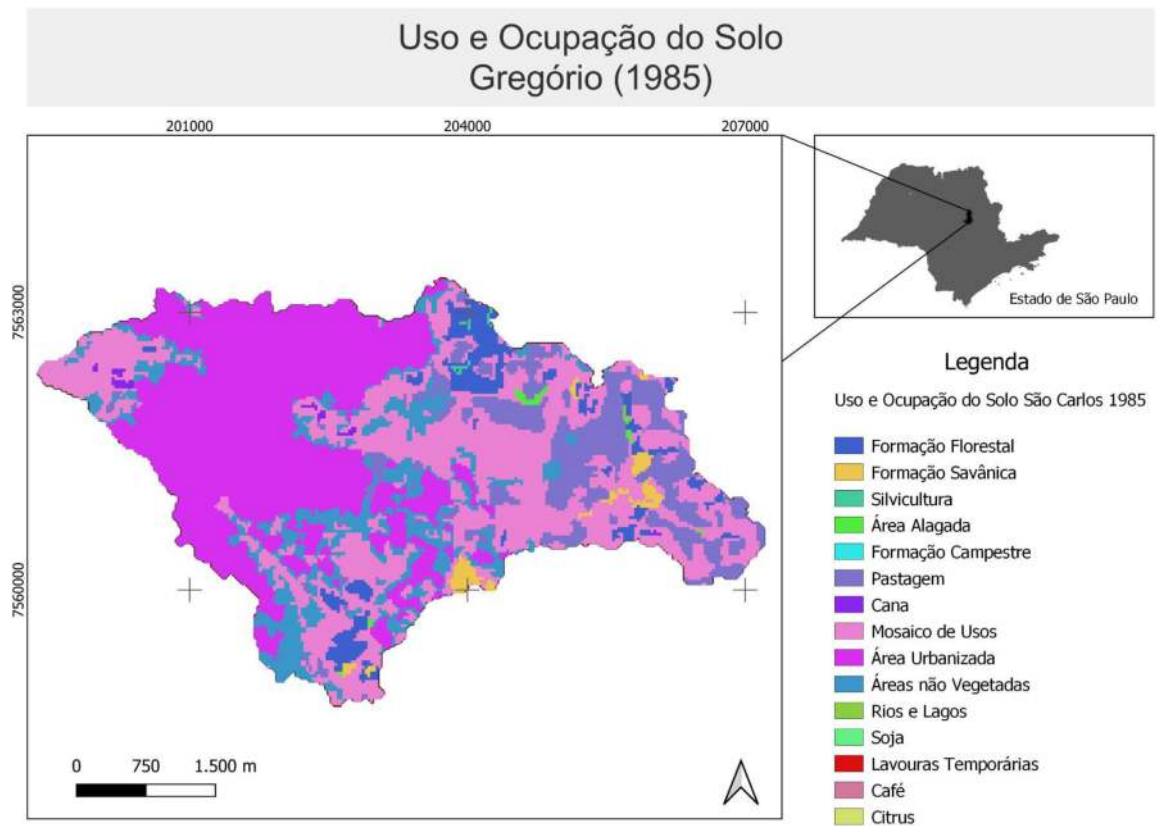
Gráfico 15 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

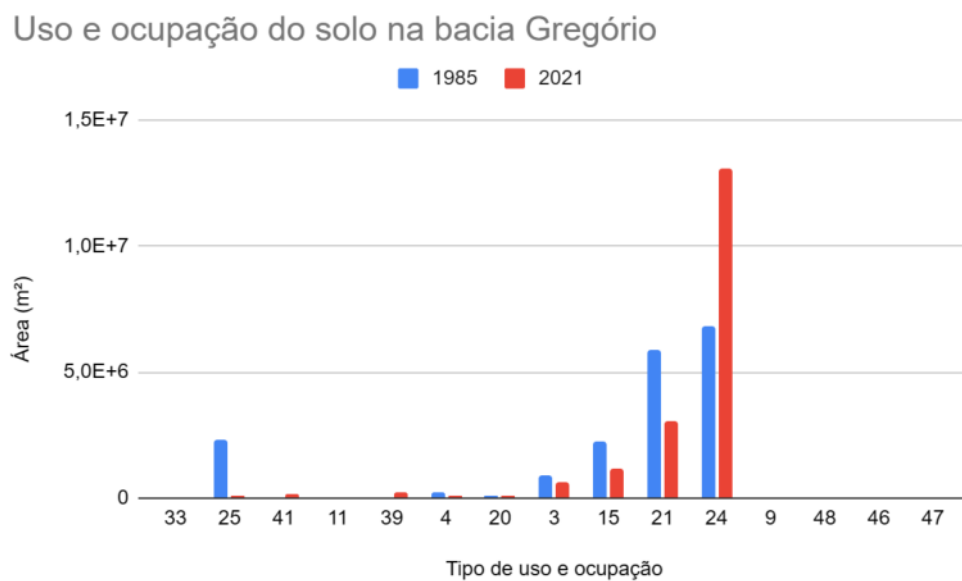
Com o tempo de retorno de 200 anos, o hidrograma apresenta significativo aumento da vazão de pico, com uma vazão drenada de cerca de 1500 m^3/s após 1 hora e meia de chuva.

Mapa 17 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Gregório



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 16 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Gregório

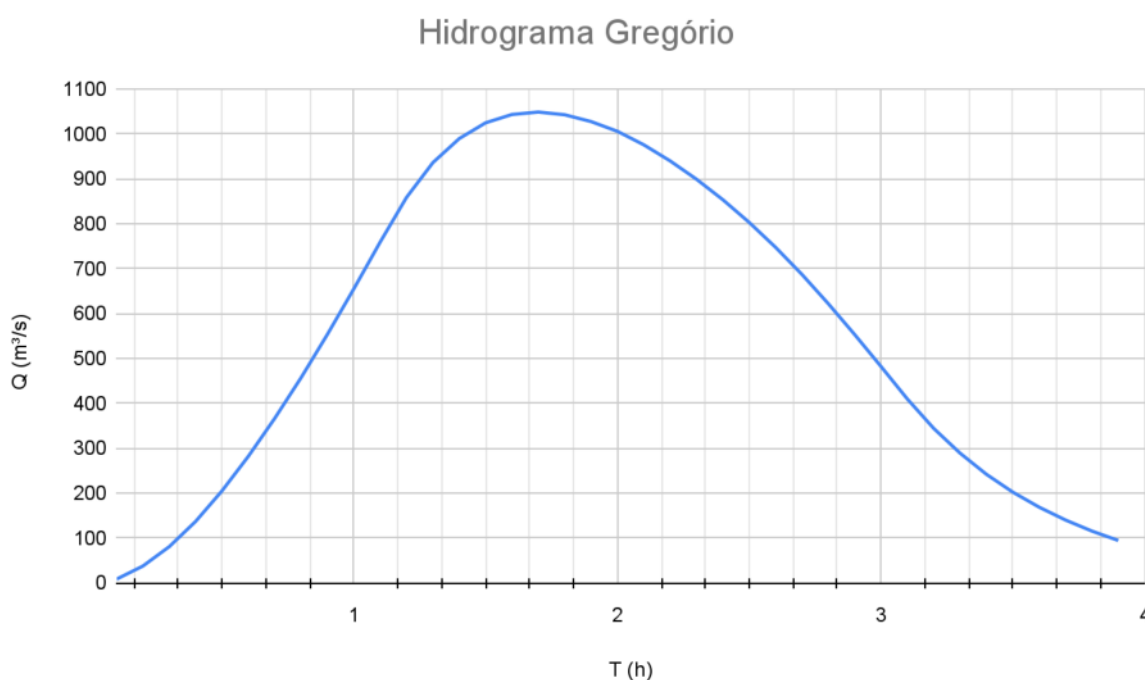


Fonte: A autora (2022)

O mapa de uso e ocupação do solo no ano de 1985 para a microbacia do Córrego do Gregório traz consigo grande parte de área já urbanizada, cerca de 6km². Além disso, possui áreas de pastagem, formação savânica, alguns pontos de formação florestal e áreas de mosaico de usos.

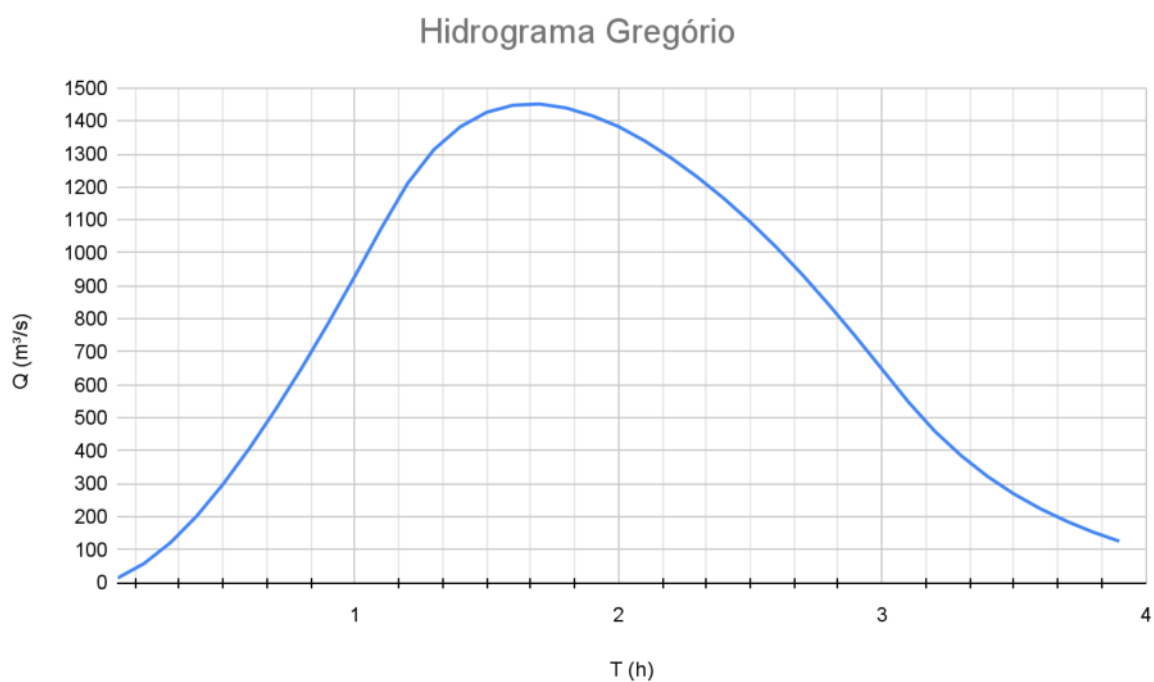
Ao comparar os hidrogramas do ano de 2021 com os de 1985 tem-se que as vazões de pico para o ano de 1985 apresentam-se menores que as de 2021 para ambas as análises de tempo de retorno.

Gráfico 17 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

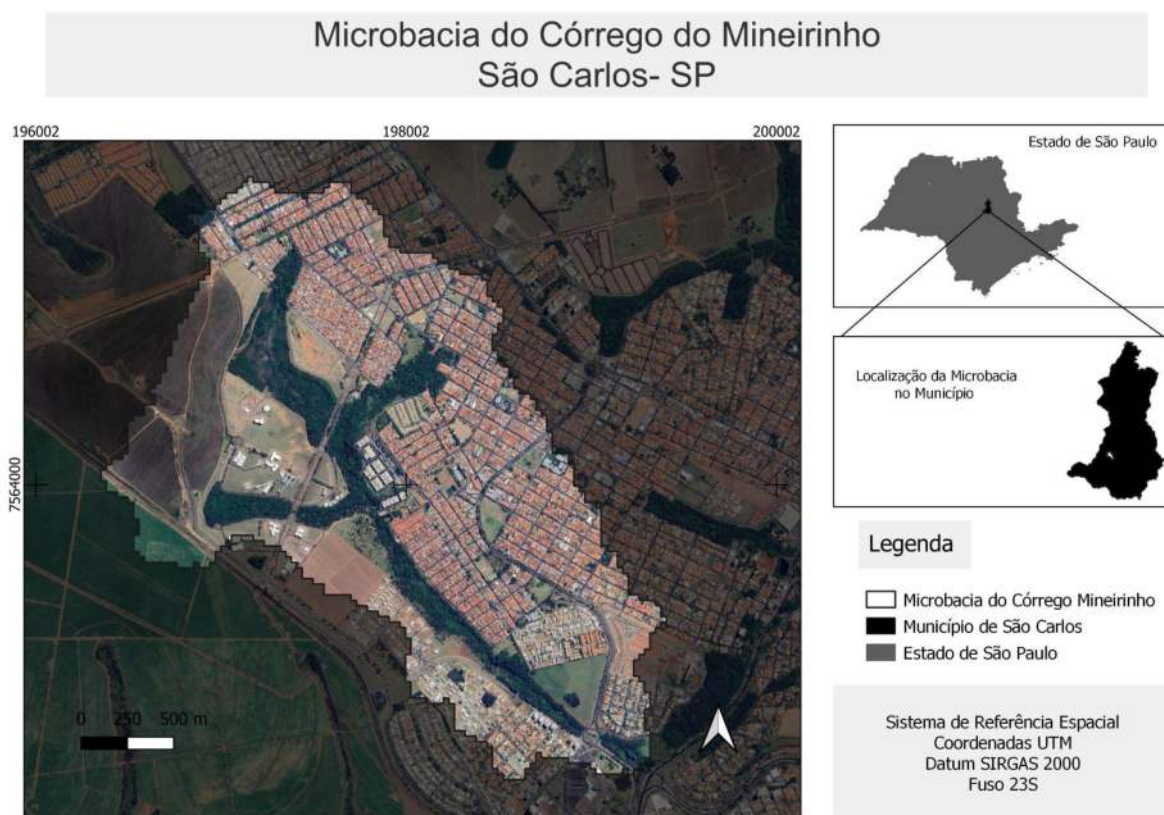
Gráfico 18 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Gregório para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

5.4. Microbacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho

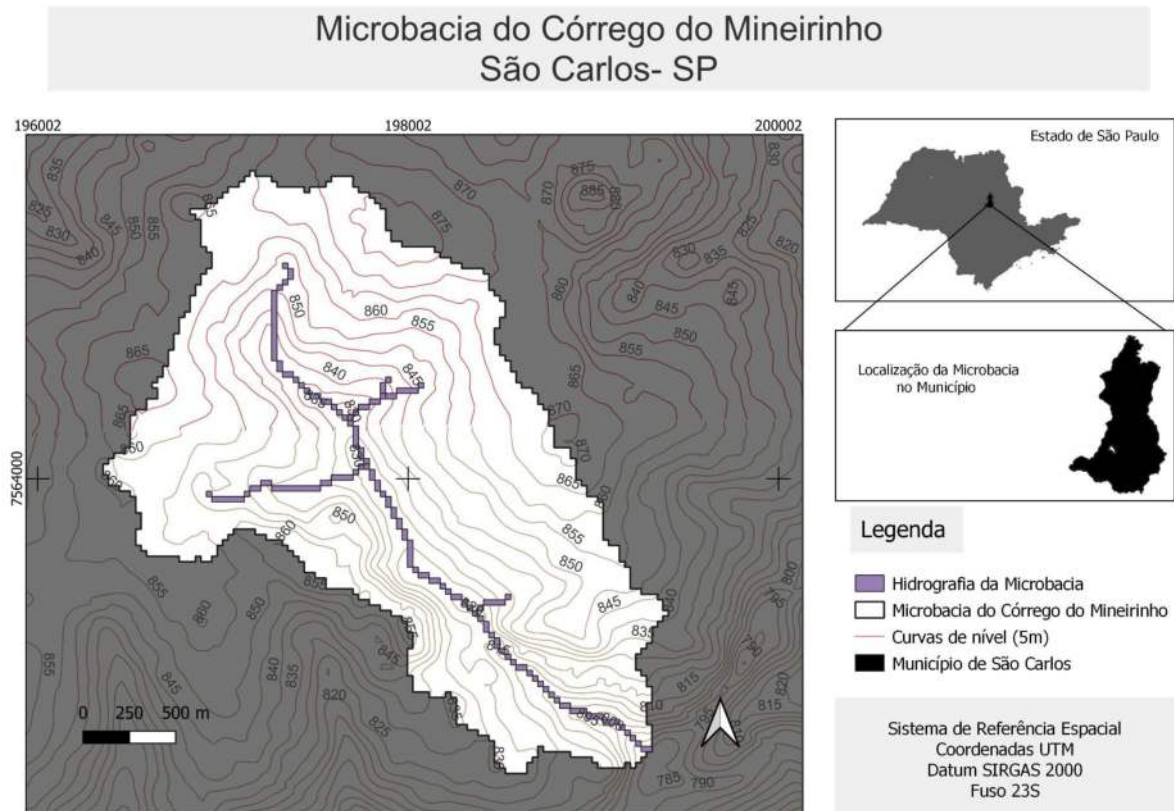
Mapa 18 - Localização da microbacia do Córrego do Mineirinho



Fonte: A autora (2022)

O comprimento do Córrego do Mineirinho é de cerca de 4km de extensão, presente em uma área de microbacia de quase 6 km², com diferença máxima de cota de 92 metros de altitude. Suas nascentes encontram-se no bairro Santa Angelina próxima ao bairro Santa Felícia, sendo também afluente do Rio Monjolinho na altura próxima à rotatória do Cristo e tendo como principal afluente o córrego Santa Fé (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

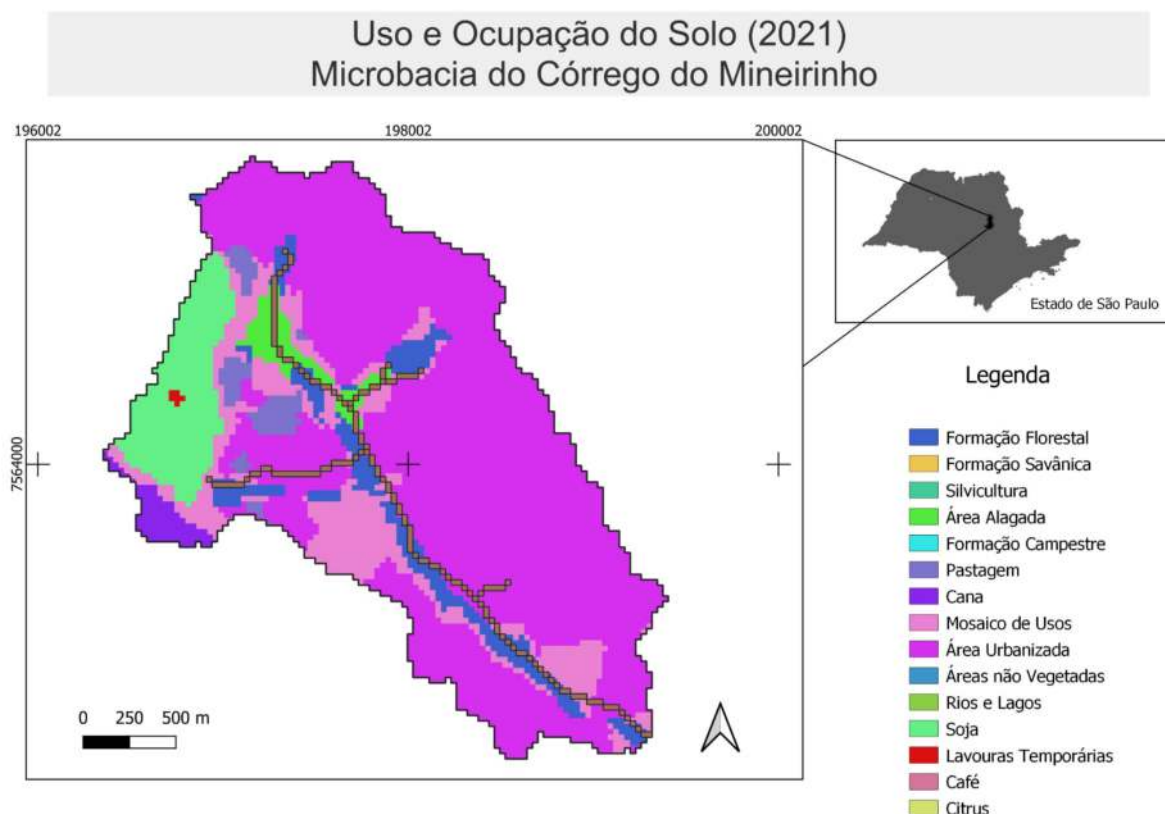
Mapa 19 - Topografia da microbacia do Córrego do Mineirinho



Fonte: A autora (2022)

A ocupação na região iniciou-se por volta dos anos 1960 e o processo de expansão marcou a década de 1960 de forma desordenada, sendo que apenas a partir de 1980 a infraestrutura das construções do local passou a ser mais planejada. Alguns dos impactos ambientais observados na região são relacionados aos processos erosivos devido à grande quantidade de solo exposto e à impermeabilização do solo por conta da ocupação majoritariamente desorganizada na história da ocupação das regiões. Dessa forma, o local, principalmente o exutório da microbacia sofre com o aumento da drenagem na região com cheias (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

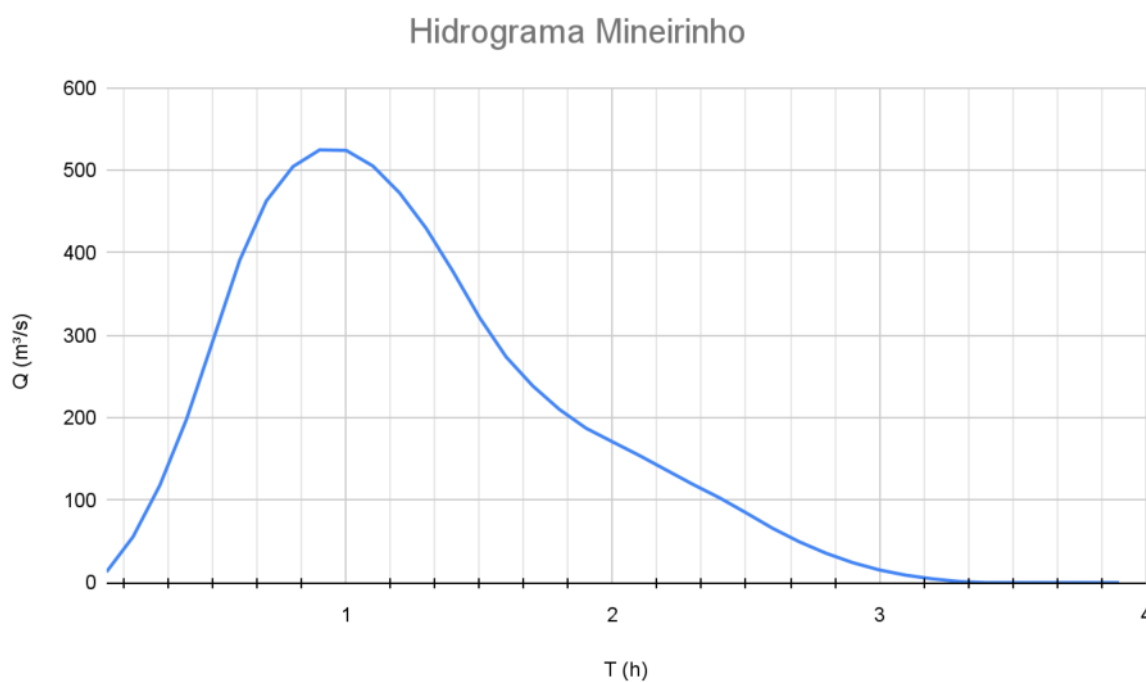
Mapa 20 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Mineirinho



Fonte: A autora (2022)

Pode-se perceber que grande parte da microbacia também é composta por área urbanizada, com alguns pontos de cobertura vegetal próximo à extensão do córrego principal, assim como pontos de plantações e mosaico de usos.

Gráfico 19 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos

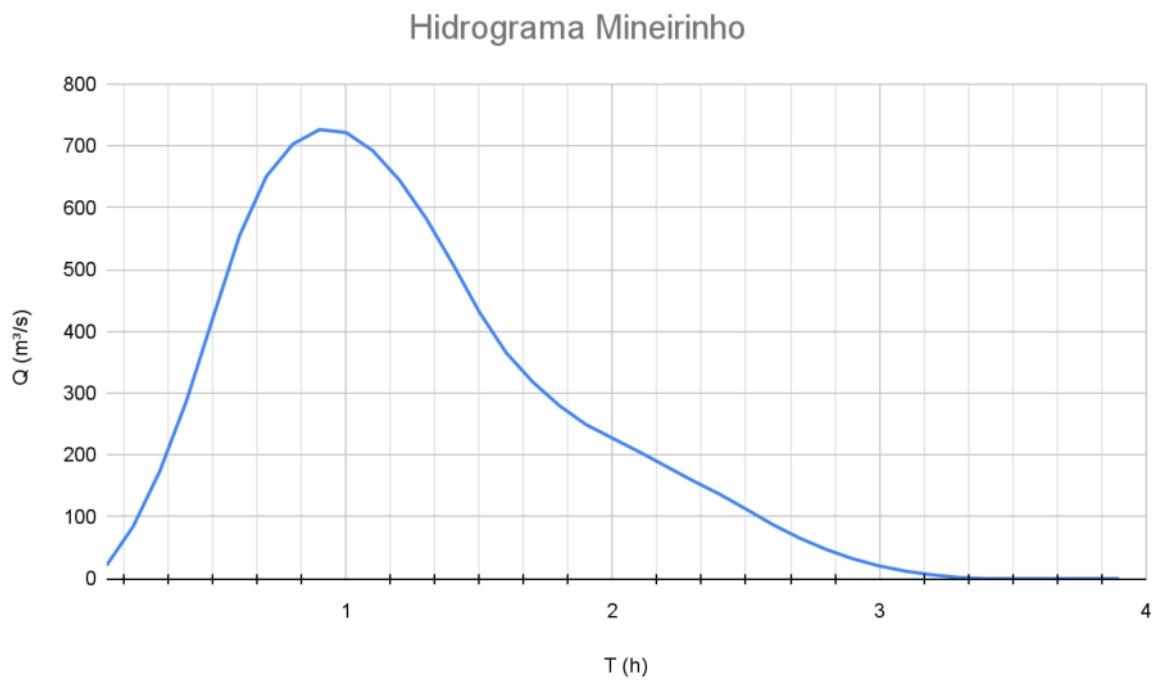


Fonte: A autora (2022)

A elevada porcentagem de área urbanizada da bacia causa o alcance da vazão de pico em um tempo menor, entretanto, por conta da área da bacia as vazões não são tão elevadas.

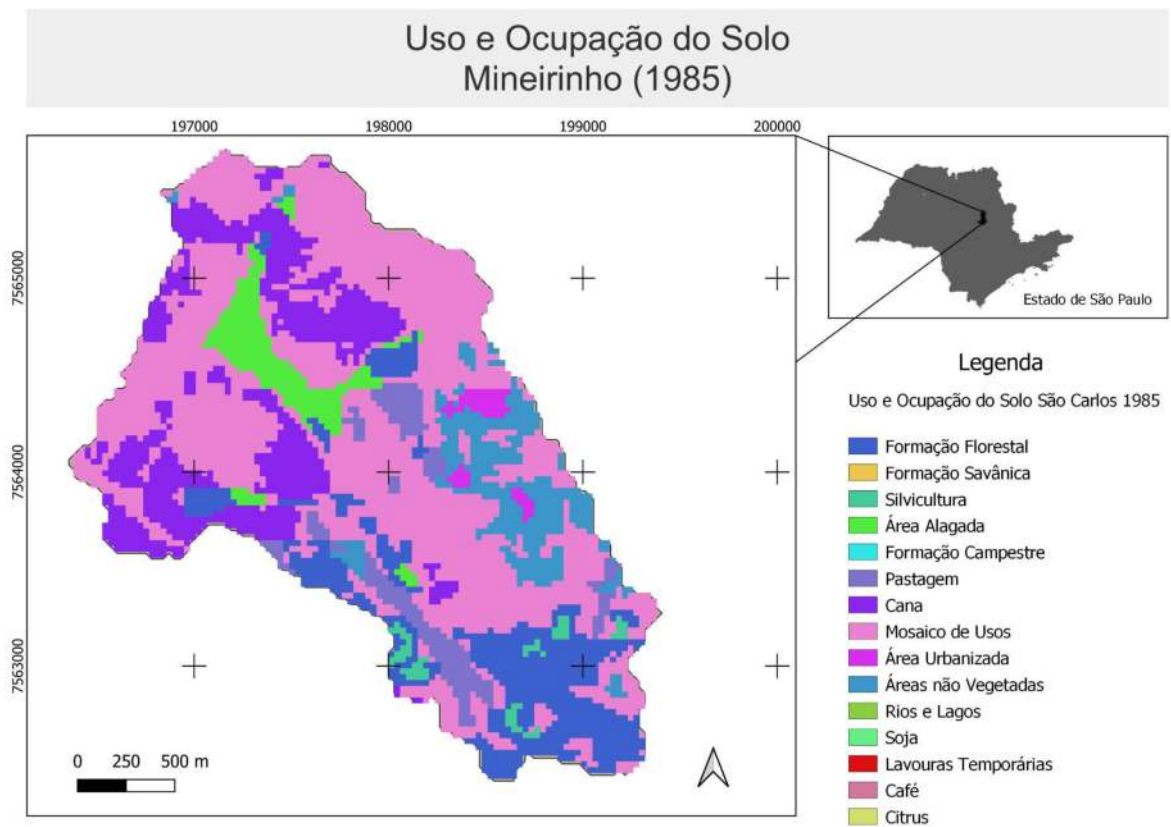
Comparado ao hidrograma para tempo de retorno de 200 anos tem-se que a vazão de pico para o evento da chuva de tempo de retorno de 200 anos apresenta-se superior, como pode-se observar no gráfico 17.

Gráfico 20 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

Mapa 21 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Mineirinho



Fonte: A autora (2022)

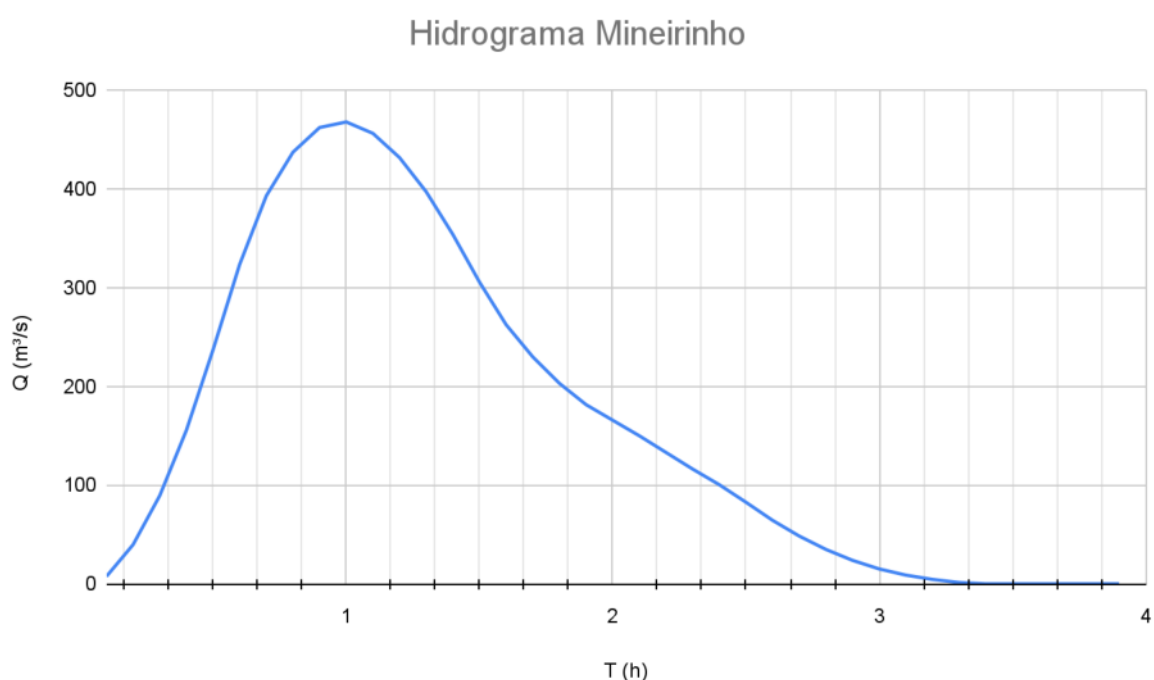
Gráfico 21 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego do Mineirinho



Fonte: A autora (2022)

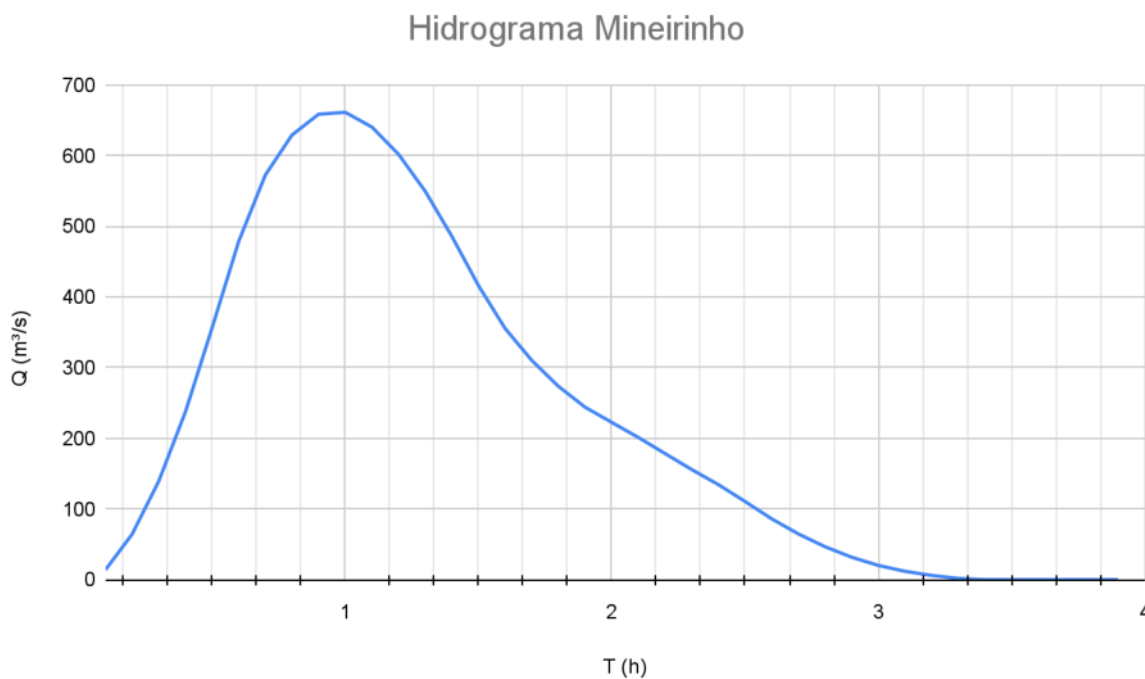
O mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1985 apresenta áreas de pastagem, plantação de cana, áreas alagadas, alguns focos de formação florestal e com pequena área urbanizada, cerca de 60000 m². Além disso, o mapa também apresenta grande área de mosaico de usos.

Gráfico 22 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 23 - Hidrograma da microbacia do Córrego do Mineirinho para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos

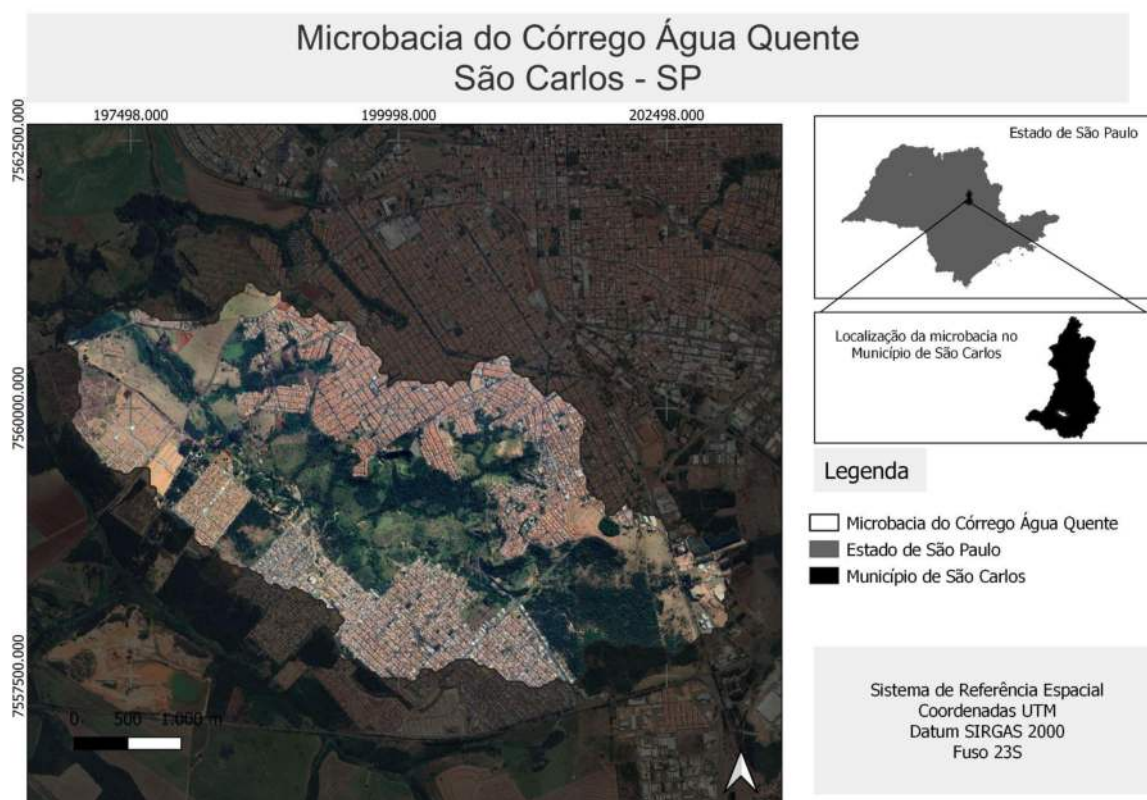


Fonte: A autora (2022)

A comparação entre os hidrogramas para a microbacia do Córrego do Mineirinho traz consigo a conclusão de que a vazão de pico na bacia nos anos de 2021 apresentam-se mais elevadas nos dois eventos de chuva estudados (50 e 200 anos).

5.5. Microbacia Hidrográfica do Córrego da Água Quente

Mapa 22 - Localização da microbacia do Córrego da Água Quente

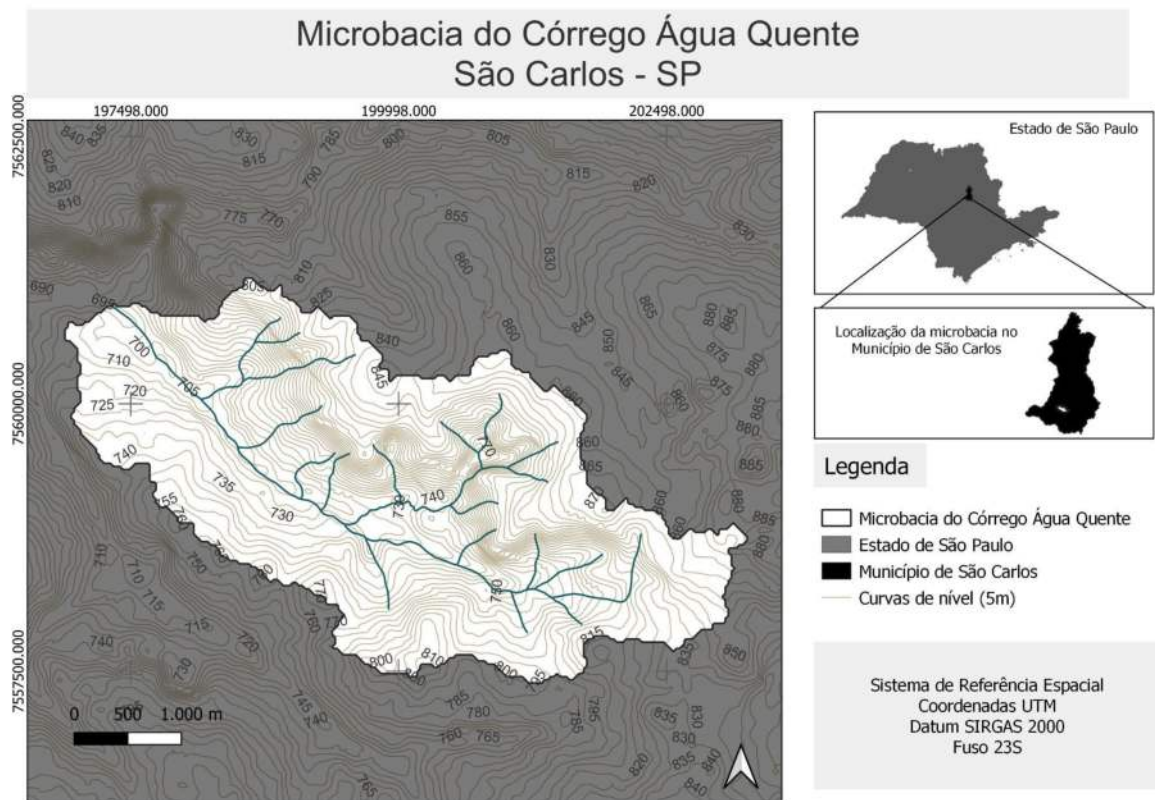


Fonte: A autora (2022)

A microbacia do Córrego da Água Quente é formada por uma área aproximada de cerca de 12,5 km² com comprimento do rio principal de 6 km, contando com uma diferença de cota dentro da área de 165 metros. As nascentes do córrego localizam-se no bairro Presidente Collor e recebe contribuição do Parque Novo Mundo, Antenor Garcia, Jardim Zavaglia, Eduardo Abdelnur, Planalto Verde, CEAT e dos bairros da Cidade Aracy 1 e 2 (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

A proximidade do córrego com o loteamento do MCMV, e alguns conjuntos habitacionais adjacentes, além da Estação de Tratamento de Esgoto, que pode acarretar em inúmeros problemas aos recursos hídricos em torno, tem acarretado a degradação da Água Quente. A emissão de produtos químicos por empreendimentos industriais; escoamento de esgoto in natura; depósito de resíduos de construção civil e domiciliares; queimadas; implementação de áreas de pastagem irregulares; invasões ilegais; extração de madeira (SALGADO, 2010) afetam diretamente na questão da vulnerabilidade socioambiental da população residente nas margens do córrego.

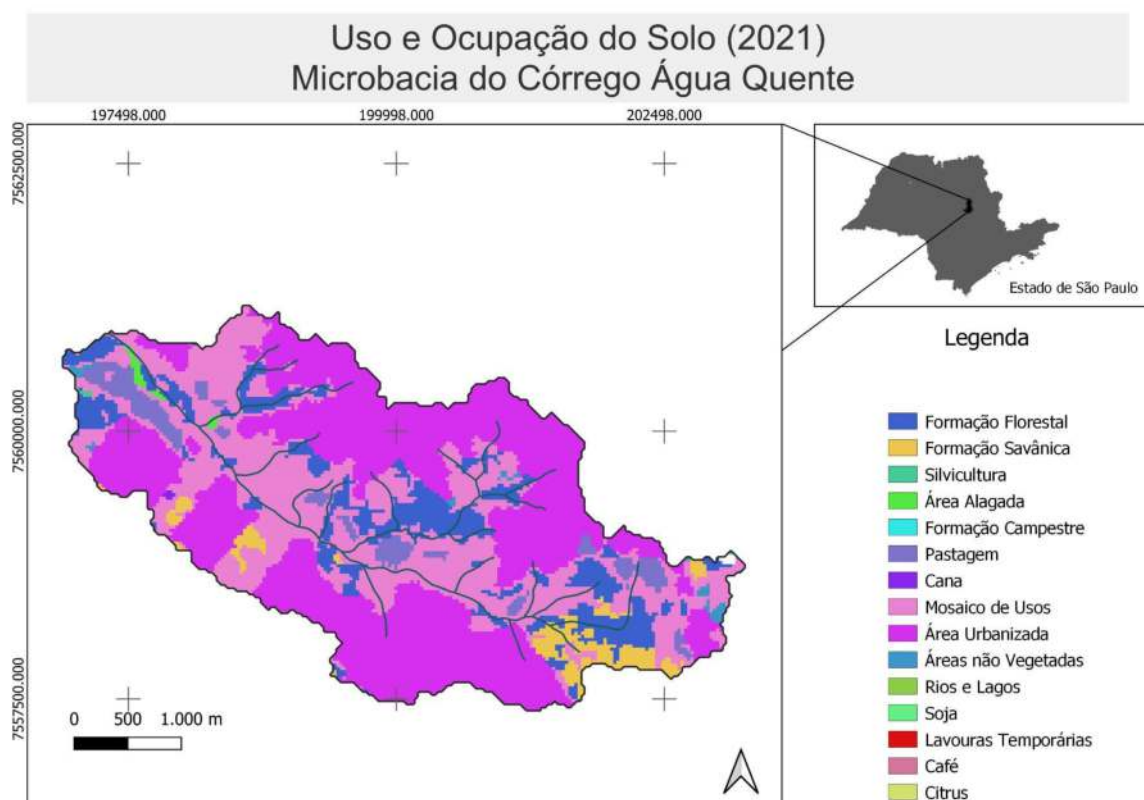
Mapa 23 - Topografia da microbacia do Córrego da Água Quente



Fonte: A autora (2022)

A proximidade do córrego com o loteamento do MCMV, e alguns conjuntos habitacionais adjacentes, além da Estação de Tratamento de Esgoto, que pode acarretar em inúmeros problemas aos recursos hídricos em torno, tem acarretado a degradação do córrego Água Quente. A emissão de produtos químicos por empreendimentos industriais; escoamento de esgoto in natura; depósito de resíduos de construção civil e domiciliares; queimadas; implementação de áreas de pastagem irregulares; invasões ilegais; extração de madeira (SALGADO, 2010) afetam diretamente na questão da vulnerabilidade socioambiental da população residente nas margens do córrego.

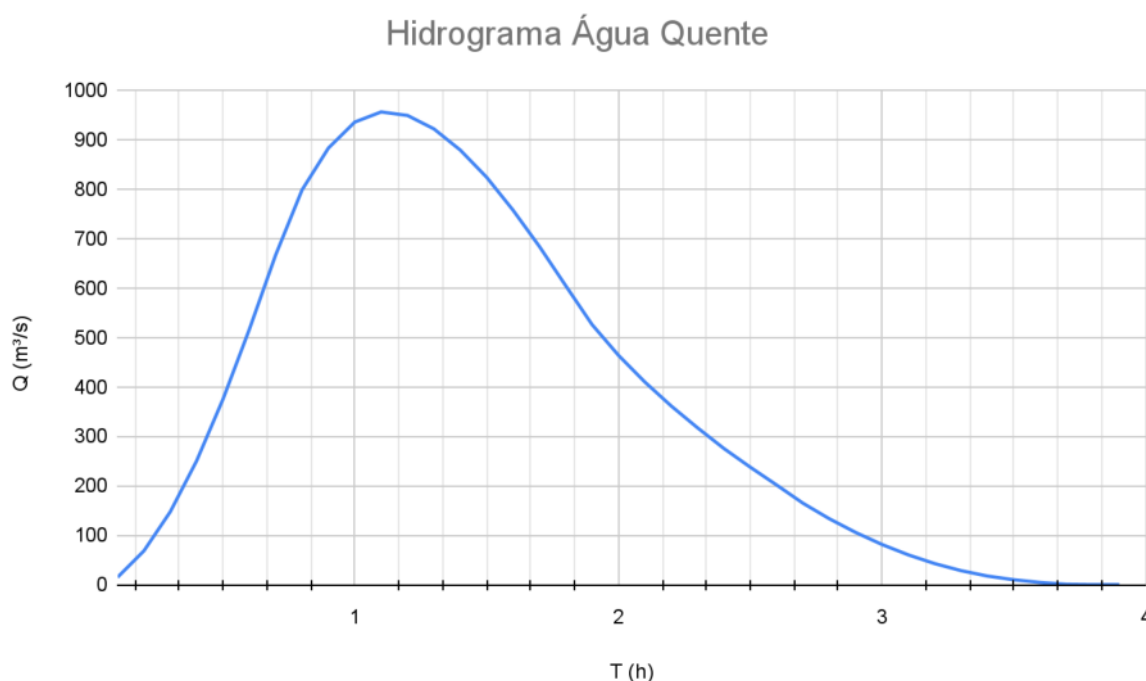
Mapa 24 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Quente



Fonte: A autora (2022)

O uso do solo é predominantemente para ocupação urbana, mas possui pontos de formação florestal nas áreas próximas à drenagem dos cursos hídricos, algumas áreas não vegetadas e pontos de formação savânica a noroeste e a sudeste do mapa, o que evidencia a consequência de uma das áreas que mais cresceu nas últimas décadas na cidade de São Carlos (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

Gráfico 24 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos

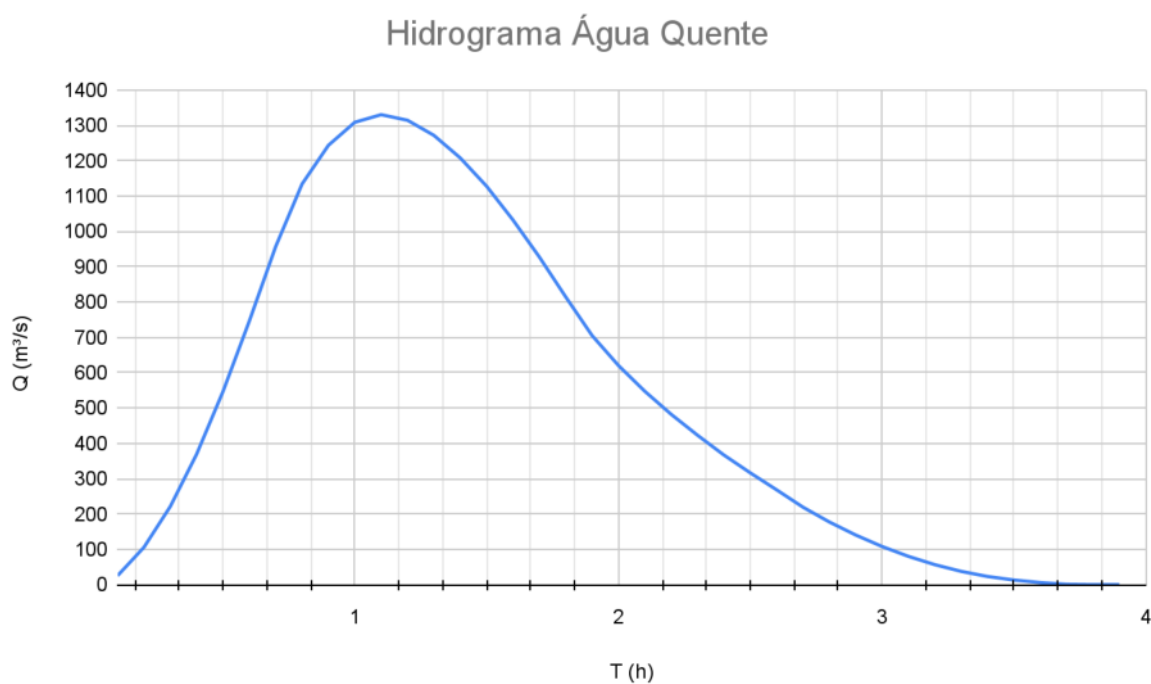


Fonte: A autora (2022)

A vazão de pico do hidrograma ocorre próximo à 1 hora de chuva e, a queda da curva apresenta-se de forma bastante gradual, o que traz consigo a conclusão de que a vazão de escoamento superficial leva certo tempo para escoar por completo na microbacia.

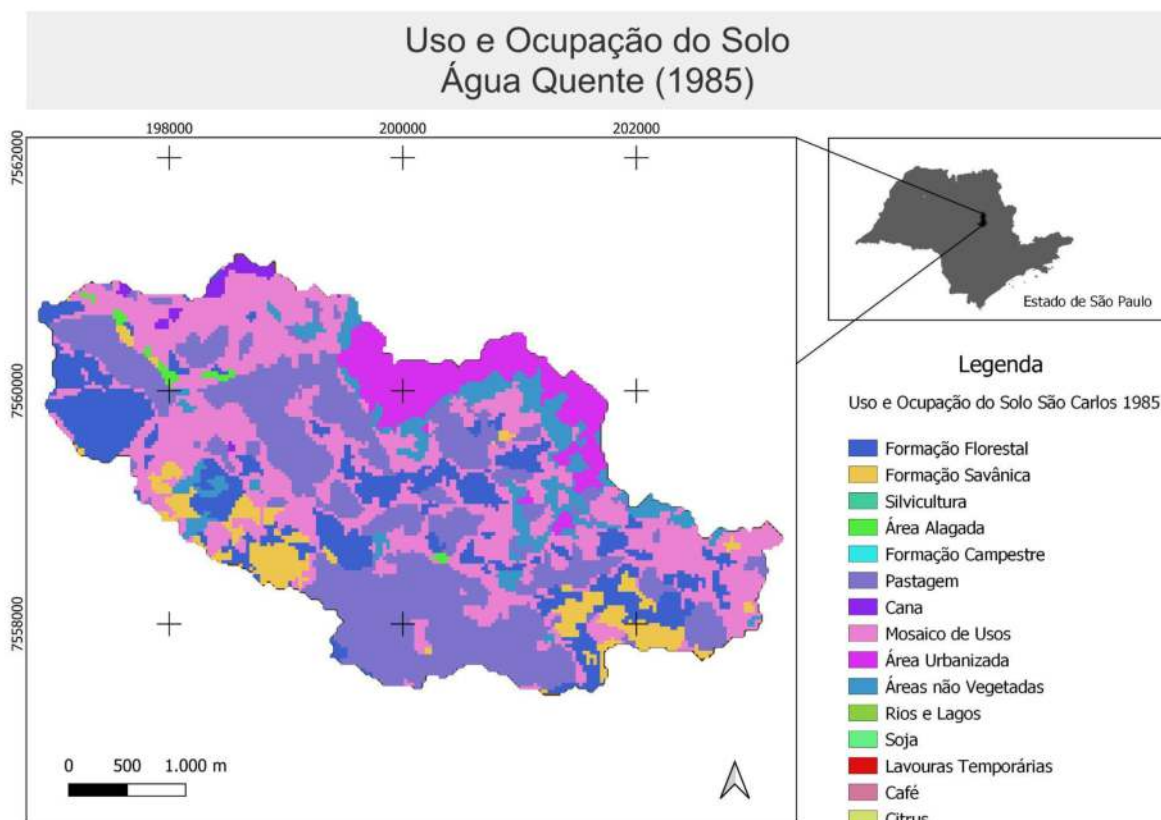
O hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente apresenta-se com maior vazão de pico para o tempo de retorno de 200 anos, chegando a cerca de 1300 m³/s.

Gráfico 25 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos



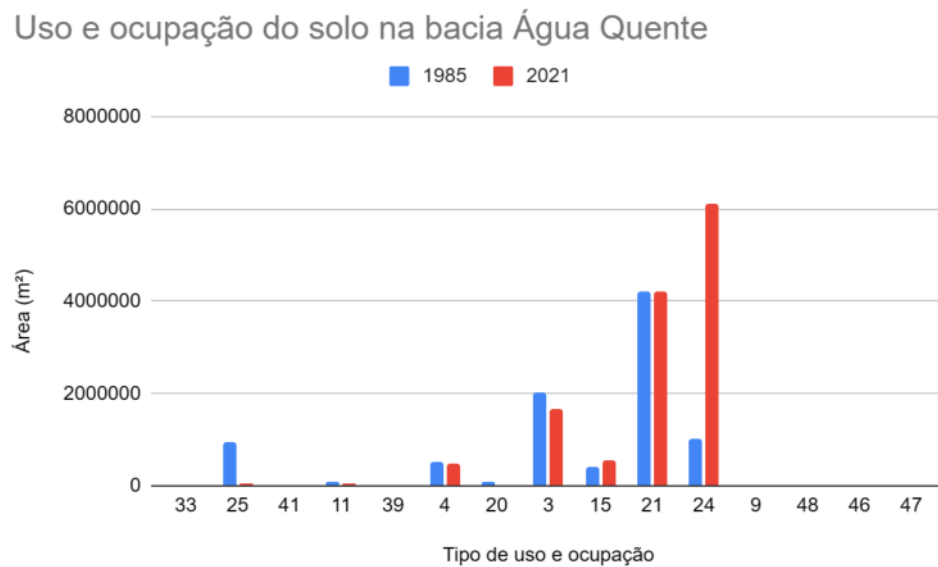
Fonte: A autora (2022)

Mapa 25 - Uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Quente



Fonte: A autora (2022)

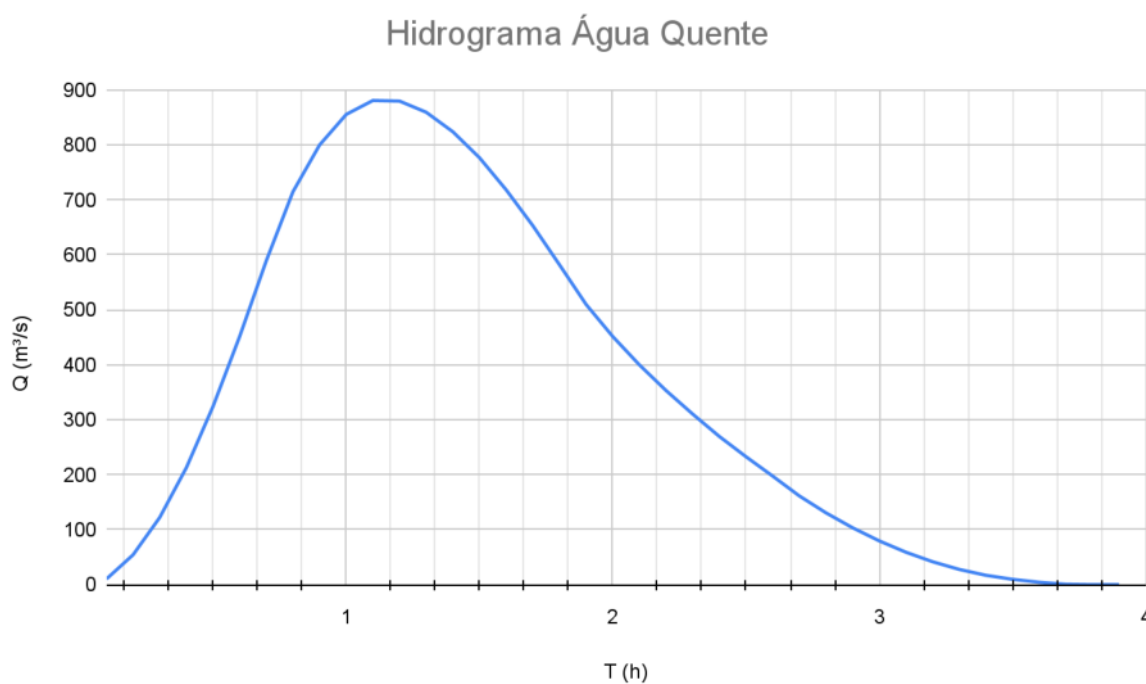
Gráfico 26- Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Quente



Fonte: A autora (2022)

No ano de 1985, a área urbanizada da microbacia do Córrego da Água Quente apresenta-se inferior, com cerca de 1km². Além disso, os principais usos do solo mostrados no mapa são: pastagem, mosaico de usos, formação savânica, formação florestal e alguns pontos de plantação de cana.

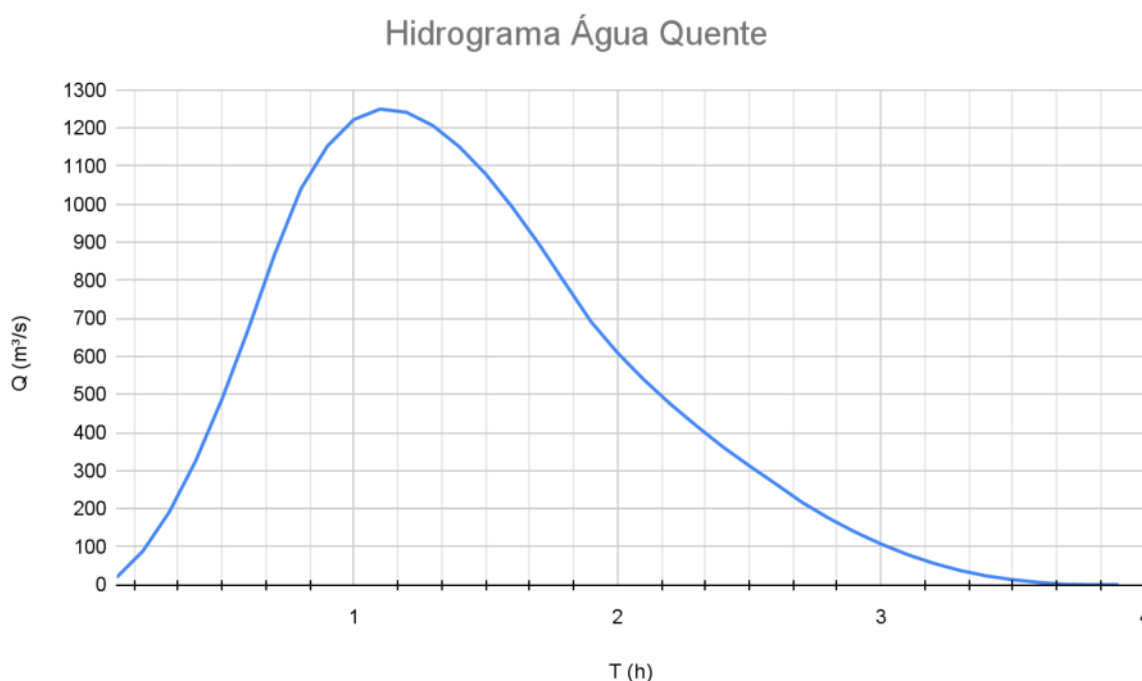
Gráfico 27 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

A comparação entre os hidrogramas segue o padrão para as demais bacias estudadas até então: os hidrogramas para o ano de 2021 apresentam-se com vazões de pico significativamente mais elevadas que nos hidrogramas de 1985 para a microbacia do Córrego da Água Quente.

Gráfico 28 - Hidrograma da microbacia do Córrego da Água Quente para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

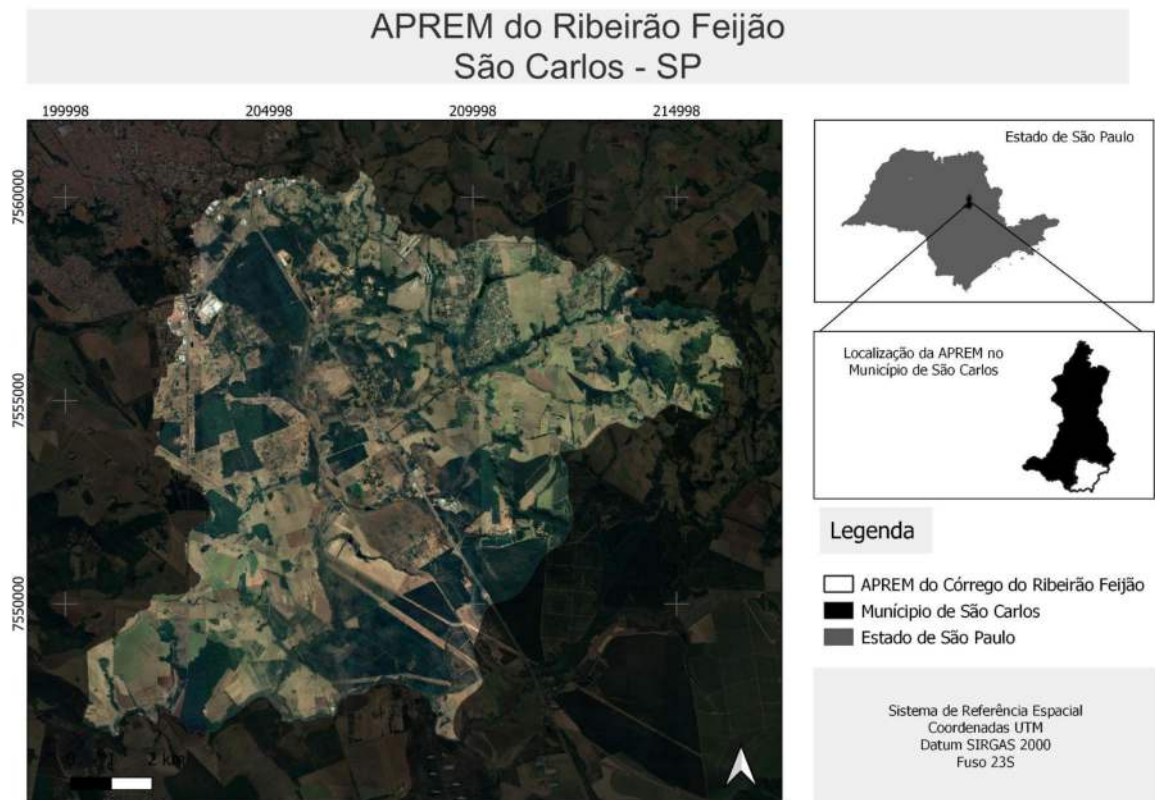
5.6. APREM do Ribeirão Feijão

As Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais foram criadas pela Lei Municipal 13.944 de 2006 com o objetivo de conservar o abastecimento da água de qualidade para abastecimento público, a fim de garantir o serviço de provisão de água em condições de consumo. São definidas áreas de preservação para fins de proteção dos mananciais, as chamadas Sub-áreas de Preservação (SAPRE) 1 e 2.

As SAPRE 1 são áreas de preservação permanente compreendidas aos limites da área da APREM. As SAPRE 2, por sua vez, são as áreas da faixa de 50 metros a partir da SAPRE 1, sendo a proteção da área de transição entre as áreas de preservação e de ocupação (São Carlos (SP), 2006)

Uma das áreas contempladas pelas APREM é a Bacia do Ribeirão Feijão, a montante da estação de captação de água para abastecimento. A realização de determinadas atividades dentro da área das APREM necessita de autorização via licenciamento (DE DEUS GROTTTO, Beatriz et al. 2021).

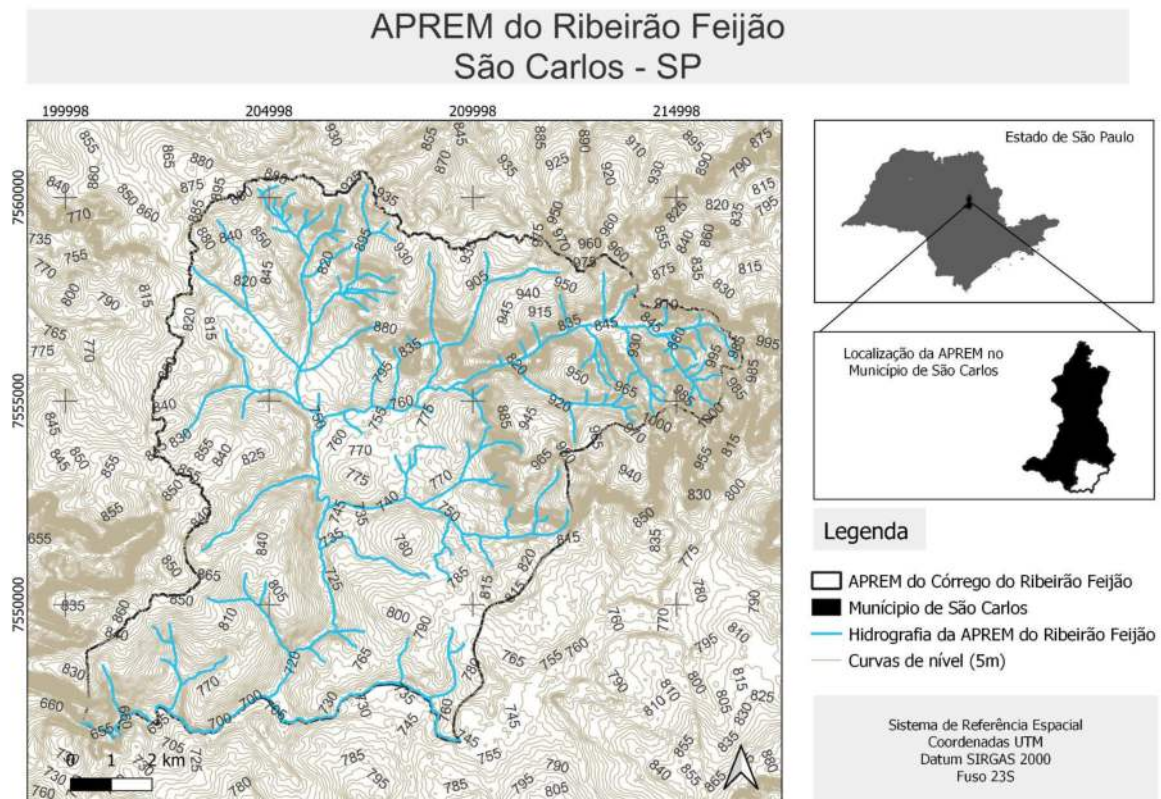
Mapa 26 - Localização da APREM do Ribeirão Feijão



Fonte: A autora (2022)

A APREM do Ribeirão Feijão localiza-se no sul do município de São Carlos e, em comparação com as áreas das microbacias citadas anteriormente, apresenta uma área maior, de cerca de 220 km², sendo 130 km² localizados no município. O comprimento do Ribeirão Feijão é de aproximadamente 13 km de comprimento, dividindo os municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina. Além disso, a diferença de na área é de cerca de 300 metros. Parte da sub-bacia do Ribeirão Feijão está localizada dentro do Aquífero Guaraní, além de que o mesmo fornece água potável para cerca de 35% do município (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

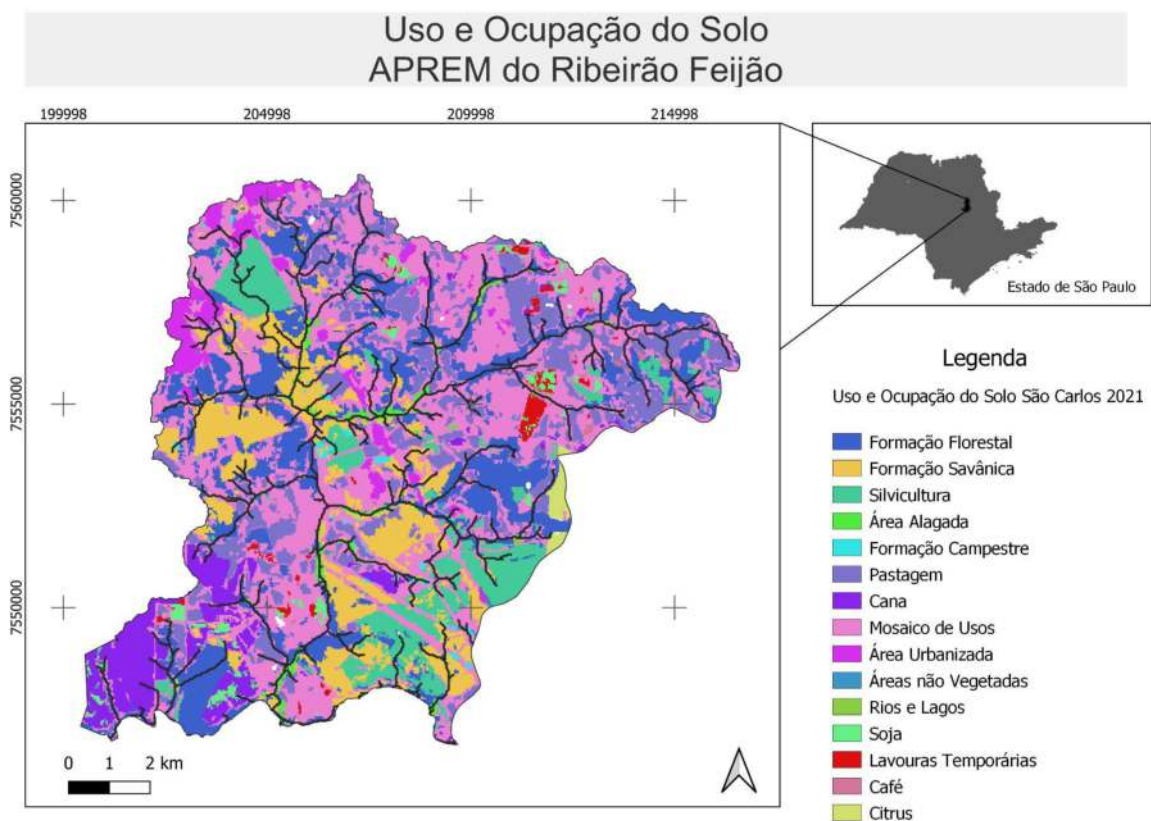
Mapa 27 -Topografia da APREM do Ribeirão Feijão



Fonte: A autora (2022)

O crescimento da cidade de São Carlos exigiu que a partir de 1971 fosse criado o sistema de captação de água no Ribeirão Feijão para fins de ampliação do até então abastecimento de água. Posteriormente, em 1988, uma nova barragem foi construída para aumentar ainda mais a capacidade de captação (FREITAS, D.; SANTOS, SAM., 2020).

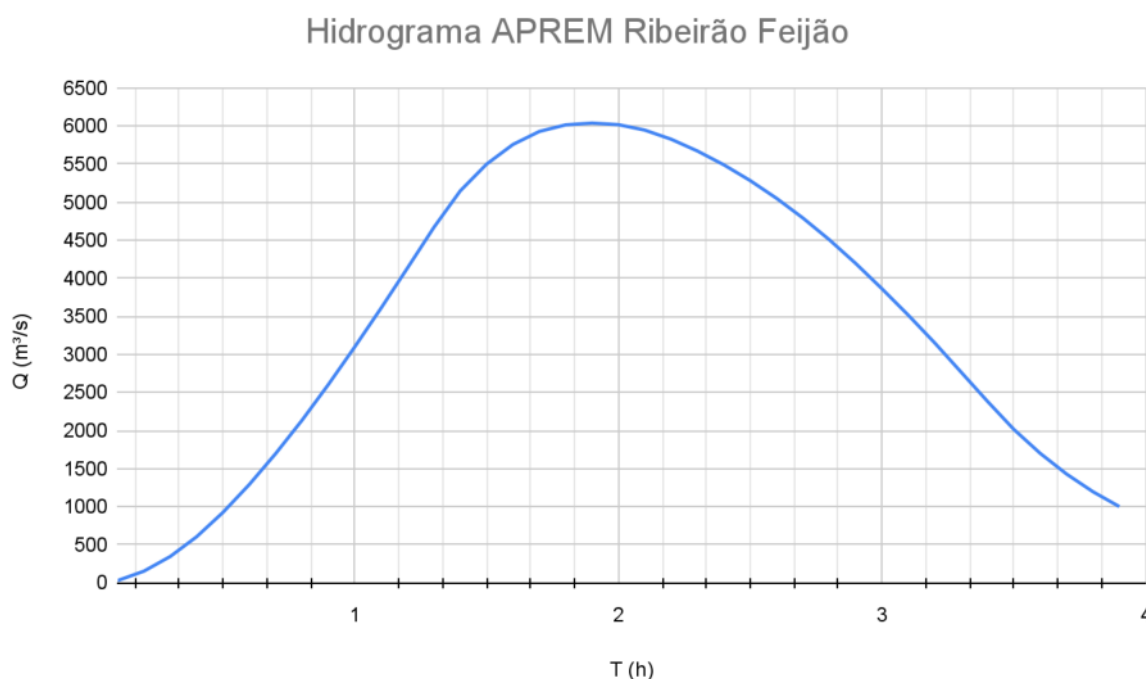
Mapa 28 -Uso e ocupação do solo na APREM do Ribeirão Feijão



Fonte: A autora (2022)

A ocupação do solo na APREM do Ribeirão Feijão apresenta-se predominantemente rural, com áreas de plantação de cana, silvicultura, outras lavouras, áreas de pastagem e formação savânica, com poucos pontos de área urbanizada presentes no centro e a noroeste do mapa. Para a construção do hidrograma, foi considerada área da APREM dentro do município de São Carlos, considerando uma área de 130 km² com CN estimado a partir dos usos e ocupação da área pertencente ao município.

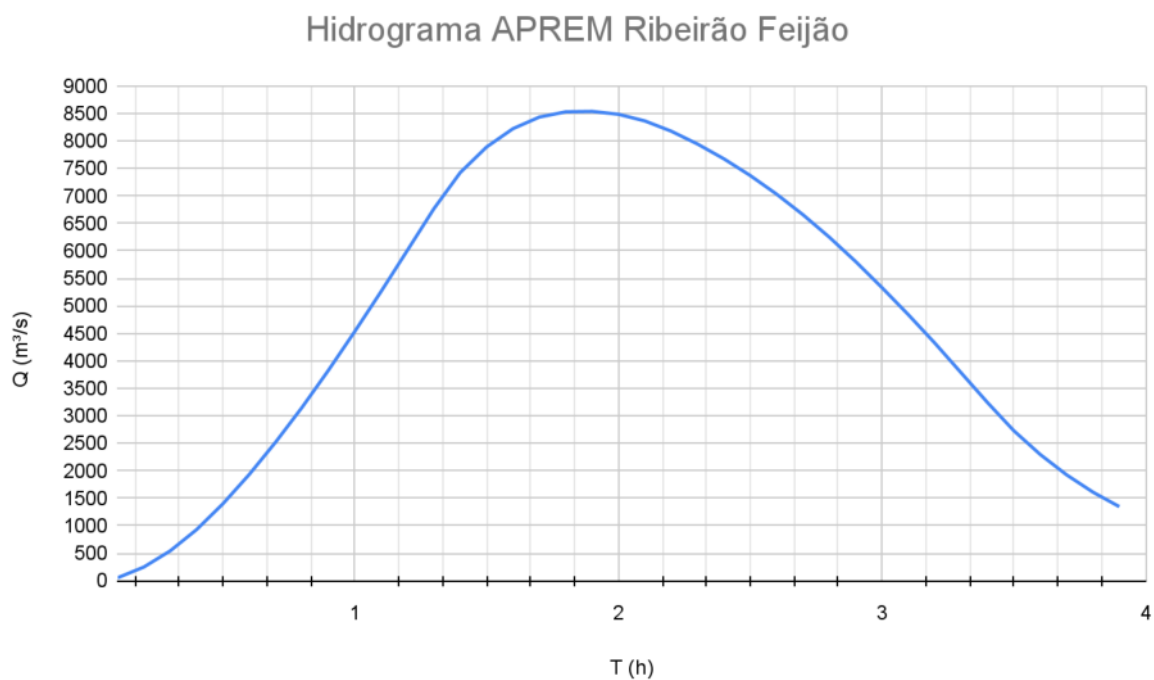
Gráfico 29 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

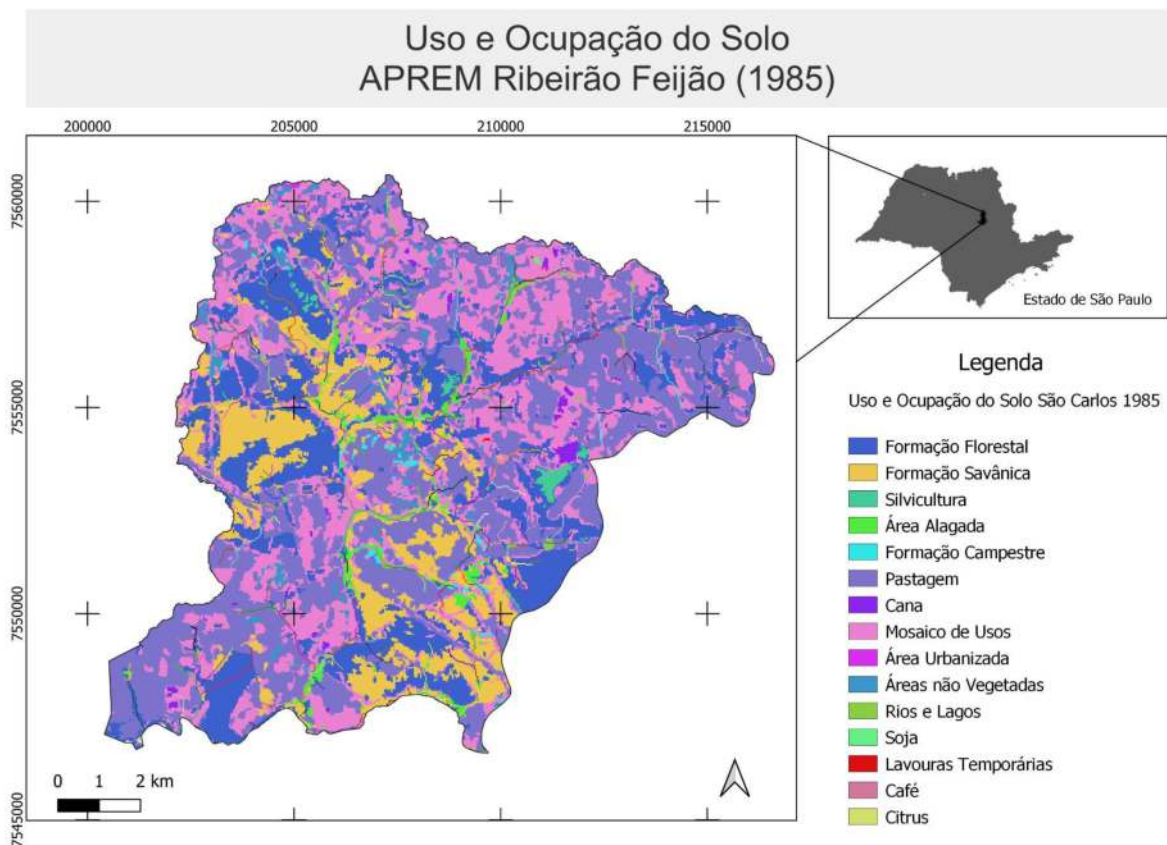
O hidrograma do APREM do Ribeirão Feijão apresenta-se de forma muito suave. A curva de crescimento ocorre lentamente até a chegada da vazão de pico, maior que a das microbacias estudadas anteriormente devido à maior área de escoamento. A curva lenta até a vazão de pico representa que parte da água escoada também é infiltrada pelo solo por conta da cobertura vegetal do mesmo, o que é essencial para a área de manancial, uma vez que garante que haja a perenidade do manancial.

Gráfico 30 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos



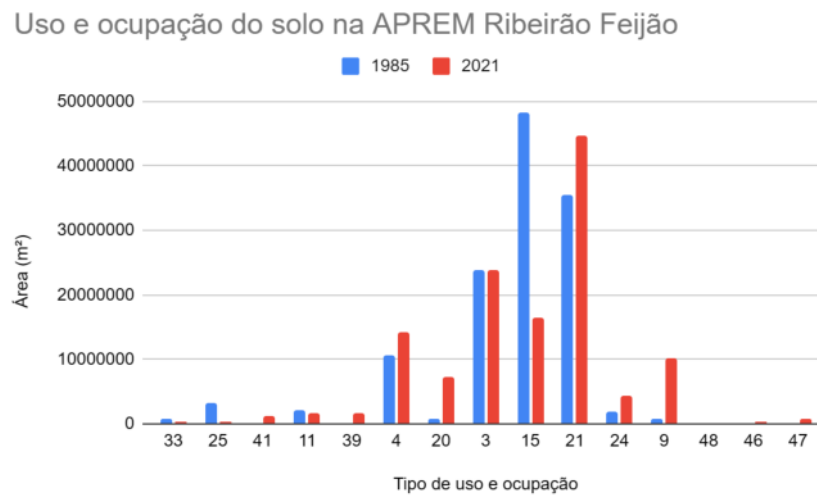
Fonte: A autora (2022)

Mapa 29 -Uso e ocupação do solo na APREM do Ribeirão Feijão



Fonte: A autora (2022)

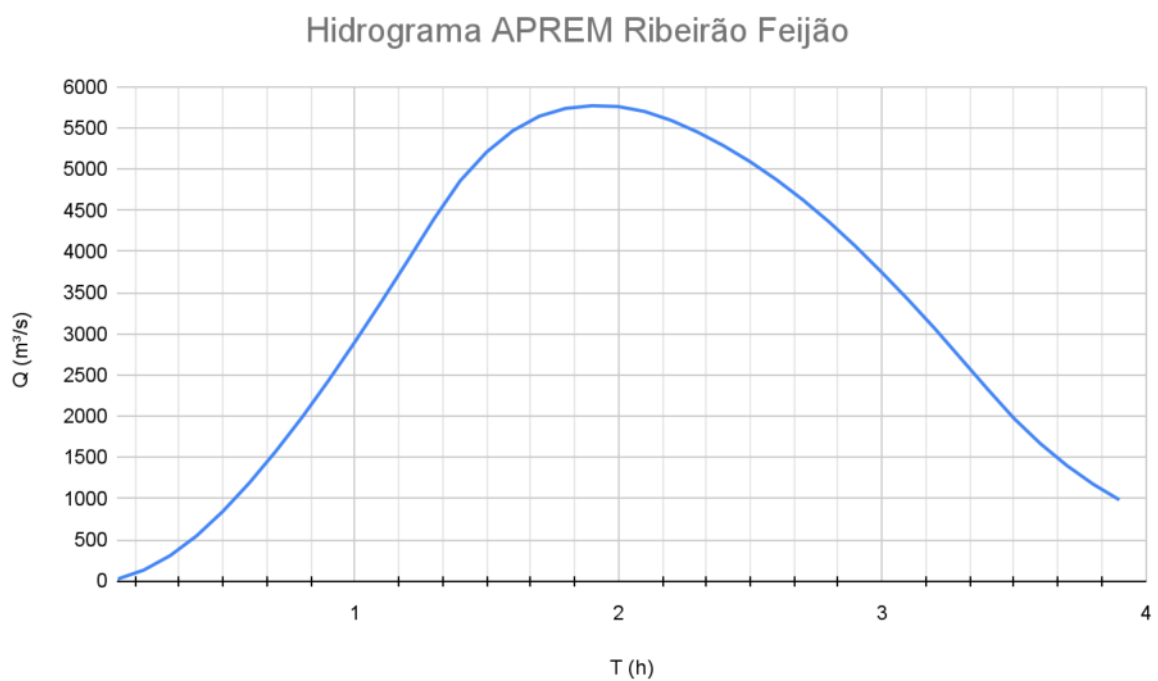
Gráfico 31 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia da APREM do Ribeirão Feijão



Fonte: A autora (2022)

Os principais usos do solo apresentados pelo mapa 28 da APREM Ribeirão Feijão são a pastagem, a formação florestal e a formação savânica.

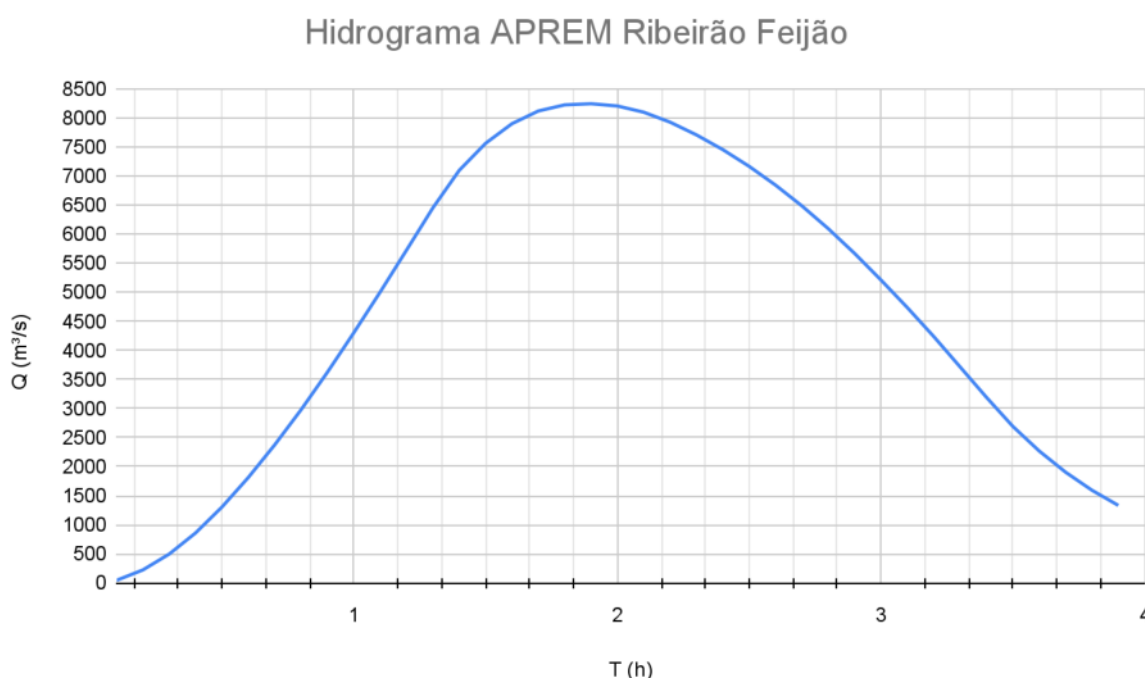
Gráfico 32 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

Os hidrogramas apresentam-se com elevados picos de vazão, se comparados aos outros de microbacias devido à extensa área de escoamento. Além disso, tem-se que os hidrogramas apresentam um decaimento mais suave, uma curva de crescimento e decaimento um pouco mais lentos, o que caracteriza bacias rurais, sendo que para os dois anos estudados a área de drenagem possui, em proporção à área total, uma ocupação urbana menor que nas outras bacias estudadas. Ainda assim, em 1985 pode-se observar vazões de pico menores nos hidrogramas.

Gráfico 33 - Hidrograma da APREM do Ribeirão Feijão para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos

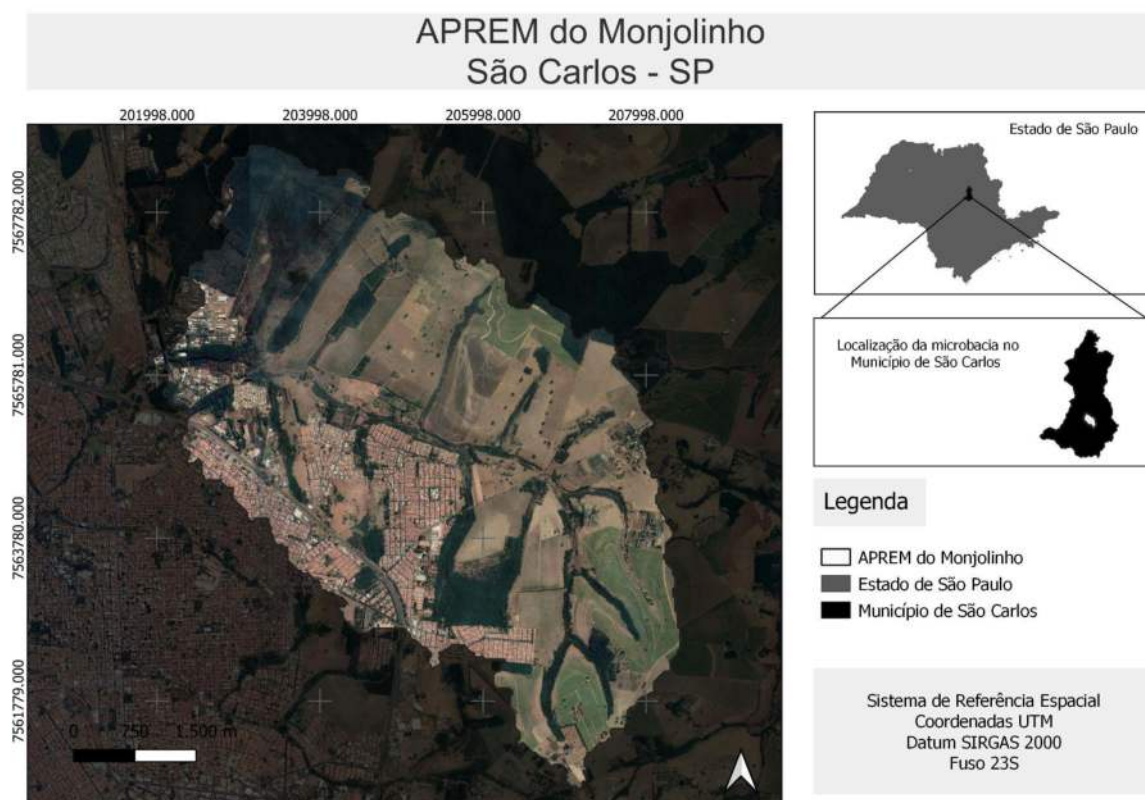


Fonte: A autora (2022)

5.7. APREM do Monjolinho

Outra Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos foi delimitada a montante da Estação de captação de água do Espriado, que contribui com cerca de 15% da água de abastecimento de São Carlos, chamada de APREM do Monjolinho (DE DEUS GROTTTO, et al. 2021; FREITAS; SANTOS, SAM., 2020).

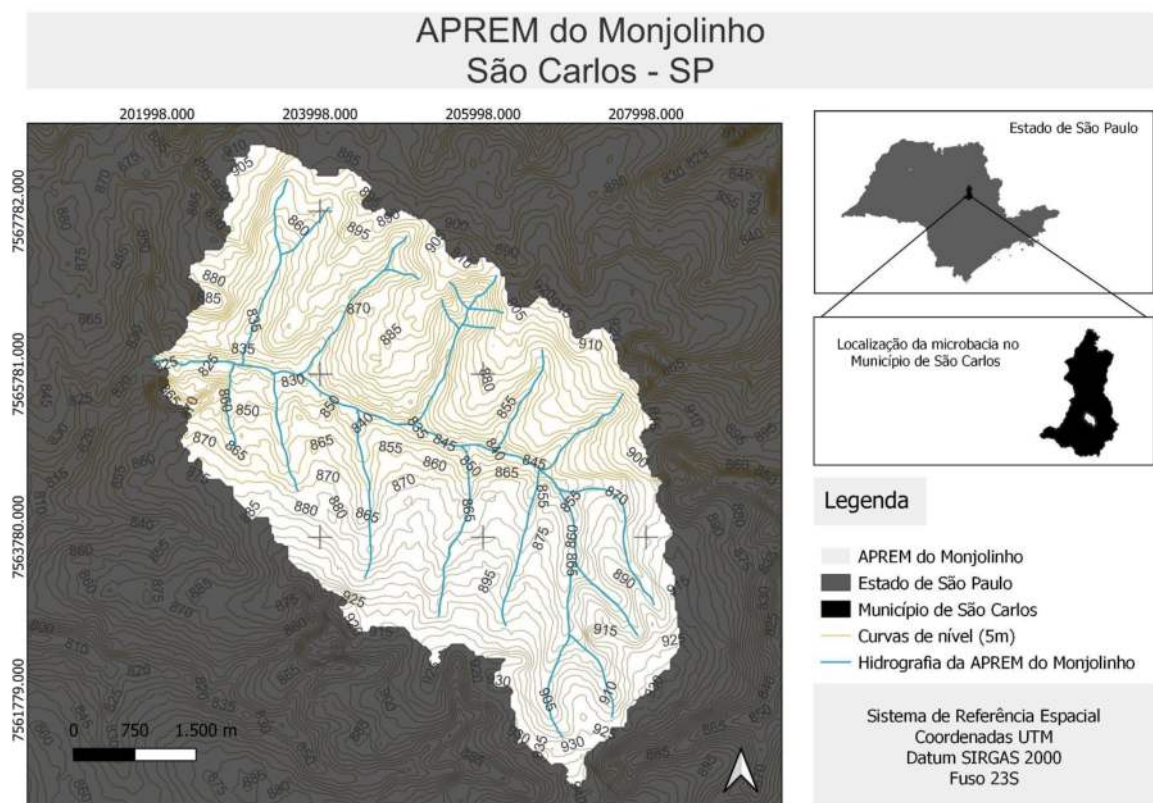
Mapa 30 - Localização da APREM do Monjolinho



Fonte: A autora (2022)

A APREM possui uma área de aproximadamente 27 km² e comprimento do Rio Monjolinho no corte da mesma de cerca de 8,5 km. A diferença de cotas na região varia em até 110 metros, com a presença da área urbanizada, para 2021, de cerca de 5,37 km².

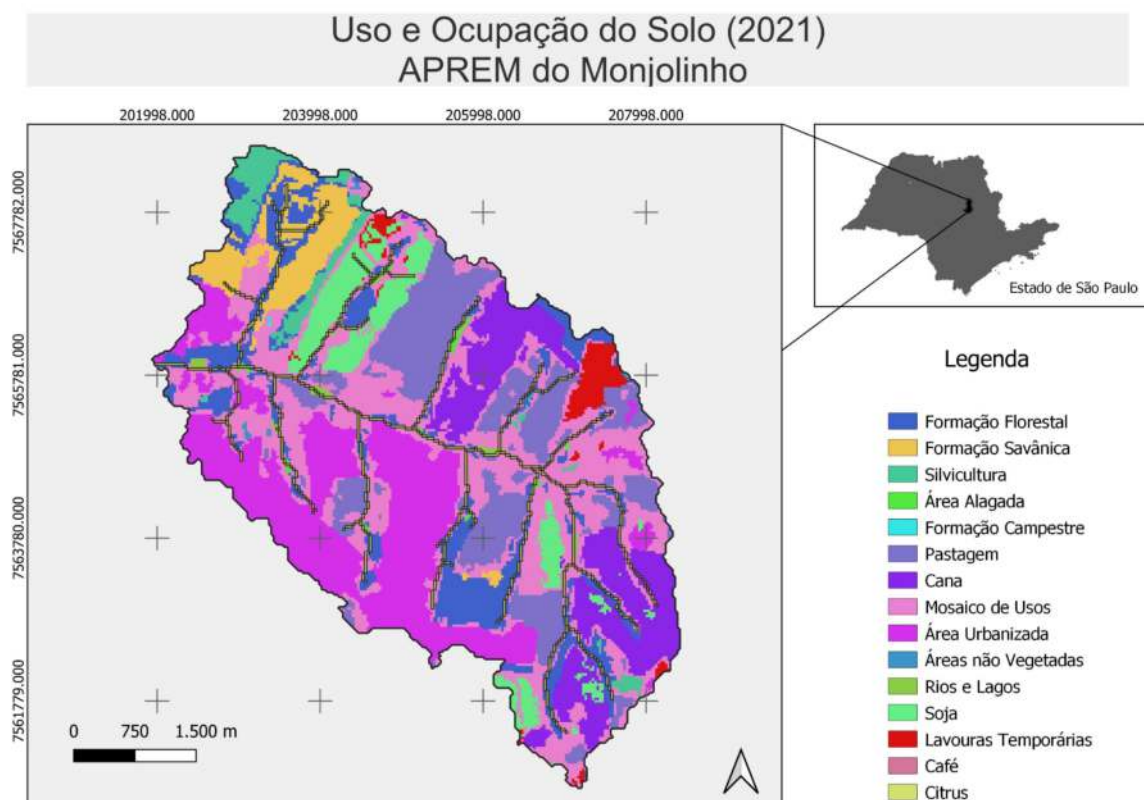
Mapa 31 - Topografia da APREM do Monjolinho



Fonte: A autora (2022)

Anteriormente à construção da estação de captação do Córrego do Espreado, a captação para abastecimento era realizada na Fazenda Santa Teresinha, entretanto, com o crescimento da cidade, a mesma foi desativada em 1990.

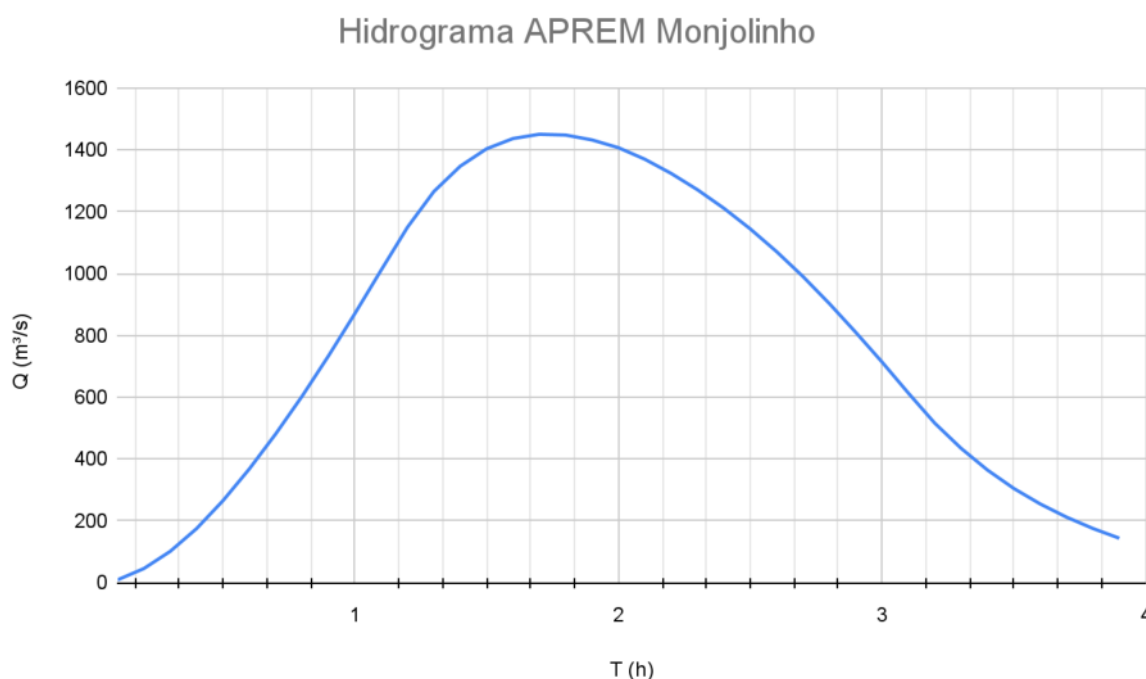
Mapa 32 - Uso e Ocupação do solo na APREM do Monjolinho



Fonte: A autora (2022)

O mapa de uso e ocupação do solo mostra que a parte da margem norte do trecho do Rio Monjolinho é predominantemente rural, com a presença de áreas de pastagem, formação savânica, lavouras temporárias e plantação de cana; já a margem sul do mapa apresenta trechos de plantação e pastagem, mas também focos de área urbanizada.

Gráfico 34 - Hidrograma da APREM do Monjolinho para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos

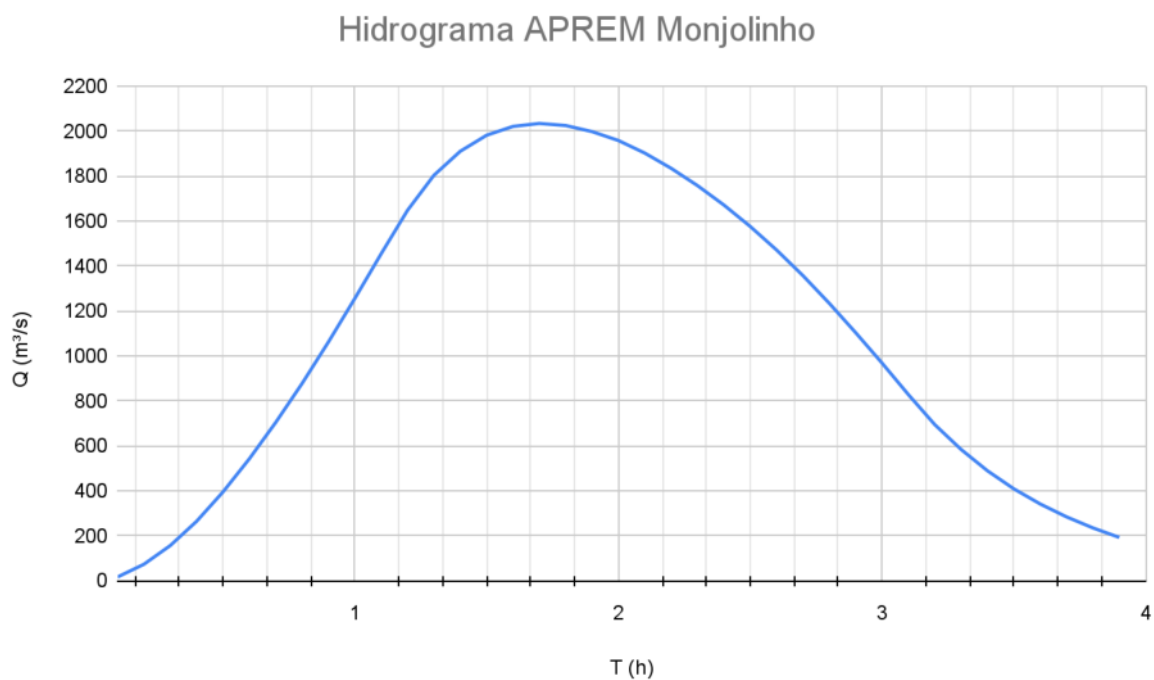


Fonte: A autora (2022)

O hidrograma da APREM do Monjolinho também apresenta curva lenta até a vazão de pico, por conta da presença de cobertura vegetal, que retarda o crescimento da curva por conta de perdas por evapotranspiração e infiltração, bem como por conta da diminuição da velocidade do escoamento devido ao amortecimento da permeabilidade do solo (DA COSTA MEDEIROS et. al , 2011).

Além de estudado o comportamento da drenagem na APREM com a construção do hidrograma, foi considerado o hidrograma da microbacia do Espraiado, onde está localizada a Estação de Captação do Córrego do Espraiado para verificar o uso e a ocupação do solo em menor escala na região de captação, bem como o comportamento da drenagem em no local, de tão importante serviço de provisão de água para a cidade.

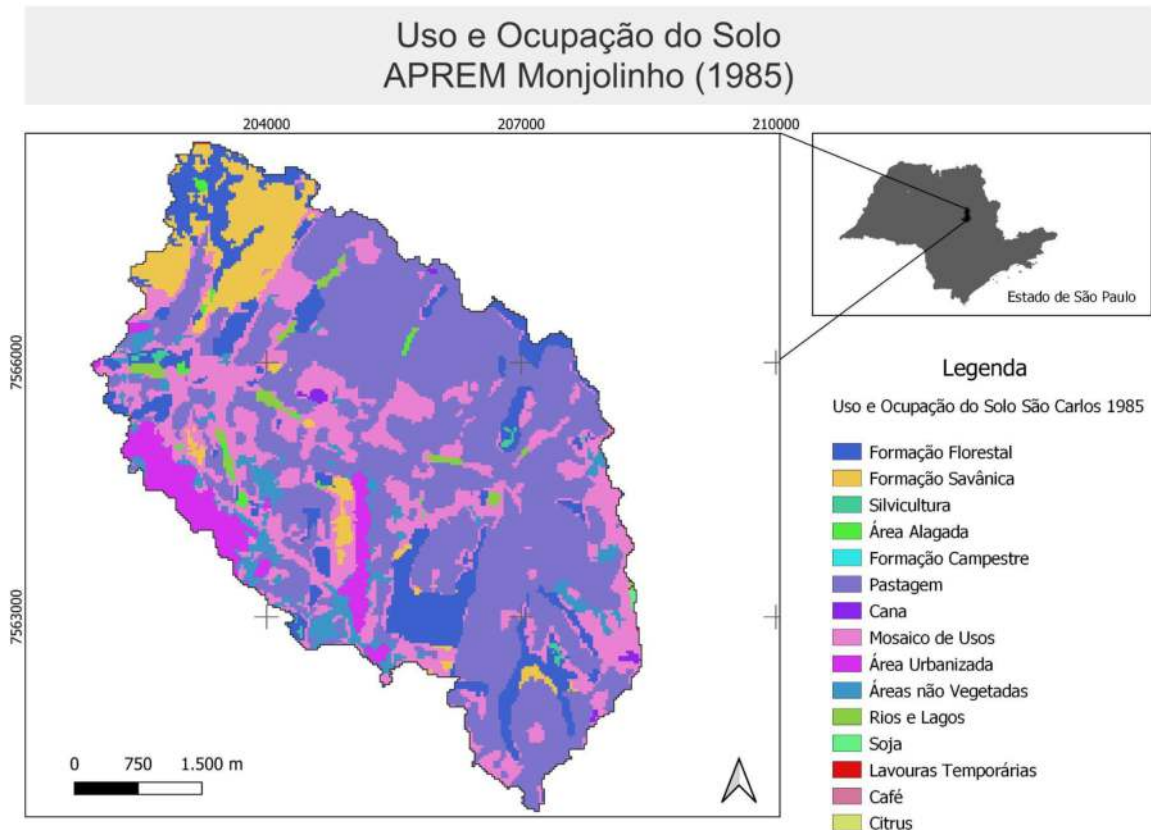
Gráfico 35 - Hidrograma da APREM do Monjolinho para o ano de 2021 e tempo de retorno de 200 anos



Fonte: A autora (2022)

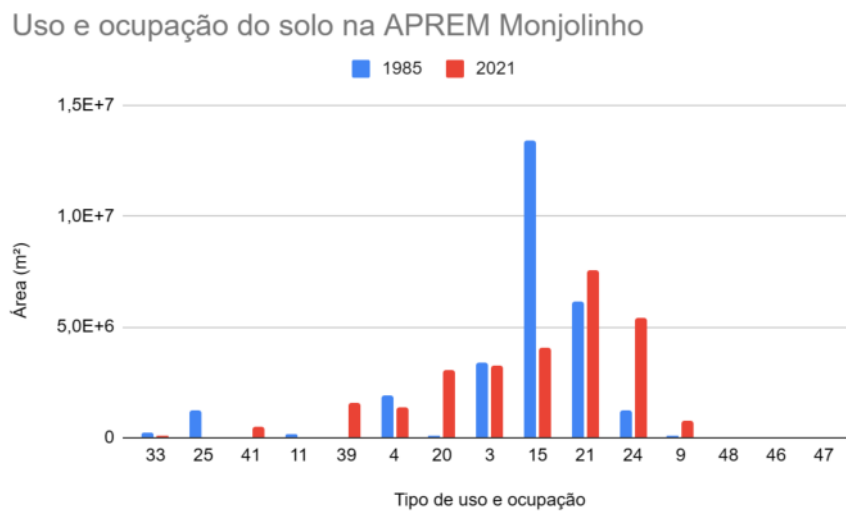
Dessa forma, o hidrograma da APREM monjolinho com tempo de retorno de 200 anos apresenta uma vazão de pico superior em comparação com o hidrograma com 50 anos de tempo de retorno.

Mapa 33 - Uso e Ocupação do solo na APREM do Monjolinho



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 36 - Balanço do uso e ocupação do solo na microbacia da APREM do Monjolinho

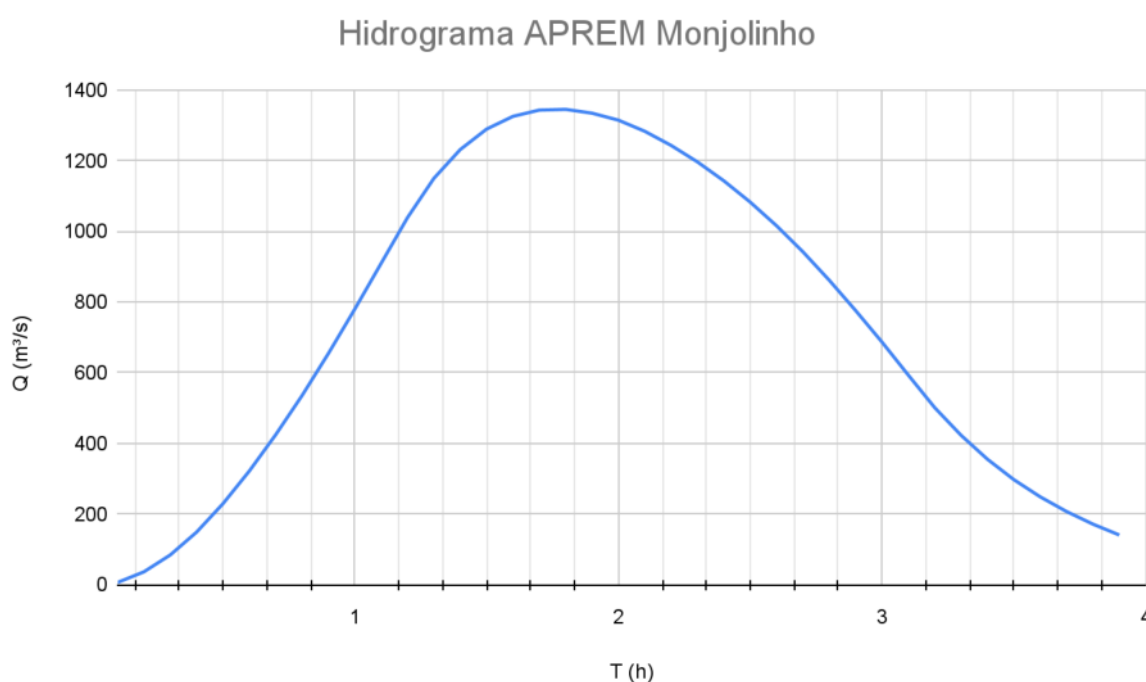


Fonte: A autora (2022)

Com relação ao ano de 1985, grande parte da APREM possuía áreas de pastagem e focos de formação savânica e florestal. Além disso, a área urbanizada apresenta-se em uma área de 1km² no recorte estudado.

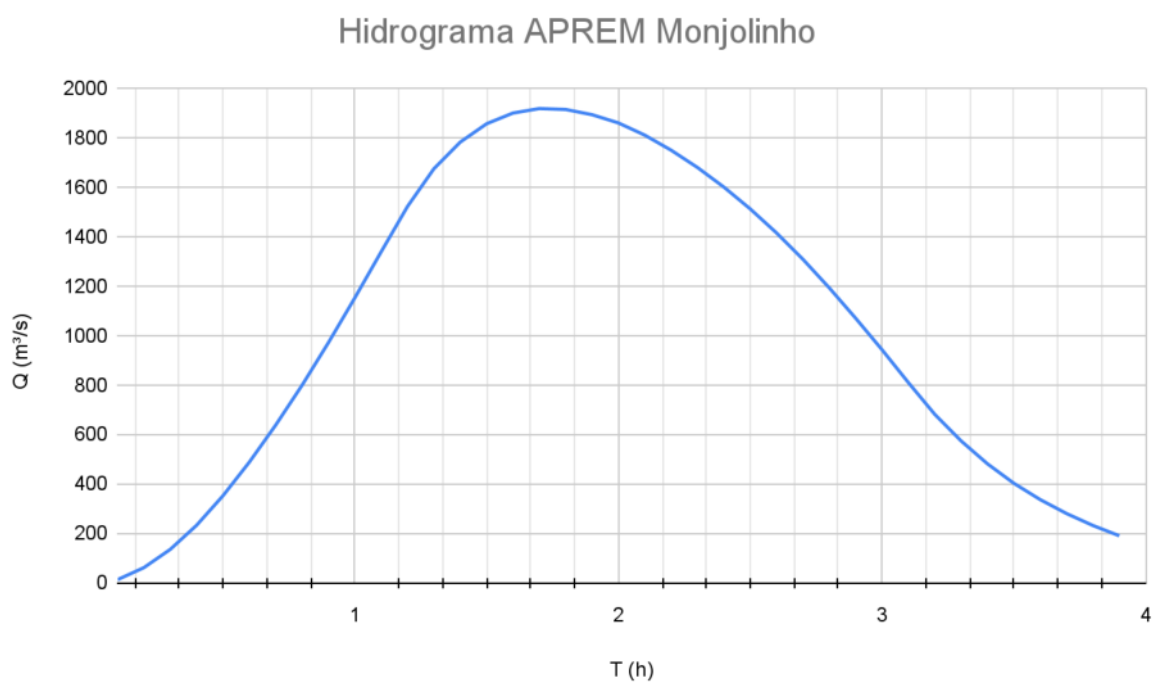
Os hidrogramas apresentam-se com vazões de pico muito próximas, o que pode significar que não houve uma mudança tão brusca no uso e ocupação do solo na bacia pela própria vigência da Lei que cria as APREM, entretanto, ainda assim, os hidrogramas de 1985 apresentam-se com vazões de pico menores para os dois tempos de retorno estudados, como pode-se observar nos gráficos 30 e 31.

Gráfico 37 - Hidrograma da APREM do Monjolinho para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 38 - Hidrograma da APREM do Monjolinho para o ano de 1985 e tempo de retorno de 200 anos

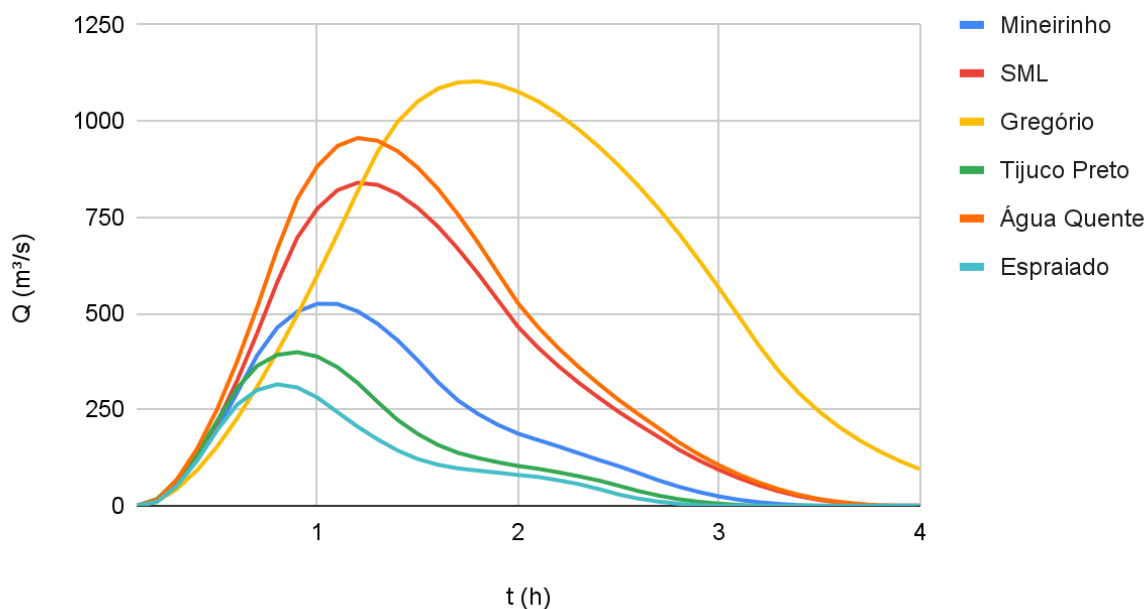


Fonte: A autora (2022)

5.8. Comparação dos Hidrogramas

Gráfico 39 - Comparação dos hidrogramas das microbacias para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos

Comparativo dos Hidrogramas das Microbacias



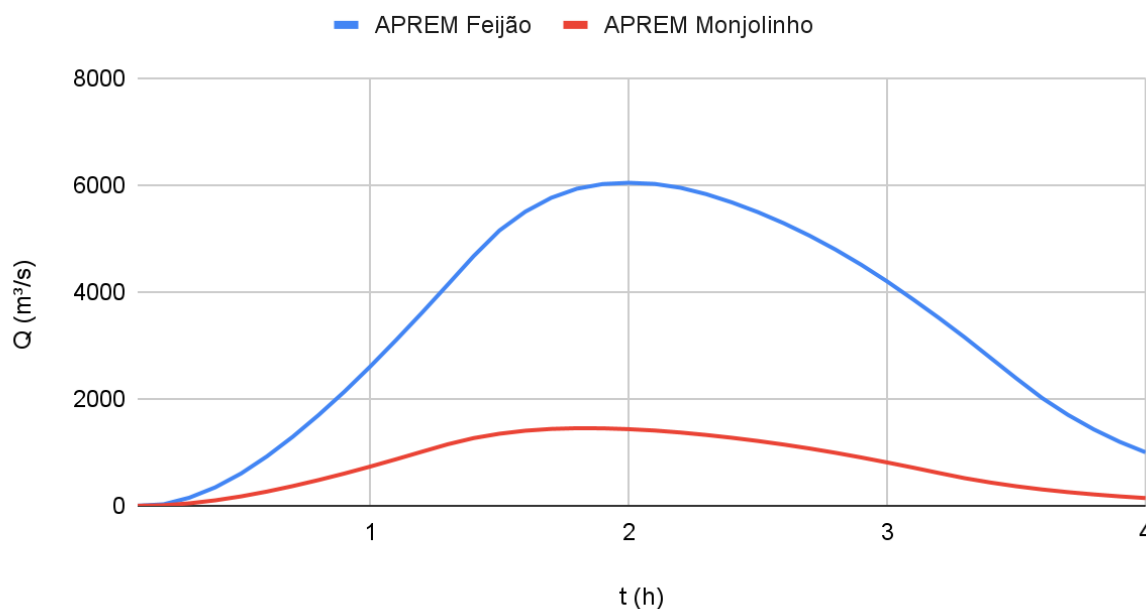
Fonte: A autora (2022)

Tem-se que a propagação, ou seja, o aumento da área das bacias interfere na vazão e no tempo de pico, logo, bacias maiores tendem a aumentar o tempo de pico e diminuir a vazão de pico relativa (MARINHO FILHO, G. 2013) ainda assim, o ponto do pico muito superior ao das outras microbacias que apresentam áreas de drenagem menores.

Além disso, realizando uma comparação entre as microbacias Santa Maria do Leme (SML), Água Quente e Gregório, apesar da diferença de área entre cada uma delas, a vazão de pico do hidrograma apresentou-se significativamente maior, o que significa dizer que recebe uma quantidade maior de escoamento superficial. O hidrograma da Água Quente apresenta uma vazão de pico maior e um tempo de pico mais reduzido em comparação com a microbacia da Santa Maria do Leme, o que também pode ter sido influenciado pelo uso e ocupação das bacias, uma vez que a bacia da Água Quente apresenta-se como mais urbanizada e possui um escoamento de maior velocidade pela impermeabilização do solo.

Gráfico 40 - Comparação entre os hidrogramas das APREM para o ano de 2021 e tempo de retorno de 50 anos

Comparativo dos Hidrogramas das APREM

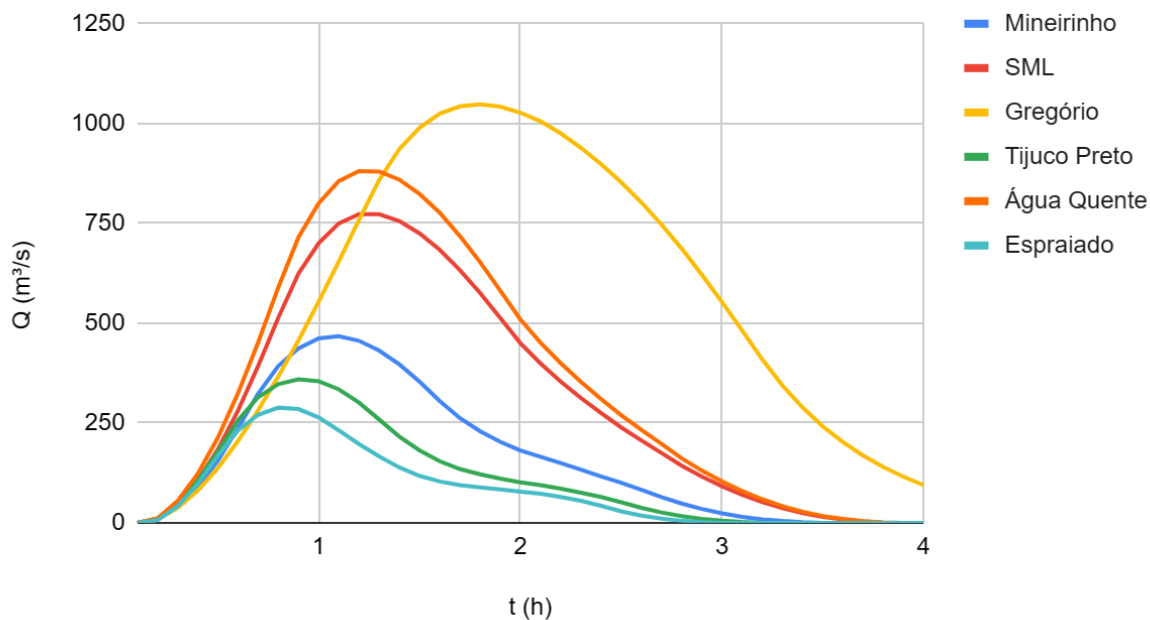


Fonte: A autora (2022)

A comparação entre as curvas das APREM mostra um comportamento de curva semelhante para ambas, com pontos de vazão de pico distintos pela grande variação das considerações de área para cada uma. Entretanto, se comparadas ao comportamento das microbacias analisadas, percebe-se a construção de curvas mais longas e de crescimento menos abrupto nas áreas de APREM devido ao impedimento da elevada urbanização nas áreas, o que poderia iniciar a discussão para avaliar a importância da Lei da criação das APREM para evitar problemas de drenagem nas áreas, como a velocidade de escoamento muito elevada.

Gráfico 41 - Comparação dos hidrogramas das microbacias para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos

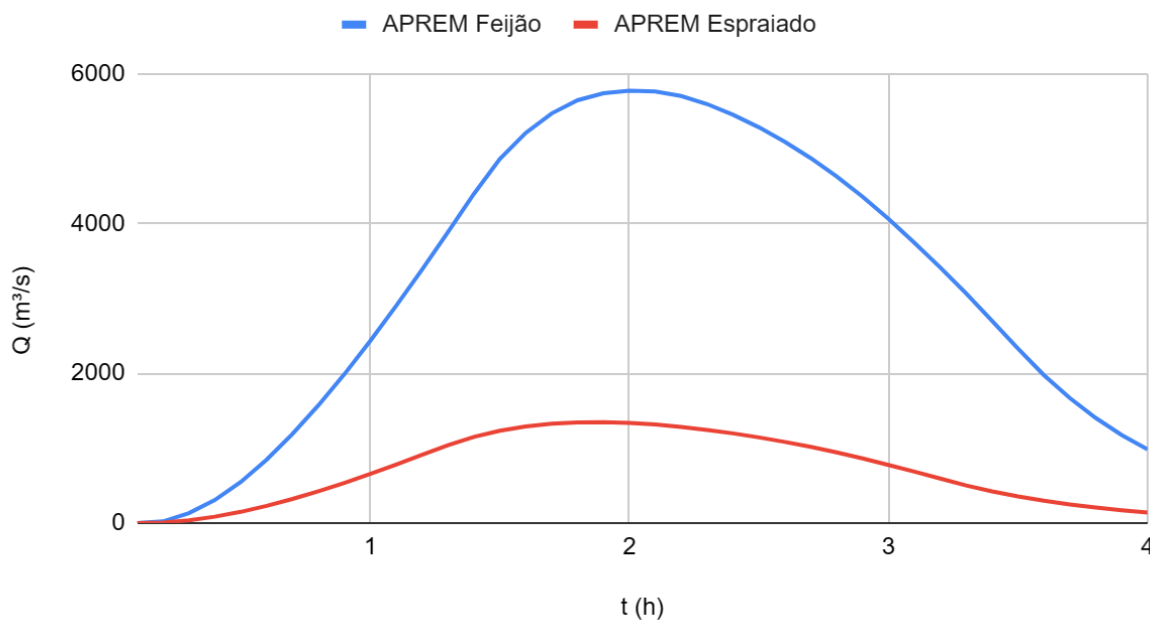
Comparativo dos Hidrogramas das Microbacias



Fonte: A autora (2022)

Gráfico 42 - Comparação dos hidrogramas das APREM para o ano de 1985 e tempo de retorno de 50 anos

Comparativo dos Hidrogramas das APREM



Fonte: A autora (2022)

Os hidrogramas apresentam-se com curvas mais achatadas para o ano de 1985, o que evidencia a diminuição da vazão de pico e o comportamento do hidrograma diante de um cenário menos urbanizado. As curvas das APREM para os anos de 1985 e 2021 apresentam mudanças menores nas vazões de pico, o que poderia iniciar as discussões da efetividade e da importância de criação e regulação de leis de proteção de áreas de importância para os serviços ecossistêmicos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência da urbanização no escoamento das bacias foi analisada no comportamento e nas vazões de pico dos hidrogramas das microbacias e dos APREM. Diante disso, foi possível relacionar as raízes da urbanização, com a relação homem-natureza em diferentes escalas e épocas, além de iniciar possíveis discussões acerca dos impactos e da vulnerabilidade socioambiental em algumas áreas da cidade de São Carlos.

Dessa forma, foi possível introduzir o conceito da construção da paisagem a partir da relação da humanidade e meio ambiente, bem como compreender a mudança na sua construção com a mudança em seu uso e ocupação do solo. Além disso, foram trazidas algumas reflexões acerca da fundamentalidade dos serviços ecossistêmicos para a manutenção, regulação e disponibilidade de recursos, assim como a influência da negligência sobre as mesmas diante das fronteiras dos limites planetários, que se ultrapassados podem significar em impactos de nível global irreversíveis.

A análise dos hidrogramas e a comparação entre os construídos para as microbacias e as APREM mostram a diferença do comportamento em áreas urbanizadas e de cobertura rural, o que também evidencia e inicia possíveis discussões acerca dos instrumentos de gestão ambiental, bem como políticas de preservação e recuperação de ambientes significativos para a prestação de serviços ecossistêmicos como o de provisão de água.

Para estudos futuros, seria interessante investir na construção dos parâmetros CN de forma mais detalhada, avaliando a sensibilidade do parâmetro e a influência efetiva do mesmo na construção dos hidrogramas SCS, bem como analisar de forma discretizada e mais complexa o comportamento dos hidrogramas, assim como avaliar a contribuição do hidrograma para o escoamento de base. Além disso, seria interessante verificar de forma mais completa sobre a efetividade da Lei 13.944 (2006) tal qual a importância de investir em estratégias de educação ambiental a fim de sensibilizar acerca da importância dos serviços ecossistêmicos, bem como da limitação de disponibilidade dos serviços e bens diante as mudanças de uso e ocupação do solo ao longo da expansão urbana.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Fernando Girardi de. **Análise da influência da distribuição temporal das chuvas intensas e de cenários de uso e ocupação do solo na quantificação dos prejuízos econômicos diretos provocados pelas inundações urbanas**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ADAM, Roberto Sabatella. Analisando o conceito de paisagem urbana de Gordon Cullen. **Da Vinci**, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2008.

ALMEIDA, L. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. Rio Claro, São Paulo: Universidade Estadual Paulista: Instituto de geociências e ciências exatas, 2010.

ALMEIDA, L; CARVALHO, P. **A Negação dos Rios Urbanos Numa Metrópole Brasileira**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

ASAH, Stanley T. et al. Perception, acquisition and use of ecosystem services: Human behavior, and ecosystem management and policy implications. **Ecosystem services**, v. 10, p. 180-186, 2014.

ASSESSMENT, Millennium Ecosystem. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water**. World Resources Institute, 2005.

BATTAUS, D. e OLIVEIRA, E. **O direito à cidade: Urbanização excludente e a política urbana brasileira**. São Paulo: Lua Nova, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-64452016000100081&script=sci_arttext> acessado em 14 de Novembro de 2020.

BETHEMONT, Jacques; COMMERÇON, Nicole. Introduction à la lecture de Maurice Le Lannou/Introduction to the works of Maurice Le Lannou. **Géocarrefour**, v. 68, n. 4, p. 209-211, 1993.

CAMPANELLI, Leandro Contri. **Zoneamento (geo) ambiental analítico da bacia hidrográfica do Rio do Monjolinho São Carlos (SP)**. 2012.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015.

CARDINALE, Bradley J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012.

CARPENTER, Stephen R.; FOLKE, Carl. Ecology for transformation. **Trends in ecology & evolution**, v. 21, n. 6, p. 309-315, 2006.

CIDADE, Lúcia Cony Faria. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade: em busca de uma construção interdisciplinar. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 171-191, 2013.

COSTA,C at al. **Monitoramento da expansão urbana, cenários futuros de crescimento populacional e consumo de recursos hídricos no município de São Carlos, SP**. São Paulo: UNESP, 2013.

CRUZ, I. e CAMPOS, V. **Sistemas de informações geográficas aplicadas   análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo**. Rio de Janeiro.

DA COSTA MEDEIROS, Paulo; DE SOUSA, Francisco de Assis Salviano; RIBEIRO, M rcia Maria Rios. Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. **Ambiente &  gua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 131-147, 2011.

DA SILVA, Davi Farias et al. Pressões ambientais sobre serviços ecossistêmicos hídricos em um manancial em Belém, Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e502985981-e502985981, 2020.

DE ANDRADE, Liza Maria Souza; ROMERO, Marta Adriana Bustos. A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. 2005.

DE DEUS GROTTTO, Beatriz et al. A Lei da APREM em São Carlos-SP: análise de sua efetividade na bacia do Ribeirão Feijão. **Guia Universitário de Informações Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 61-64, 2021.

DE LIMA, Maria Cecilia Pedro Bom; SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins. Estudo de infraestrutura verde na bacia hidrográfica do córrego Monjolinho, São Carlos, SP. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 1, p. 50-72, 2018.

DE MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiro; DE OLIVEIRA, Marcus Vinícius Siqueira; DA SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

DIETZ, Thomas; OSTROM, Elinor; STERN, Paul C. The struggle to govern the commons. **science**, v. 302, n. 5652, p. 1907-1912, 2003.

DOS SANTOS JUNIOR, Edimilson Rodrigues; BONTEMPI, Rhennan Mecca; FANTIN, Marcel. Re-planning with the Landscape: a multi-method approach to adopting green infrastructure for urbanizing watershed. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 03, p. 1478-1494, 2022.

EIRD - Estratégia Internacional para Redução de Desastres. 2010

ESTEVES. **Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais**. Curitiba, vol. 1, 2011, pág. 62-79.

FERRARA, Lucrécia D. As mediações da paisagem. **Líbero, São Paulo**, v. 29, n. 15, p. 43-50, 2012.

FERRAZ, Caio. **Entre Rios**. São Paulo: Editora Contexto, 2011, 25:10 min

FERREIRA, Karolyne; ABIKO, Alex. Mudança de paradigma da Defesa Civil embasado no conceito de resiliência urbana. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 15, p. 1489-497, 2014.

FREITAS, D.; SANTOS, SAM. Atlas histórico e socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos-SP. **Diagrama Editorial**, 2020.

FREITAS, M. **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol.1, 2013.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik et al. Urban ecosystem services. In: **Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities**. Springer, Dordrecht, 2013. p. 175-251.

GOULART, Fábio Giovanni Teles. Meio ambiente urbano. **Anais do X encontro de Geógrafos da América Latina. São Paulo**, 2005.

HAWKINS, R. H. et al. **Curve Number Hydrology: State of the Practice**. Virginia: ASCE, 2009.

HERZOG, Cecilia Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n. 1, p. 92-115, 2010.

HUFF, Floyd A. Time distribution of rainfall in heavy storms. **Water resources research**, v. 3, n. 4, p. 1007-1019, 1967.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. Disponível em: <[São Carlos \(SP\) | Cidades e Estados | IBGE](#)>. Acessado em: 12/10/2022.

JATOBÁ, Sérgio. **Urbanização, Meio Ambiente e Vulnerabilidade Social**. IPEA. Boletim regional, urbano e ambiental, jun. 2011.

JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães; COTA, Guilherme Eduardo Macedo; LEMOS, Rodrigo Silva. Contradições e desafios para a proteção de mananciais hídricos em Minas Gerais—os casos das Áreas de Proteção Especial de Vargem das Flores e Serra Azul—Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Caminhos de Geografia**, v. 17, p. 89-104, 2016.

KLUG, Leticia Becalli. **Resiliência e ecologia urbana**. 2018.

LEITE, Maria Angela Faggin Pereira. A paisagem, a natureza e a natureza das atitudes do homem. **Paisagem e Ambiente**, n. 4, p. 45-66, 1992.

LIMA, Altieris Porfírio. Análise de impactos associados à precipitação na cidade de São Carlos/SP. 2012.

LIMA, R. **O processo de o (des)controle da expansão urbana de São Carlos (1857-1977).** São Carlos: USP, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18142/tde-07042008-111630/publico/R_ENATA_PRIORE_LIMA.pdf> acessado em 14 de Novembro de 2020.

MARICATO, E. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado: Metrôpoles brasileiras.** São Paulo em perspectiva, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/spp/v14n4/9749.pdf>> acessado em 14 de Novembro de 2020.

MARICATO, Ermínia. Para entender a crise urbana. **CaderNAU**, v. 8, n. 1, p. 11-22, 2015.

MARINHO FILHO, Gilberto Milhomem et al. Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 35-47, 2013.

MENDES, H. e MENDIONDO, E. **Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da Bacia do Gregório, São Carlos- SP.** São Carlos: RBRH, 2007. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/21/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bcbcb6df8ae5bcd86.pdf> acessado em 14 de Novembro de 2020.

MONTEIRO, C.A.F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no estado de São Paulo:** Estudo Geográfico sob a Forma de Atlas. Instituto de Geografia – USP. São Paulo, 1973.

MONTEIRO, Carlos. O Homem, a Natureza e a Cidade: Planejamento do Meio Físico. **Revista Geografar**. Curitiba, v3, n°1, pg. 73-102, jan/jun. 2008.

MOREIRA FERNANDES, Manuel. **Análise de risco de ruptura de barragens: estudo de caso de seis barragens na Ilha de Santiago em Cabo Verde-África.** 2020.

MOREIRA FERNANDES, Manuel. **Análise de risco de ruptura de barragens: estudo de caso de seis barragens na Ilha de Santiago em Cabo Verde-África.** 2020.

MUÑOZ, Angelica Maria Mosquera; DE FREITAS, Simone Rodrigues. Importância dos Serviços Ecossistêmicos nas Cidades: Revisão das Publicações de 2003 a 2015. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 89-104, 2017.

MUSY, André; HIGY, Christophe. **A Science of Nature**. 2011.

OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. São Carlos: Ufscar, 1996. Disponível em: <
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1950/mestrado-carlos-henke-oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> acessado em 14 de Novembro de 2020.

OLIVEIRA, Sara. **Educação Ambiental e Organizações da Sociedade Civil da Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Quente (São Carlos/SP): Compreendendo a Incorporação da Temática Ambiental em suas ações Socioeducativas**. São Carlos: Escola da Engenharia de São Carlos/USP, 2007.

OYAMA, A. C. Estudos hidrológicos aplicados em projetos de urbanismo de impacto reduzido: uma terceira margem de possibilidades para a Bacia Santa Maria do Leme. **São Carlos/SP**, 2019.

PAUCHARD, Anibal et al. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). **Biological conservation**, v. 127, n. 3, p. 272-281, 2006.

PAULINO, Paloma Fernandes. **Estudo sobre a sensibilidade dos parâmetros do método SCS na determinação de hidrogramas de cheia em bacias urbanas**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, Gisleine. A natureza (dos) nos fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental. Editora da UFPR. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 3, p. 33-51, jan./jun. 2001.

PORTO, R. M. **Elementos de macrodrenagem urbana**. São Paulo: SANERH, 2018.

PORTO, Rubem et al. **Apostila Escoamento superficial: análise do hidrograma-hidrograma unitário**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1999.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos avançados**, v. 31, p. 271-283, 2017.

ROCKSTRÖM, Johan et al. A safe operating space for humanity. **nature**, v. 461, n. 7263, p. 472-475, 2009.

RUANGPAN, Laddaporn et al. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: A state-of-the-art review of the research area. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 20, n. 1, p. 243-270, 2020.

SALGADO, Gabriele. **Percepção Ambiental das/os Participante Envolvidos com o Projeto Brotar (Microbacia do Córrego Água Quente, São Carlos/São Paulo) como Subsídio à Educação Ambiental**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3911>> acesso em 23 de outubro de 2022.

SANT'ANNA, Camila Gomes. A infraestrutura verde e sua contribuição para o desenho da paisagem da cidade. 2020.

SCHENK, L. e PERES, R. **Urbanização e Sistemas de espaços livres na cidade de São Carlos: Processos históricos e alternativas contemporâneas na construção de um território**. São Carlos.

SERRÃO, Adriana Veríssimo. Filosofia e paisagem: aproximações a uma categoria estética. **Philosophica**, v. 23, p. 87-102, 2004.

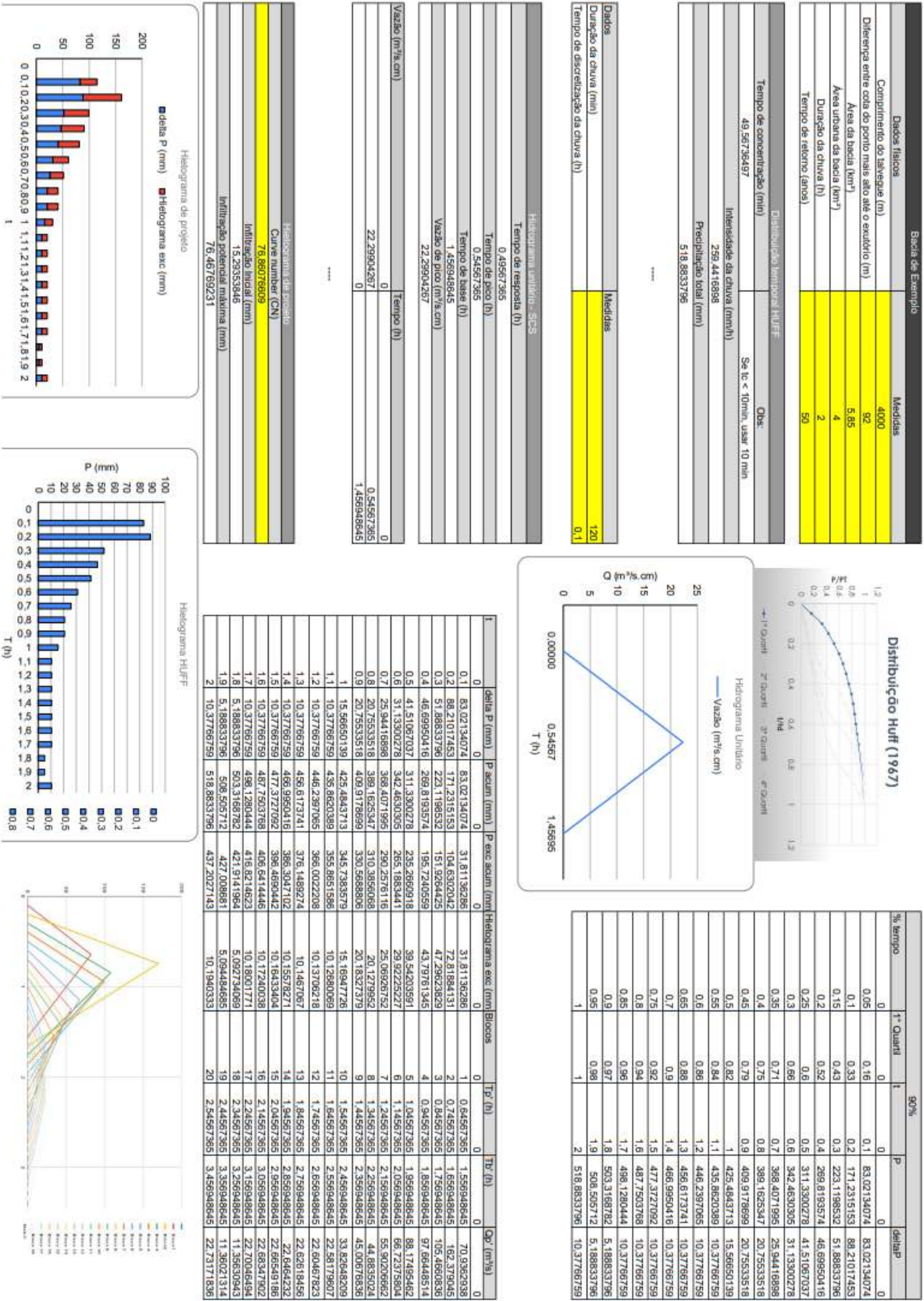
TONISSI, Rosa. **Percepção e Caracterização Ambientais da Área Verde da Microbacia do Córrego da Água Quente (São Carlos, SP) como Etapas de um Processo de Educação Ambiental**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 2005.

TREVISAN, D. et al. **Avaliação de vulnerabilidade ambiental de São Carlos-SP**. Curitiba: Ra'eGa, 2018.

VEZZANI, Fabiane Machado. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 673-684, 2015.

ANEXOS

ANEXO A - Planilhas do Hidrograma Mineirinho



(h)	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8	Bloco 9	Bloco 10	Bloco 11	Bloco 12	Bloco 13	Bloco 14	Bloco 15	Bloco 16	Bloco 17	Bloco 18	Bloco 19	Bloco 20	Total
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	12.9997631	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.9997631
0.3	0	26.0995061	29.7575325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.7570386
0.4	0	38.9992992	59.51507649	10.327849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117.8420573
0.5	0	51.9990123	69.27261474	38.6536881	17.89198616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197.8226119
0.6	0	64.99862653	119.030153	57.9805471	35.79392321	16.15891745	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253.986864
0.7	0	66.7073281	148.781912	77.3107361	53.6938844	32.31783491	12.2277719	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	381.0463142
0.8	0	58.92306221	134.8796098	96.63842452	48.478526	24.4555437	10.24459705	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483.0289101
0.9	0	51.1387916	152.698695	99.178643	89.48883078	36.8833156	20.4891941	8.22539861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504.7286088
1	0	43.34501	117.0609247	87.60517688	91.84214275	80.79458727	48.91110874	16.45007612	8.247927748	6.198031621	4.13833614	4.142526992	4.14668237	0	0	0	0	0	0	0	525.0066384
1.1	0	35.5702104	99.24020947	76.03171407	81.1247974	82.91833931	62.74597057	51.22298526	32.80135225	24.74378324	12.39806324	4.13833614	0	0	0	0	0	0	0	0	505.4576033
1.2	0	27.7859198	81.4231543	64.45825066	70.40745274	73.2423931	62.74597057	40.9783882	24.67601418	16.4958555	24.74378324	12.39806324	4.14668237	0	0	0	0	0	0	0	472.8751965
1.3	0	20.00162919	63.60428912	52.88478694	59.69010773	53.89034236	48.10192604	52.5694225	41.12689031	32.99171099	18.59704866	12.41500084	8.292536474	4.150777165	0	0	0	0	0	0	429.8040365
1.4	0	12.21733859	45.78538394	41.3132293	48.97276273	46.30043399	42.20773834	41.23963874	24.79612648	16.5533446	12.42756098	16.57010797	12.43940471	8.30035433	4.153871682	0	0	0	0	0	377.7127441
1.5	0	4.43047988	27.06649876	29.73785949	38.25541773	34.52343441	34.52343441	32.35703408	37.38477682	31.80890069	20.69166807	16.57010797	12.43940471	8.30035433	4.153871682	4.156988003	0	0	0	0	321.7191712
1.6	0	0	10.14761359	18.1643949	16.82072722	24.86234693	26.13565924	28.03146549	27.43189194	32.44589793	28.09789571	18.75752108	21.25708318	16.60070666	12.45053149	8.307243564	4.156988003	0	0	0	273.865218
1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228.8823799
1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210.15878
1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187.353376
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170.7386117
2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162.9857965
2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154.2986573
2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136.9065681
2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103.0995056
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84.8231400
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.9679685
2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.47286088
2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	381.0463142
2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504.7286088
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	525.0066384
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483.0289101
3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504.7286088
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	525.0066384
3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483.0289101
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504.7286088
3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	525.0066384
3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483.0289101
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504.7286088
3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	525.0066384
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483.0289101

ANEXO B - Planilhas do Hidrograma Santa Maria do Leme

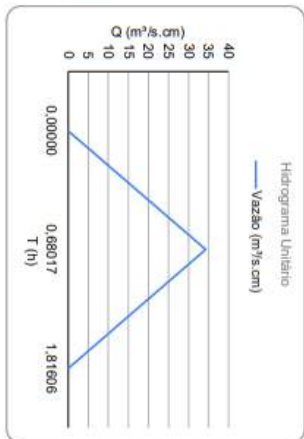
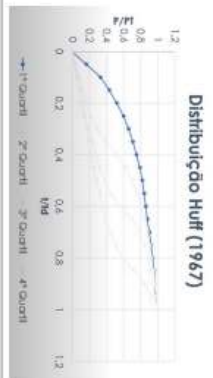
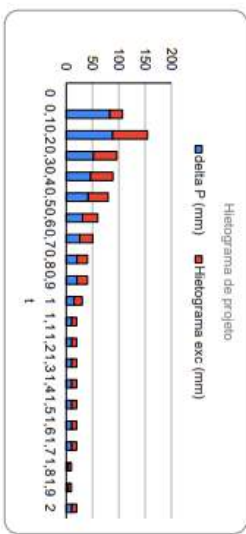
Bacia de Exemplo	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talveque (m)	4700
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	80
Área da bacia (km²)	111,2
Área urbana da bacia (km²)	3,62860938
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Distribuição temporal Huff	
Tempo de concentração (min)	Obs:
63,01707435	Se $t_c < 10 \text{ min}$, usar 10 min
Intensidade da chuva (mm/h)	259,4416898
Presipitação total (mm)	518,8833796

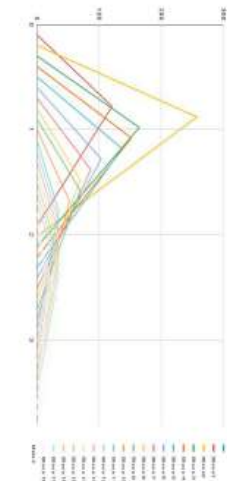
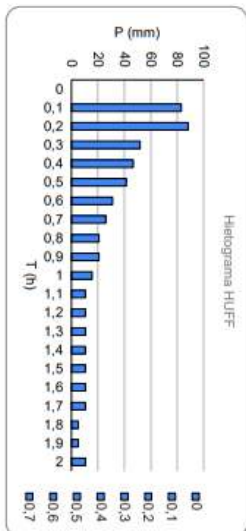
Dados	Medidas
Duração da chuva (min)	120
Tempo de discretização da chuva (h)	0,1

Hidrograma Unitário - SCS	
Tempo de resposta (h)	0,630170743
Tempo de pico (h)	0,680170743
Tempo de base (h)	1,816055885
Vazão de pico (m³/s/cm)	34,25022353
Vazão (m³/s/cm)	Tempo (h)
0	0
34,25022353	0,680170743
1,816055885	1,816055885

Hidrograma de projeto	
Curve number (CN)	71,65864695
Infiltração inicial (mm)	20,09165392
Infiltração potencial máxima (mm)	100,45826596



t	delta P (mm)	P acum (mm)	P exc acum (mm)	Hidrograma exc (mm)	Blockos	Tr (h)	Tr (h)	Qp (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	83,02134074	83,02134074	24,23768293	24,23768293	83,02134074	0,780170743	1,916055885	83,02134074
0.2	88,21017453	171,2315153	90,70263665	66,54595372	227,952042	2,0,880170743	2,016055885	227,952042
0.3	51,88833796	223,1198532	135,6230232	45,03038566	154,2308085	3,0,980170743	2,16055885	154,2308085
0.4	46,9950416	269,819374	176,08078	42,26499479	144,7885919	4,1,080170743	2,216055885	144,7885919
0.5	41,51067037	311,3300278	216,5445634	38,4565754	131,7146304	5,1,180170743	2,316055885	131,7146304
0.6	31,13300278	342,4630305	245,7805534	29,23596003	100,1338166	6,1,280170743	2,416055885	100,1338166
0.7	25,94416898	368,4071995	270,3449158	24,5643624	84,1334966	7,1,380170743	2,516055885	84,1334966
0.8	20,75533518	389,1625347	290,1061945	19,76127869	67,6828122	8,1,480170743	2,616055885	67,6828122
0.9	20,75533518	409,9178899	309,9516365	19,84541197	67,97108234	9,1,580170743	2,716055885	67,97108234
1	15,58650139	425,4843713	324,8847181	14,93308157	51,14613816	10,1,680170743	2,816055885	51,14613816
1.1	10,37766759	435,8620889	334,8613283	9,976610285	34,17011323	11,1,780170743	2,916055885	34,17011323
1.2	10,37766759	446,2397085	344,8537457	9,99241731	34,22425264	12,1,880170743	3,016055885	34,22425264
1.3	10,37766759	456,6173741	354,8610535	10,00730788	34,27525318	13,1,980170743	3,116055885	34,27525318
1.4	10,37766759	466,9950416	364,882405	10,0213515	34,326359	14,2,080170743	3,216055885	34,326359
1.5	10,37766759	477,3727092	374,910162	10,03461121	34,36876769	15,2,180170743	3,316055885	34,36876769
1.6	10,37766759	487,7503788	384,9541505	10,04714428	34,41169374	16,2,280170743	3,416055885	34,41169374
1.7	10,37766759	498,1280444	395,0231634	10,05900285	34,45329062	17,2,380170743	3,516055885	34,45329062
1.8	5,188833796	503,3168782	400,0969141	5,033750729	17,24070877	18,2,480170743	3,616055885	17,24070877
1.9	5,188833796	508,505712	405,0953979	5,036483751	17,25006942	19,2,580170743	3,716055885	17,25006942
2	10,37766759	518,8833796	415,1742804	10,08082959	34,52724819	20,2,680170743	3,816055885	34,52724819



% tempo	t° Quantil	90%	delta P
0	0	0	0
0.05	0.16	0.1	83,02134074
0.1	0.33	0.2	171,2315153
0.15	0.43	0.3	223,1198532
0.2	0.52	0.4	269,819374
0.25	0.6	0.5	311,3300278
0.3	0.66	0.6	342,4630305
0.35	0.71	0.7	368,4071995
0.4	0.75	0.8	389,1625347
0.45	0.79	0.9	409,9178899
0.5	0.82	1	425,4843713
0.55	0.84	1.1	435,8620889
0.6	0.86	1.2	446,2397085
0.65	0.88	1.3	456,6173741
0.7	0.9	1.4	466,9950416
0.75	0.92	1.5	477,3727092
0.8	0.94	1.6	487,7503788
0.85	0.96	1.7	498,1280444
0.9	0.97	1.8	503,3168782
0.95	0.98	1.9	508,505712
1	1	2	518,8833796

121

ANEXO C - Planilhas do Hidrograma Gregório

Bacia de Exemplo	
Dados básicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	9000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	135
Área da bacia (km²)	19
Área urbana da bacia (km²)	0
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

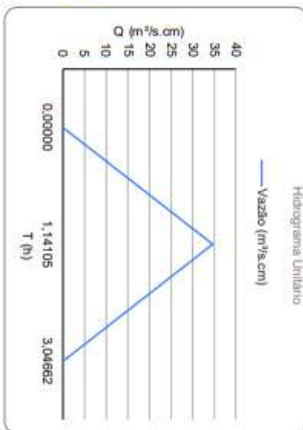
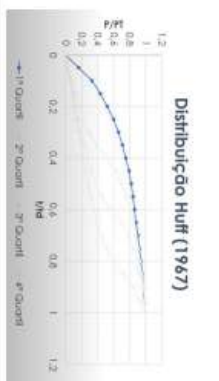
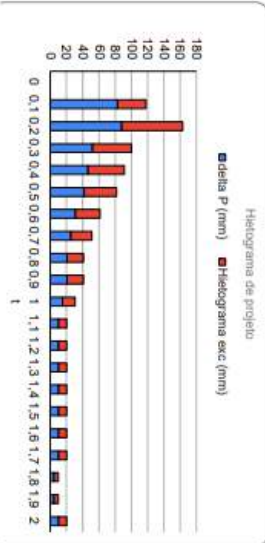
Distribuição temporal Huff	
Tempo de concentração (min)	Obs.
109,1054521	
Intensidade da chuva (mm/h)	Se $t_c < 10$ min, usar 10 min
259,4416898	
Precipitação total (mm)	
518,8833796	

Dados	Medidas
Duração da chuva (min)	120
Tempo de discretização da chuva (h)	0,1

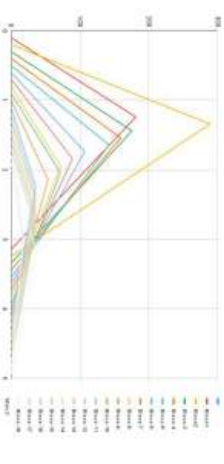
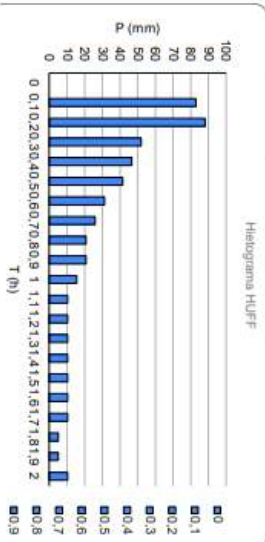
Hidrograma unitário - SCS	
Tempo de resposta (h)	1,091054521
Tempo de pico (h)	1,141054521
Tempo de base (h)	3,04615571
Vazão de pico (m³/s.cm)	34,634629

Vazão (m³/s.cm)	Tempo (h)
0	1,141054521
34,634629	0
0	3,04615571

Hidrograma de projeto	
Curva number (CN)	78,85537654
Infiltração inicial (mm)	13,62173283
Infiltração potencial máxima (mm)	68,10866417



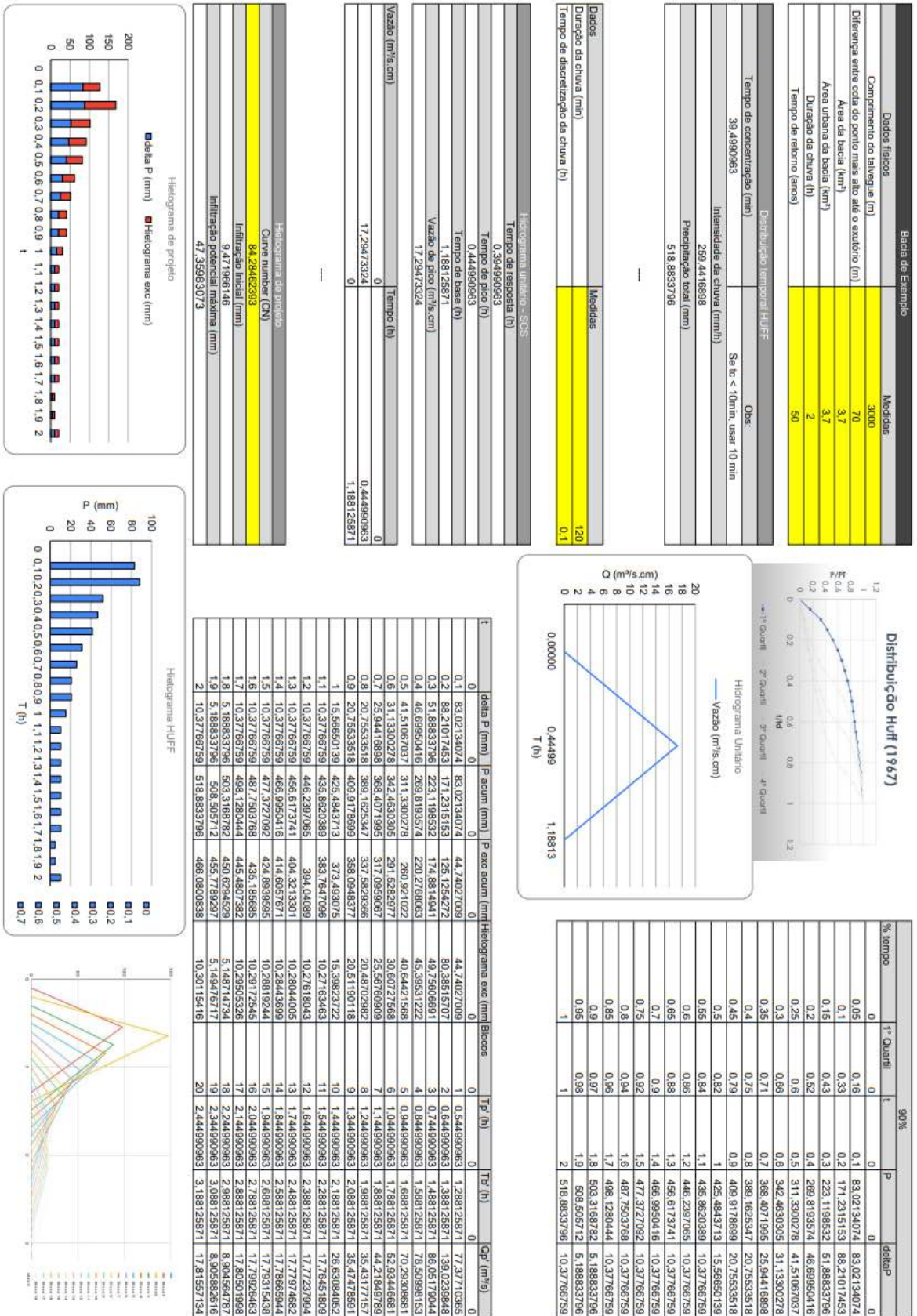
t	delta P (mm)	P acum (mm)	P excc acum (mm)	Hidrograma exc (mm)	Blocos	Tp (h)	Tb (h)	Qp (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	83,02134074	83,02134074	35,02556677	35,02556677	1	1,241054521	3,146615571	121,3097614
0,2	88,21017453	171,2315153	110,0523413	75,02677151	2	1,341054521	3,246615571	259,8524396
0,3	51,88833796	223,1196532	158,0932969	48,04704566	3	1,441054521	3,346615571	468,4091801
0,4	46,69950416	269,8193574	202,3928921	44,29330513	4	1,541054521	3,446615571	153,408219
0,5	41,51067037	311,3300278	242,2802925	39,88757041	5	1,641054521	3,546615571	138,1491203
0,6	31,13300278	342,4630305	272,4187164	30,13845389	6	1,741054521	3,646615571	104,3834169
0,7	25,94416898	368,4071995	297,6459448	25,22723846	7	1,841054521	3,746615571	87,37900448
0,8	20,75535318	389,1625537	317,8981181	20,2421633	8	1,941054521	3,846615571	70,1079816
0,9	20,75535318	409,9178699	338,1761511	20,288033	9	2,041054521	3,946615571	70,2688496
1	15,56650139	425,4843713	353,4196882	15,24254707	10	2,141054521	4,046615571	52,79196829
1,1	10,37766759	435,8620389	363,5918231	10,17312491	11	2,241054521	4,146615571	35,23424071
1,2	10,37766759	446,2397065	373,7724764	10,16100329	12	2,341054521	4,246615571	35,26390527
1,3	10,37766759	456,6173741	383,9629816	10,18956523	13	2,441054521	4,346615571	35,2918115
1,4	10,37766759	466,9950416	394,1600435	10,19705183	14	2,541054521	4,446615571	35,31711071
1,5	10,37766759	477,3727092	404,3641437	10,2041002	15	2,641054521	4,546615571	35,34152246
1,6	10,37766759	487,7503768	414,578875	10,21074387	16	2,741054521	4,646615571	35,3645259
1,7	10,37766759	498,1280444	424,7919008	10,21701326	17	2,841054521	4,746615571	35,38624538
1,8	5,188833796	503,3168782	429,9028491	5,110748303	18	2,941054521	4,846615571	17,70089714
1,9	5,188833796	508,505712	435,0148368	5,112167566	19	3,041054521	4,946615571	17,70587228
2	10,37766759	518,8833796	445,2433738	10,22853706	20	3,141054521	5,046615571	35,42615984



% tempo	1ª Quantil	90%	P	deltaP
0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,1	83,02134074	83,02134074
0,1	0,33	0,2	171,2315153	88,21017453
0,15	0,43	0,3	223,1196532	51,88833796
0,2	0,52	0,4	269,8193574	46,69950416
0,25	0,6	0,5	311,3300278	41,51067037
0,3	0,66	0,6	342,4630305	31,13300278
0,35	0,71	0,7	368,4071995	25,94416898
0,4	0,75	0,8	389,1625347	20,75535318
0,45	0,79	0,9	409,9178699	20,75535318
0,5	0,82	1	425,4843713	15,56650139
0,55	0,84	1,1	435,8620389	10,37766759
0,6	0,86	1,2	446,2397065	10,37766759
0,65	0,88	1,3	456,6173741	10,37766759
0,7	0,9	1,4	466,9950416	10,37766759
0,75	0,92	1,5	477,3727092	10,37766759
0,8	0,94	1,6	487,7503768	10,37766759
0,85	0,96	1,7	498,1280444	10,37766759
0,9	0,97	1,8	503,3168782	5,188833796
0,95	0,98	1,9	508,505712	5,188833796
1	1	2	518,8833796	10,37766759

	1(n)	Bloco1	Bloco2	Bloco3	Bloco4	Bloco5	Bloco6	Bloco7	Bloco8	Bloco9	Bloco10	Bloco11	Bloco12	Bloco13	Bloco14	Bloco15	Bloco16	Bloco17	Bloco18	Bloco19	Bloco20	Total					
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.63137293					
0.2	0	10.63137293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.26274586					
0.3	0	21.26274586	22.7730082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.03575406					
0.4	0	31.89411879	45.5460164	14.58380461	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.02739394					
0.5	0	42.52549171	68.3190246	29.16708901	13.44442498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153.4565502					
0.6	0	53.1566464	91.0903281	43.7514337	26.8884906	12.10714455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226.9963053					
0.7	0	63.78823757	113.865041	58.33521783	40.3327493	24.21428911	9.147978032	7.657268157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306.6940385					
0.8	0	74.196105	136.6380462	72.91902228	53.77769991	36.32143366	18.28695606	12.28827901	6.144139505	6.158002416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400.0290388					
0.9	0	85.0509834	159.4110574	87.50282674	67.22212489	48.42857821	27.4439341	15.31453631	8.144139505	4.62659718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	498.5181805					
1	0	95.68235636	182.184056	102.0866312	80.6654987	60.5357277	36.59191213	22.97180447	12.28827901	6.158002416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	599.1565838					
1.1	0	106.3137293	204.9570738	116.704357	94.11097485	72.6486732	45.73988016	30.62007263	18.43241852	9.25194393	3.087766536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	706.4391842					
1.2	0	116.9451022	227.730082	131.2542401	107.5553998	84.75001187	54.88798819	38.28634078	24.57655802	12.28827901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	816.8008512					
1.3	0	117.5572383	250.503002	145.8390446	120.9988248	96.85715643	64.85798819	45.94369804	30.72006753	18.43241852	3.087766536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	920.2337212					
1.4	0	111.191467	251.814306	160.421346	134.4442498	108.954301	73.18382425	53.6003771	36.86483703	18.50039872	9.25194393	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	998.3194426					
1.5	0	104.825051	228.1777888	151.2815592	147.8886748	121.0714455	82.3318023	61.25814525	43.00897554	23.1320869	12.35146814	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1050.808437					
1.6	0	98.4589634	224.5412569	152.3687422	146.0627815	133.1789301	91.47978032	68.91541341	48.15311604	43.10040891	27.73958308	15.43932638	12.36175988	9.27691069	6.198258233	3.087268519	0	0	0	0	0	1054.151863					
1.7	0	92.09287197	210.904725	143.7859252	140.6122276	133.8759805	100.6277583	78.57298157	55.29725555	48.20449933	32.38618026	18.52719622	15.43219987	12.37142878	9.28537349	6.194537038	3.089255086	0	0	0	0	1103.299859					
1.8	0	85.72678039	197.2681932	135.0631081	132.5616737	126.6269114	101.1544831	84.67084197	67.38553456	61.44133905	55.42256175	37.01277744	21.61506575	16.54283367	12.38051647	9.291805556	6.198570172	0	0	0	0	1104.17229					
1.9	0	79.30659822	183.631613	126.3302911	112.3176124	95.6765193	80.0865146	67.38553456	61.44133905	55.42256175	37.01277744	21.61506575	16.54283367	12.38051647	9.291805556	6.198570172	3.101188044	1.561274441	0	0	0	1075.979335					
2	0	72.99459725	169.9957295	117.897474	116.460566	112.726337	90.19882078	80.0865146	67.38553456	61.44133905	55.42256175	37.01277744	21.61506575	16.54283367	12.38051647	9.291805556	6.198570172	1.55171133	0	0	0	1075.979335					
2.1	0	66.62850567	156.3589976	108.864657	108.4100121	104.875949	84.7298962	75.5064094	64.28017802	68.09325715	50.89258888	46.2595718	27.79079882	24.7231995	21.64999687	18.577747	15.48634259	12.38051647	1.55171133	0	0	0	1075.979335				
2.2	0	60.2624141	142.7220568	100.13184	100.3594582	97.6297673	79.24515846	70.91527043	60.58102527	64.40574463	51.19986044	33.8665319	30.90439994	27.83571026	24.76103293	21.64999687	18.577747	15.48634259	12.38051647	1.55171133	0	0	1075.979335				
2.3	0	53.8963252	129.085539	91.3902202	92.30900432	90.3797557	73.7632731	66.33007992	56.90192712	60.7183321	48.3884297	34.14432991	33.98483994	30.9286695	27.85616205	24.76103293	21.64999687	18.577747	15.48634259	12.38051647	1.55171133	0	0	1075.979335			
2.4	0	47.42302395	115.449002	82.6602088	84.25835045	83.12718941	88.28749815	67.74489941	53.22280167	57.03889958	45.61812549	32.2953403	34.17278212	34.02142365	30.95129116	27.85616205	24.76103293	21.64999687	18.577747	15.48634259	12.38051647	1.55171133	0	0	1075.979335		
2.5	0	41.16413938	101.8124702	73.3338884	76.2077667	75.8740125	82.8066499	57.1596889	49.54367621	53.3440705	42.84770802	30.44628215	32.32271925	34.17278212	34.02142365	30.95129116	27.85616205	24.76103293	21.64999687	18.577747	15.48634259	12.38051647	1.55171133	0	0	1075.979335	
2.6	0	34.7980478	88.17593332	65.200518	68.15724289	68.62761409	57.33183384	52.57450838	45.86455076	49.6594453	40.07729055	28.59726027	30.47166538	32.3474948	34.22453246	34.09955571	30.9255066	27.9106024	12.41019552	10.8619731	18.6281153	820.975374	0	0	1075.979335		
2.7	0	28.43195623	74.5304046	56.4675476	60.10669881	61.37782954	51.85400268	47.98931787	42.18542531	45.964482	37.30697307	26.74823839	28.62103931	30.49548499	32.37126173	34.2482807	34.09213504	31.01189044	13.96146997	12.41019552	10.8619731	18.6281153	820.975374	0	0	1075.979335	
2.8	0	22.0588466	60.90287461	47.73493772	52.05613483	54.12903978	46.37817152	43.40417735	38.58629986	42.28101948	34.536456	24.89921652	26.77053064	28.6347499	30.517891	32.3383726	34.2708741	34.1190849	15.51274441	13.9640197	24.83748707	707.9159653	0	0	1075.979335		
2.9	0	15.69977308	47.2863473	39.00712088	44.0059105	46.87628262	40.8934037	38.61893894	34.8271744	36.59355695	31.78603813	22.8019464	24.91996777	26.7914649	28.6347499	30.517891	32.3383726	34.2708741	15.51274441	13.9640197	24.83748707	707.9159653	0	0	1075.979335		
3	0	9.33381507	33.6281088	30.2603364	33.05592717	36.87624586	33.4205921	29.6485581	31.74804965	34.90600443	26.99562066	21.20117276	23.0584049	24.939465	26.81714894	28.6347499	30.517891	32.3383726	34.2708741	15.51274441	13.9640197	24.83748707	707.9159653	0	0	1075.979335	
3.1	0	0	6.35674719	12.8066956	19.85391941	25.12889115	24.46484689	26.6485581	23.78979805	27.55110938	23.46478571	17.50312901	19.38277916	21.235435	23.0440809	24.9750303	26.84715008	28.70300674	30.5763187	16.22443464	15.29653421	14.3706441	30.61712047	292.5155488	0	0	1075.979335
3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1075.979335	

ANEXO D - Planilhas do Hidrograma Tijuco Preto



(n)	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8	Bloco 9	Bloco 10	Bloco 11	Bloco 12	Bloco 13	Bloco 14	Bloco 15	Bloco 16	Bloco 17	Bloco 18	Bloco 19	Bloco 20	Total
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	17.3884663	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.3884663
0.3	0	34.7763261	31.2419737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.0198119
0.4	0	52.1653981	62.46395873	19.3378731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133.9872314
0.5	0	69.5538632	93.729381	38.6757472	17.6430577	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219.5986015
0.6	0	71.6494229	124.9679175	58.0136213	35.2861055	15.7965208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305.7153265
0.7	0	61.23716702	128.7330196	77.35148484	52.9291522	31.5934016	11.89562738	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383.7356713
0.8	0	50.8249175	110.052475	79.68198319	70.57220309	47.3895024	23.79123475	19.8738658	7.962357557	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	382.2221034
0.9	0	40.4126647	91.3174754	68.10241809	72.69844121	63.18698032	35.6868213	15.92471511	7.972023899	15.9440478	5.984580078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	389.240197
1	0	30.004012	72.6097033	56.5228259	62.13374015	65.0897827	47.5825061	29.81082869	15.92471511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387.6465602
1.1	0	19.58814593	53.907193126	44.9432279	51.56903909	55.63079121	40.0161015	39.2477159	23.8870267	15.9440478	5.984580078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360.212769
1.2	0	9.175890659	35.19415918	33.3637228	41.00433903	46.1797915	41.89297134	40.9453143	31.84943023	23.9160717	11.96916016	3.994210768	0	0	0	0	0	0	0	0	319.4749637
1.3	0	16.4863871	0	10.20459261	0	8.33820912	13.40045067	17.14425346	18.5053704	23.27324081	28.07517066	32.8483766	23.9382431	11.97632283	7.9841748704	3.993874352	3.995520865	0	0	0	269.8168079
1.4	0	17.94811067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222.8172704
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168.6676313
1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156.1676386
1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137.7152026
1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124.0587946
1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103.3967286
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO E - Planilhas do Hidrograma APREM Ribeirão Feijão

Bacia de Exemplo	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	13000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	300
Área da bacia (km²)	130
Área urbana da bacia (km²)	4,354
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

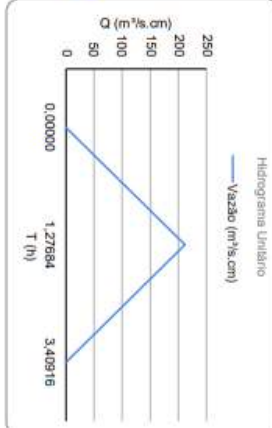
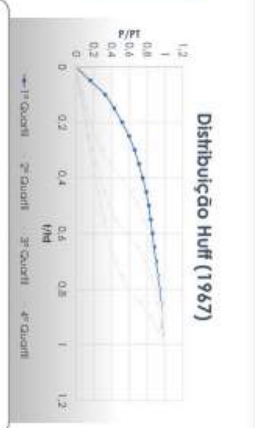
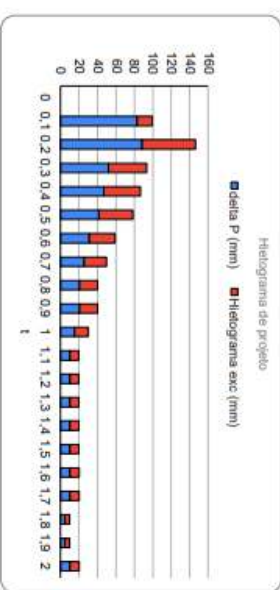
Distribuição hurrell Huff	
Tempo de concentração (min)	Obs:
122,6839484	Se $t_c < 10$ min, usar 10 min
Intensidade da chuva (mm/h)	
259,4416898	
Precipitação total (mm)	
518,8833796	

Dados	Medidas
Duração da chuva (min)	120
Tempo de discretização da chuva (h)	0,1

Hidrograma Unitário - SIQS	
Tempo de resposta (h)	1,226839484
Tempo de pico (h)	1,276839484
Tempo de base (h)	3,409161421
Vazão de pico (m³/s/cm)	211,7728998

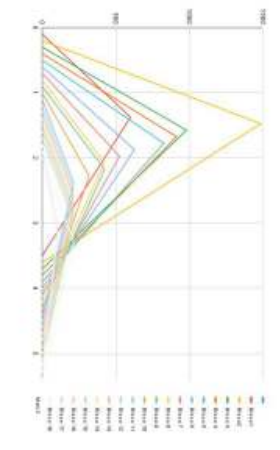
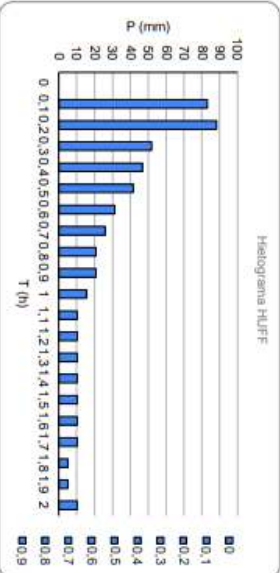
Vazão (m³/s/cm)	Tempo (h)
0	0
211,7728998	1,276839484
0	3,409161421

Hidrograma de projeto	
Curve number (CN)	65,37659712
Infiltração inicial (mm)	26,80364662
Infiltração potencial máxima (mm)	134,5182331



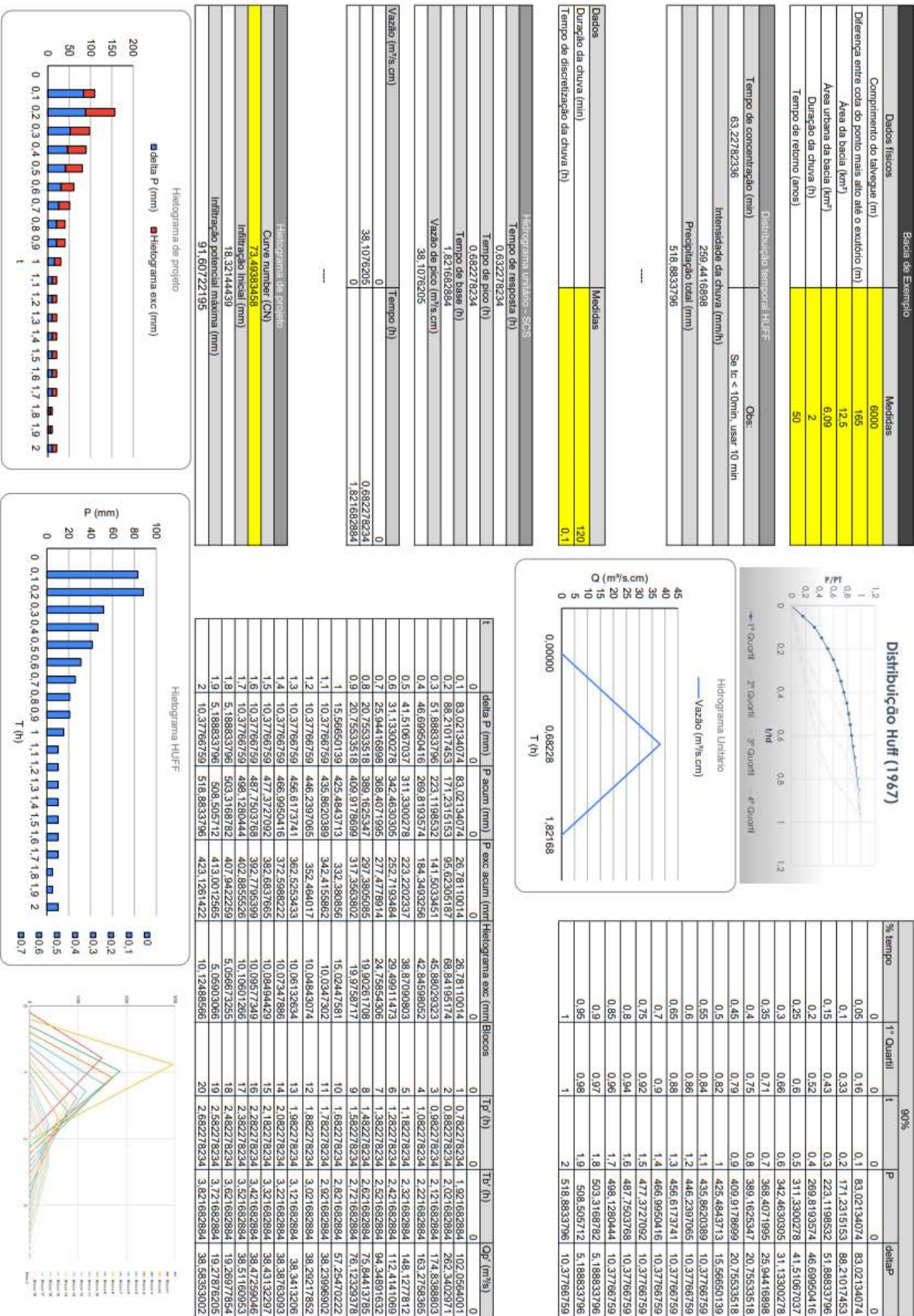
% tempo	1° Quartil	50%	90%	delta P
0	0	0	0	0
0.05	0.16	0.1	83,02134074	83,02134074
0.1	0.33	0.2	171,2315153	88,2107453
0.15	0.43	0.3	223,1198532	51,8833796
0.2	0.52	0.4	269,8193574	46,69950416
0.25	0.6	0.5	311,3300278	41,51067037
0.3	0.66	0.6	342,463035	31,13300278
0.35	0.71	0.7	368,4071995	25,84416898
0.4	0.75	0.8	389,1625347	20,75533518
0.45	0.79	0.9	409,9176699	20,75533518
0.5	0.82	1	425,4843713	15,58650139
0.55	0.84		435,6620389	10,37766759
0.6	0.86		446,2397065	10,37766759
0.65	0.88		456,6173741	10,37766759
0.7	0.9		466,9950416	10,37766759
0.75	0.92		477,3727092	10,37766759
0.8	0.94		487,7503758	10,37766759
0.85	0.96		498,1280444	10,37766759
0.9	0.97		503,3186782	5,18833796
0.95	0.98		508,505712	5,18833796
1	0.99	1	518,8833796	10,37766759

T	delta P (mm)	P acum (mm)	P exc acum (mm)	Hidrograma exc (mm)	Block	Tp (h)	Tb (h)	Qp (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	83,02134074	83,02134074	16,51942338	16,51942338	1	1,376839484	3,509161421	348,8366191
0.2	88,2107453	171,2315153	74,70261745	56,18319408	2	1,476839484	3,609161421	1232,162373
0.3	51,8833796	223,1198532	116,41703945	41,70739345	3	1,576839484	3,709161421	883,2496564
0.4	46,69950416	269,8193574	156,3400523	39,93004143	4	1,676839484	3,809161421	845,6100661
0.5	41,51067037	311,3300278	195,100385	36,76033262	5	1,776839484	3,909161421	776,4842237
0.6	31,13300278	342,4630305	221,2456719	28,14528692	6	1,876839484	4,009161421	566,0409266
0.7	25,94416898	368,4071995	244,9986115	23,75239667	7	1,976839484	4,109161421	503,0228913
0.8	20,75533518	389,1625347	264,1657324	19,16714084	8	2,076839484	4,209161421	405,908097
0.9	20,75533518	409,9176699	283,4602804	19,29452805	9	2,176839484	4,309161421	408,6058154
1	15,58650139	425,4843713	298,0058238	14,5454334	10	2,276839484	4,409161421	308,0351891
1.1	10,37766759	435,8620389	307,7353446	9,729520823	11	2,376839484	4,509161421	206,0448656
1.2	10,37766759	446,2397065	317,4891543	9,753809708	12	2,476839484	4,609161421	206,5592866
1.3	10,37766759	456,6173741	327,2639127	9,776758389	13	2,576839484	4,709161421	207,0452475
1.4	10,37766759	466,9950416	337,0643764	9,798463685	14	2,676839484	4,809161421	207,5049058
1.5	10,37766759	477,3727092	346,8633902	9,819013826	15	2,776839484	4,909161421	207,9401031
1.6	10,37766759	487,7503768	356,7218796	9,838489352	16	2,876839484	5,009161421	208,355242
1.7	10,37766759	498,1280444	366,5789435	9,856663907	17	2,976839484	5,109161421	208,743783
1.8	5,18833796	503,3186782	371,5139592	4,935115705	18	3,076839484	5,209161421	104,5123784
1.9	5,18833796	508,505712	376,4533484	4,939389224	19	3,176839484	5,309161421	104,6028778
2	10,37766759	518,8833796	386,3445227	9,891174272	20	3,276839484	5,409161421	209,4682658



(N)	Bloco1	Bloco2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8	Bloco 9	Bloco 10	Bloco 11	Bloco 12	Bloco 13	Bloco 14	Bloco 15	Bloco 16	Bloco 17	Bloco 18	Bloco 19	Bloco 20	Total	
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.2	0	27.39863731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.39863731	
0.3	0	54.7972461	96.50096105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151.29862357	
0.4	0	82.19591192	193.0019221	69.1767518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344.3726062	
0.5	0	100.5945492	289.5028632	136.3409304	66.2681057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	603.6726563	
0.6	0	136.9931865	386.0038442	207.5540255	132.453611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	923.9441008	
0.7	0	164.3918238	482.5048035	276.6897007	198.604317	12.1939467	46.6806797	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1290.865966	
0.8	0	191.7904611	579.0057663	345.8733759	264.9072423	162.30087	93.36191593	39.3895938	32.00134556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1697.24357	
0.9	0	219.1890985	675.562724	415.0480511	331.1340529	243.8794933	140.0428739	78.79187599	64.00269112	24.12481702	16.13710153	16.17738637	0	0	0	0	0	0	0	0	2135.361288	
1	0	246.5877358	772.0076884	484.2227263	397.3698634	304.8481166	186.7238319	118.187814	63.58012967	95.37019451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2605.520252	
1.1	0	273.9863731	868.5086495	553.3974015	463.5876734	365.81774	230.4047888	198.97969	127.1602563	96.0050369	48.41130458	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3096.794082	
1.2	0	301.3850104	965.0096105	622.5720766	529.8144846	426.7873633	280.087478	236.373628	158.8503242	128.0053822	72.37445107	32.35477214	0	0	0	0	0	0	0	0	3610.185015	
1.3	0	326.7336477	1061.510572	691.7467618	596.0412951	548.7598969	326.7667058	275.371566	190.740389	162.0067278	90.4902681	48.41130458	32.35477214	0	0	0	0	0	0	0	4136.763334	
1.4	0	346.0368192	1158.011533	760.921427	670.685566	609.6962333	420.1286237	315.167504	222.5304539	192.0080734	120.0240651	64.54840611	48.53215911	32.32096678	0	0	0	0	0	0	4660.4111635	
1.5	0	329.6304485	1218.1779607	830.0961022	728.4949163	670.685566	466.8065797	354.563442	224.203187	224.004189	144.7489021	80.8850794	64.70954548	48.84635416	32.52089633	0	0	0	0	0	0	5146.918416
1.6	0	313.2240799	1160.99406	872.6500253	794.7217289	670.685566	466.8065797	383.89398	286.1103835	256.012101	192.9985362	112.9597107	97.06431822	61.07724194	65.00579255	48.84635416	32.52089633	0	0	0	0	5500.584337
1.7	0	298.8177102	1103.209054	832.2340041	836.4253628	731.6354799	513.4905376	433.35318	317.8006484	288.012101	192.9985362	112.9597107	97.06431822	61.07724194	65.00579255	48.84635416	32.52089633	0	0	0	0	5758.981222
1.8	0	280.4113406	1045.424041	790.8121029	790.78858	770.0286071	560.1714956	412.751256	346.8007132	302.0134556	217.1233532	120.0689122	113.2417046	97.20260033	81.2574031	65.14212812	48.95350073	32.6964087	0	0	0	5920.830587
1.9	0	264.0049709	987.6590044	749.3901417	757.118072	733.5198506	589.5669201	472.751256	346.8007132	302.0134556	217.1233532	120.0689122	113.2417046	97.20260033	81.2574031	65.14212812	48.95350073	32.6964087	0	0	0	6016.677776
2	0	247.5988013	929.8540338	707.9681905	717.4550344	687.0110942	561.6142596	487.559237	381.480778	352.0148012	241.2481702	145.2339137	129.419091	113.5981387	97.50988898	81.42786016	65.2713343	40.04542481	24.55527005	16.3846559	0	6038.781241
2.1	0	231.1922317	872.0690272	666.5462704	677.7992016	660.5023377	533.6615812	473.9898549	401.4692715	384.0161467	265.3729873	161.3710153	145.5964773	129.7235671	113.7601371	97.71319219	81.58916788	65.3838975	24.7609008	24.5768385	16.3846559	5947.554466
2.2	0	214.785862	814.2840205	625.132582	638.1414888	623.9935812	505.7089117	450.3784729	382.4633045	404.1679382	288.4078043	177.5081168	161.7738637	145.9300355	130.0115853	113.0987242	97.0070145	81.76237468	32.7698008	32.7698008	16.3846559	5927.741723
2.3	0	198.3794924	756.490139	583.702027	598.484716	587.4848247	477.752423	426.788909	344.3913706	365.8402208	290.2404231	203.8086882	194.126364	178.389023	162.5144816	146.5697883	130.542686	114.4393246	40.1114409	40.96163075	5673.155044	
2.4	0	181.973227	698.7140073	550.2903359	559.8279422	550.970582	441.0305729	403.107098	344.3913706	365.8402208	290.2404231	203.8086882	194.126364	178.389023	162.5144816	146.5697883	130.542686	114.4393246	40.1114409	40.96163075	5673.155044	
2.5	0	165.580331	640.529007	500.8683146	519.1711704	514.481317	421.8503624	379.6073268	325.3594038	346.8007278	273.7474249	194.143931	204.319584	194.3883607	178.763298	162.553203	146.800302	130.7877995	97.2886801	49.1538977	82.0207029	5949.1075211
2.6	0	149.1603834	584.1439341	459.436414	479.5749378	477.9585553	385.9462634	335.019446	306.319438	325.3594038	261.5814281	194.143931	204.319584	194.3883607	178.763298	162.553203	146.800302	130.7877995	97.2886801	49.1538977	82.0207029	5949.1075211
2.7	0	132.1540138	525.3568614	418.014422	439.6376248	441.1487988	353.4285645	332.4285645	306.319438	325.3594038	261.5814281	194.143931	204.319584	194.3883607	178.763298	162.553203	146.800302	130.7877995	97.2886801	49.1538977	82.0207029	5949.1075211
2.8	0	115.3704441	467.5738608	376.592191	400.20082	404.941023	337.962661	306.319438	288.4078043	288.012101	192.9985362	112.9597107	97.06431822	61.07724194	65.00579255	48.84635416	32.52089633	0	0	0	0	5758.981222
2.9	0	99.9412745	409.7889742	335.1705299	360.540792	368.432858	310.0402257	285.2457967	240.2175357	270.030309	218.013432	145.842229	165.9674352	175.6994882	178.0584207	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	5758.981222
3	0	63.53490486	352.003676	253.7469587	320.8873064	331.9235269	292.087582	261.6554166	240.2175357	270.030309	218.013432	145.842229	165.9674352	175.6994882	178.0584207	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	5758.981222
3.1	0	67.1285521	294.218661	252.3469587	281.2305306	295.4147728	254.1348868	256.0693046	211.1380018	212.7405442	184.1274358	116.16754374	126.503478	136.50328	146.3254386	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	166.5471757	5758.981222
3.2	0	50.72216557	236.4339544	210.900463	259.9900164	226.1822173	214.8746526	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	5758.981222
3.3	0	34.31579592	178.6489477	169.482651	201.9716888	222.3972599	198.2295479	160.88285	154.0317009	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	5758.981222
3.4	0	17.90942628	120.863941	128.0807233	162.2602152	165.8895034	170.2786794	167.293885	154.0317009	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	174.067678	192.1038348	5758.981222
3.5	0	1.630596836	63.0783545	86.6387673	122.6034424	114.3713596	142.324209	143.7035065	134.9597339	155.0954147	131.3374427	97.51461785	107.4451069	117.4077582	127.3998142	137.188231	147.4625444	157.5288531	83.77183506	88.7498215	187.5461322	2084.068497
3.6	0	45.21680154	82.94669681	112.8799904	142.3713596	114.3713596	142.324209	143.7035065	134.9597339	155.0954147	131.3374427	97.51461785	107.4451069	117.4077582	127.3998142	137.188231	147.4625444	157.5288531	83.77183506	88.7498215	187.5461322	2084.068497
3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1427.363537
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1427.363537
3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1427.363537
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1427.363537

ANEXO F - Planilhas do Hidrograma Água Quente



Hidrograma Huff

Hidrograma de projeto

delta P (mm) Hidrograma exc (mm)

t(h)	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8	Bloco 9	Bloco 10	Bloco 11	Bloco 12	Bloco 13	Bloco 14	Bloco 15	Bloco 16	Bloco 17	Bloco 18	Bloco 19	Bloco 20	Total
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	14.95817909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.95817909
0.3	0	29.91635817	38.45053263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.3669098
0.4	0	44.87453726	76.90126525	25.62574499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147.4015475
0.5	0	59.83271635	115.3518979	51.25148988	23.93097544	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250.3507096
0.6	0	74.79095643	153.8025305	76.8773406	47.86195089	21.71075673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	375.0433705
0.7	0	89.74907452	192.2531631	102.50298	71.7920283	43.42151746	16.47639609	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	516.1954455
0.8	0	100.4890626	230.7037958	128.1287249	95.72380177	65.13237519	32.65237018	13.82881027	11.1630624	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	686.0384418
0.9	0	91.51200813	238.259979	153.7544689	119.6534972	86.8403492	49.42855328	27.65702075	11.1572216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	786.2286124
1	0	82.55507367	235.2356461	172.1195162	143.5865527	108.5537836	65.90514037	41.46833112	22.2381248	11.572216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	882.8363937
1.1	0	73.580862	212.213171	156.7747807	160.7353206	130.2845524	82.3814256	55.316415	33.34891872	16.8338818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	955.5353518
1.2	0	64.84108874	168.1869862	141.4300032	146.4053952	145.823871	98.85771056	62.29718624	44.4652486	33.4716945	16.8338818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	965.6133615
1.3	0	55.68409527	166.1626553	126.0852457	132.074688	132.8234167	110.7966515	82.28718624	55.58173743	55.78610751	33.5667637	16.81424108	11.22479852	5.612398258	5.619601903	5.625389505	0	0	0	0	948.6796084
1.4	0	46.72710181	143.1383244	117.7465444	119.8229624	108.822508	90.8339256	84.80091232	74.68449365	66.94332901	41.95647046	22.41898811	16.83719777	11.23920381	5.625389505	5.625389505	0	0	0	0	921.566873
1.5	0	37.77010834	120.1139935	95.39573079	103.416819	106.822508	81.0675538	76.3208718	68.00802284	74.93930772	50.35016455	28.02373514	22.44689703	16.88680571	11.25277901	5.625389505	0	0	0	0	878.7415368
1.6	0	28.8131488	97.0896257	80.0507332	89.0868356	93.8220537	81.0675538	76.3208718	68.00802284	74.93930772	50.35016455	28.02373514	22.44689703	16.88680571	11.25277901	5.625389505	0	0	0	0	823.7656241
1.7	0	19.85612141	74.0653165	60.7052184	74.7567815	87.82199937	71.20151461	68.0382205	61.35155204	68.25833676	56.38418939	33.62848217	28.06199629	22.47840761	16.87916851	11.2565867	5.638841834	0	0	0	879.3739344
1.8	0	10.89912795	51.04100074	49.36145838	60.42894273	67.82114504	61.3547563	59.75927892	54.69508124	61.5773859	51.33922287	37.64520245	33.67439555	28.0800952	22.50555802	16.89838005	11.27768367	5.644560711	0	0	683.9997873
1.9	0	1.942134481	28.01666882	34.01670088	46.09681732	54.8202639	51.46843665	51.47873178	48.03811044	54.89639484	48.31425635	34.2890665	33.3568179	37.74497765	28.15194752	28.13194752	22.5311724	16.8765255	5.644560711	2.824328491	604.4869176
2	0	4.992338909	18.87184341	31.7869919	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	41.8202639	525.6393929
2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

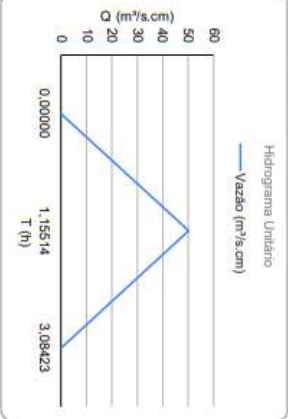
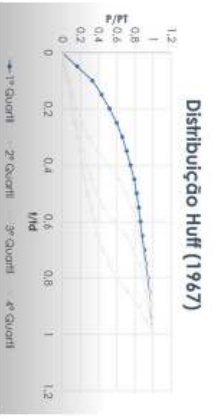
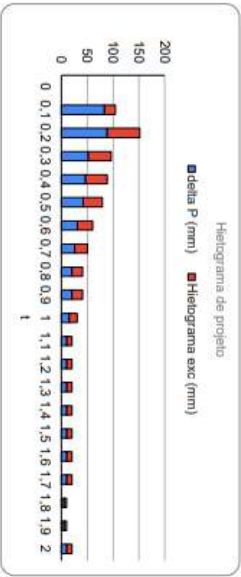
ANEXO G - Planilhas do Hidrograma APREM Monjolinho

Bacia de Exemplo	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	8500
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	110
Área da bacia (km²)	27,92
Área urbana da bacia (km²)	5,37
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50
Distribuição temporal Huff	
Tempo de concentração (min)	Obs: Se $t_c < 10 \text{ min}$, usar 10 min
110,5140592	
Intensidade da chuva (mm/h)	259,4416898
Precipitação total (mm)	518,8833796

Dados	Medidas
Duração da chuva (min)	120
Tempo de discretização da chuva (h)	0,1

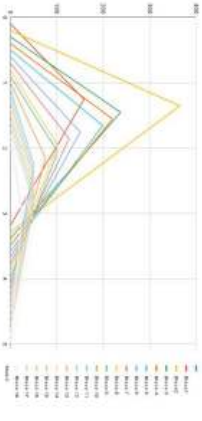
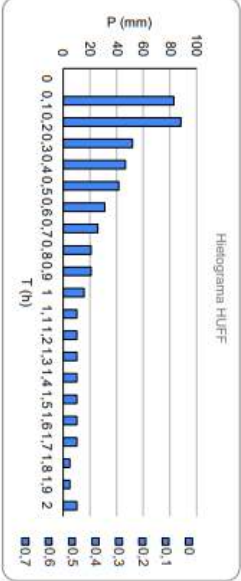
Hidrograma Unitário - SCS	
Tempo de resposta (h)	1,105140592
Tempo de pico (h)	1,155140592
Tempo de base (h)	3,084225382
Vazão de pico (m³/s.cm)	50,27405355
Vazão (m³/s.cm)	0
Tempo (h)	0
	1,155140592
	3,084225382

Hidrograma de projeto	
Curve number (CN)	69,11735
Infiltração inicial (mm)	22,69616823
Infiltração potencial máxima (mm)	113,4909411



		90%		P		delta P	
% tempo	1ª Quartil	t					
0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,1	83,02134074	83,02134074			
0,1	0,33	0,2	171,2315153	88,21017453			
0,15	0,43	0,3	223,1198532	51,88833796			
0,2	0,52	0,4	269,8193574	46,69950416			
0,25	0,6	0,5	311,3300278	41,51087037			
0,3	0,66	0,6	342,4630305	31,13300278			
0,35	0,71	0,7	368,4071995	25,94416898			
0,4	0,75	0,8	389,1625347	20,7553518			
0,45	0,79	0,9	409,9178689	20,7553518			
0,5	0,82	1	425,4843713	15,56650139			
0,55	0,84	1,1	435,8620389	10,3766759			
0,6	0,86	1,2	446,2397085	10,3766759			
0,65	0,88	1,3	456,6173741	10,3766759			
0,7	0,9	1,4	466,9950416	10,3766759			
0,75	0,92	1,5	477,3727092	10,3766759			
0,8	0,94	1,6	487,7503768	10,3766759			
0,85	0,96	1,7	498,1280444	10,3766759			
0,9	0,97	1,8	503,3168782	5,188833796			
0,95	0,98	1,9	508,505712	5,188833796			
1	1	2	518,8833796	10,3766759			

t	delta P (mm)	P acum (mm)	P exc acum (mm)	Hidrograma exc (mm)	Blocos	TP (h)	TB (h)	Qp (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	83,02134074	83,02134074	20,93548177	20,93548177	1	1,295140592	3,184225382	105,2511803
0,2	88,21017453	171,2315153	84,19887743	63,2633026	2	1,395140592	3,284225382	318,050707
0,3	51,88833796	223,1198532	127,9618991	127,9618991	3	1,455140592	3,384225382	220,0142984
0,4	46,69950416	269,8193574	169,3478131	41,38994402	4	1,555140592	3,484225382	208,0639166
0,5	41,51087037	311,3300278	207,1713884	37,8235853	5	1,655140592	3,584225382	190,1544953
0,6	31,13300278	342,4630305	236,0027454	28,83134707	6	1,755140592	3,684225382	144,9488887
0,7	25,94416898	368,4071995	260,2672754	24,26452996	7	1,855140592	3,784225382	121,9816278
0,8	20,7553518	389,1625347	279,8096421	19,5426666	8	1,955140592	3,884225382	98,24739879
0,9	20,7553518	409,9178689	299,4525811	19,5426666	9	2,055140592	3,984225382	98,75295143
1	15,56650139	425,4843713	314,2434889	14,79089081	10	2,155140592	4,084225382	74,35980367
1,1	10,3766759	435,8620389	324,129625	9,88606059	11	2,255140592	4,184225382	49,70126144
1,2	10,3766759	446,2397085	334,0345905	9,90506571	12	2,355140592	4,284225382	49,70677969
1,3	10,3766759	456,6173741	343,957575	9,922984519	13	2,455140592	4,384225382	49,8898555
1,4	10,3766759	466,9950416	353,891784	9,939903318	14	2,555140592	4,484225382	49,97192317
1,5	10,3766759	477,3727092	363,8533734	9,9568504	15	2,655140592	4,584225382	50,05323004
1,6	10,3766759	487,7503768	373,8243996	9,973822023	16	2,755140592	4,684225382	50,12839553
1,7	10,3766759	498,1280444	383,8097571	9,985357466	17	2,855140592	4,784225382	50,20043959
1,8	5,188833796	503,3168782	388,801753	4,997816289	18	2,955140592	4,884225382	25,12805833
1,9	5,188833796	508,505712	393,8087013	5,001125953	19	3,055140592	4,984225382	25,14289744
2	10,3766759	518,8833796	403,820585	10,01183719	20	3,155140592	5,084225382	50,33356391



ANEXO H - Dados de entrada dos hidrogramas

Mineirinho (2020)	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	4000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	92
Área da bacia (m²)	5850000
Área urbana da bacia (m²)	4000000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Tijuco Preto	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	3000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	70
Área da bacia (m²)	3700000
Área urbana da bacia (m²)	3700000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Ribeirão Feijão	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	13000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	300
Área da bacia (m²)	130000000
Área urbana da bacia (m²)	4354000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

APREM Espirado	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	8500
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	110
Área da bacia (m²)	27920000
Área urbana da bacia (m²)	5370000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Santa Maria do Leme	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	4700
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	80
Área da bacia (m²)	11200000
Área urbana da bacia (m²)	3628909,4
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Gregório	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	9000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	135
Área da bacia (m²)	19000000
Área urbana da bacia (m²)	
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Água Quente	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	6000
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	165
Área da bacia (m²)	12500000
Área urbana da bacia (m²)	6090000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50

Espirado	
Dados físicos	Medidas
Comprimento do talvegue (m)	2200
Diferença entre cota do ponto mais alto até o exutório (m)	55
Área da bacia (m²)	3236000
Área urbana da bacia (m²)	213000
Duração da chuva (h)	2
Tempo de retorno (anos)	50