

MAPEAMENTO DE RISCO DE DRENAGEM NO MUNICÍPIO DE OURINHOS

DRAINAGE RISK MAPPING IN THE MUNICIPALITY OF OURINHOS

¹QUITÉRIO, Ana Cláudia dos Santos; ²MIRANDA, Luciana; ³MENDES, Luis Felipe dos Santos;
⁴RODRIGUES, André Luis de Carvalho

^{1,2,3e4}Departamento de Engenharia - Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

RESUMO

As inundações urbanas configuram-se como um dos principais desafios enfrentados pelas cidades brasileiras, frequentemente associadas a deficiências no sistema de drenagem e à falta de conhecimento sobre áreas de risco. Este trabalho tem como objetivo desenvolver mapas de risco de inundação para o município de Ourinhos, oferecendo subsídios ao planejamento urbano. Foram utilizados os softwares InfraWorks e Civil 3D para a obtenção de mapas topográficos, curvas de nível e bacias hidrográficas, além do Pluvio, responsável pelo fornecimento de dados regionais sobre frequência e intensidade das chuvas. A integração dessas informações permitiu gerar dois produtos: um mapa subdividido por áreas de vulnerabilidade e um modelo dinâmico de manchas de inundação. Os resultados obtidos contribuem para a formulação de sistemas de drenagem mais eficazes e para a mitigação de impactos decorrentes de eventos pluviométricos extremos.

Palavras-chave: inundação; mapeamento, drenagem urbana, Ourinhos.

ABSTRACT

Urban flooding is one of the main challenges faced by Brazilian cities, often associated with deficiencies in drainage systems and the lack of knowledge about risk areas. This study aims to develop flood risk maps for the municipality of Ourinhos, providing support for urban planning. The InfraWorks and Civil 3D software were used to obtain topographic maps, contour lines, and watershed delimitation, while Pluvio provided regional data on rainfall frequency and intensity. The integration of these tools enabled the creation of two products: a map subdivided by vulnerability areas and a dynamic model of flood spots. The results contribute to the design of more efficient drainage systems and to the mitigation of impacts caused by extreme rainfall events.

Keywords: flood; mapping; urban drainage; Ourinhos.

INTRODUÇÃO

A drenagem urbana pode ser definida como um complexo sistema de infraestrutura responsável por manter um adequado funcionamento dos municípios por meio da gestão das águas, garantindo não só um adequado escoamento como, também, um correto tratamento e distribuição destas (Portal Saneamento Básico, 2023).

Dentro da conceituação de drenagem é possível indicar alguns problemas enfrentados pelos centros urbanos neste núcleo, o principal deles se refere a demasiada impermeabilização do solo gerada por aglomerados populacionais, cuja principal consequência é o notório aumento dos fenômenos de inundação, enchente e alagamento, a seguir conceituados e diferenciados (Portal Saneamento Básico, 2023).

O projeto em desenvolvimento visa apresentar um mapa de risco de inundação da cidade de Ourinhos, localizada no interior do estado de São Paulo. Porém, para isto, antes é preciso apresentar uma definição para o fenômeno inundação.

O conceito de inundação pode ser melhor entendido quando acompanhado da comparação deste com dois outros fenômenos cotidianos ligados a drenagem urbana, sendo eles os conceitos de enchente e de alagamento (Figura 01).

Os alagamentos são caracterizados por serem pequenos acúmulos de água em alguns pontos específicos dos perímetros urbanos ocasionados predominantemente por problemas de drenagem, tais como o subdimensionamento de pontos de escoamento, por exemplo (Defesa Civil de São Bernardo do Campo, 2011). As enchentes, por sua vez, apresentam um acúmulo maior de água do que o observado nos alagamentos, ocorrendo apenas em canais de drenagem, e sendo definida como um aumento temporário de sua vazão até que este atinja sua cota máxima (Defesa Civil de São Bernardo do Campo, 2011).

Por fim, as inundações, fenômeno em estudo, consiste em um transbordamento dos cursos d'água acima da cota de enchente atingindo as áreas marginais deste canal denominadas como áreas de inundação ou várzea. Estas áreas de inundação são divididas entre leito menor, áreas de inundação menores cuja ocorrência é mais frequente, e leito maior, áreas de inundação com cheias de menor probabilidade de ocorrência (Defesa Civil de São Bernardo do Campo, 2011).

FIGURA 01- Diferenciação entre enchente, alagamento e inundação.



FONTE: DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO (2011)

Após adquirir a conceituação a respeito de inundação, os mapas de inundação em sua definição se tornam mais claros. Tais mapas podem ser realizados com dois objetivos distintos evidenciados em suas nomenclaturas (TUCCI, 2005), o primeiro tipo, denominado “mapas de planejamento”, objetivam apresentar um mapa contendo as potenciais áreas de alagamento presentes em um município tomando como base um tempo de retorno pré-determinado, com a utilização deste se torna possível abraanger um grande período de tempo que tornará a análise mais precisa e condizente com a realidade. O outro modelo (TUCCI, 2005), denominado “mapas de alerta”, consiste na inserção de cotas em cada esquina do município, cuja função é fornecer aos moradores um parâmetro da altura das cheias por meio da observação das régua de nível.

Outra diferenciação possível dentro dos mapas de inundação é referente ao método utilizado em sua criação, a mancha de inundação pode ser feita a partir da observação dos dados de uma inundação em ocorrência, ou seja, este método é demasiado atual e preciso devido às informações estarem sendo retiradas de um fenômeno físico real, apesar de apresentar tal exatidão de dados é um mapa que possui uma grande dificuldade de criação, pois os dados precisam ser coletados durante a inundação, além disso, o mapa se torna inflexível por não aceitar a inserção de tempos de retorno (MONTEIRO e KOBAYAMA, 2013). A outra forma de apresentar esta mancha de inundação é por meio de um mapa hidrodinâmico obtido por meio de softwares capazes de simular, tomando como base dados como tempo de retorno, intensidade e tempo de concentração das chuvas, como seria uma inundação ocorrida

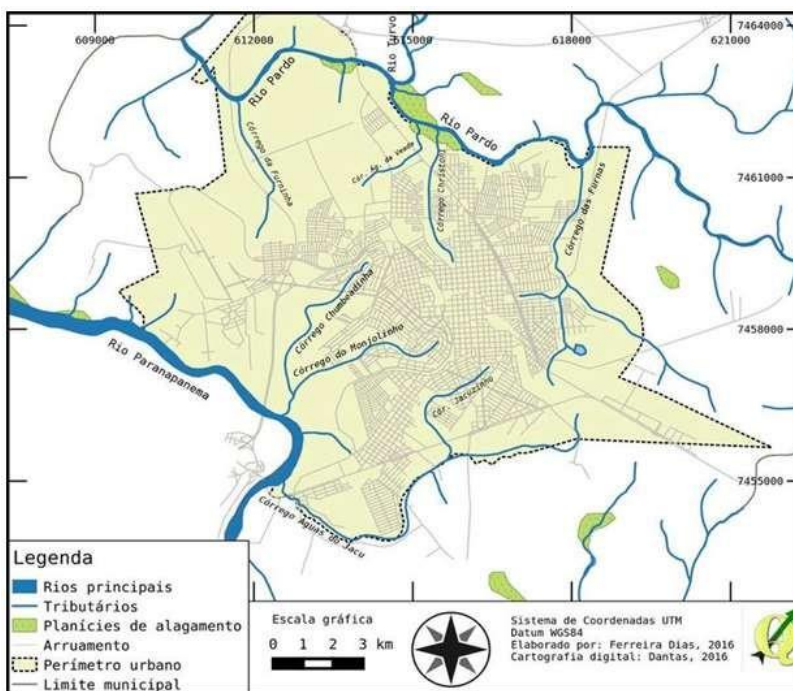
em determinada região (MONTEIRO e KOBAYAMA, 2013)

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo pautado na apresentação de um mapa de risco de inundação da cidade de Ourinhos/SP será conduzido por meio da criação e utilização de mapas e tabelas gerados pelos softwares citados a seguir, introduzido por uma caracterização hidrológica prévia.

O município de Ourinhos, pertencente à bacia hidrográfica do Médio Paranapanema, é uma cidade localizada no sudoeste do estado de São Paulo, na divisa deste com o norte do Paraná, e caracteriza-se por ser quase uma ilha, devido a seu perímetro ser circundado por três rios distintos, sendo eles Rio Pardo, Rio Turvo e Rio Paranapanema (Figura 02), livrando apenas a porção oeste do centro urbano (PRANDI et al., 2012).

FIGURA 02 - Mapa com representação dos rios que cobrem o perímetro da cidade de Ourinhos.



FONTE: DIAS (2016)

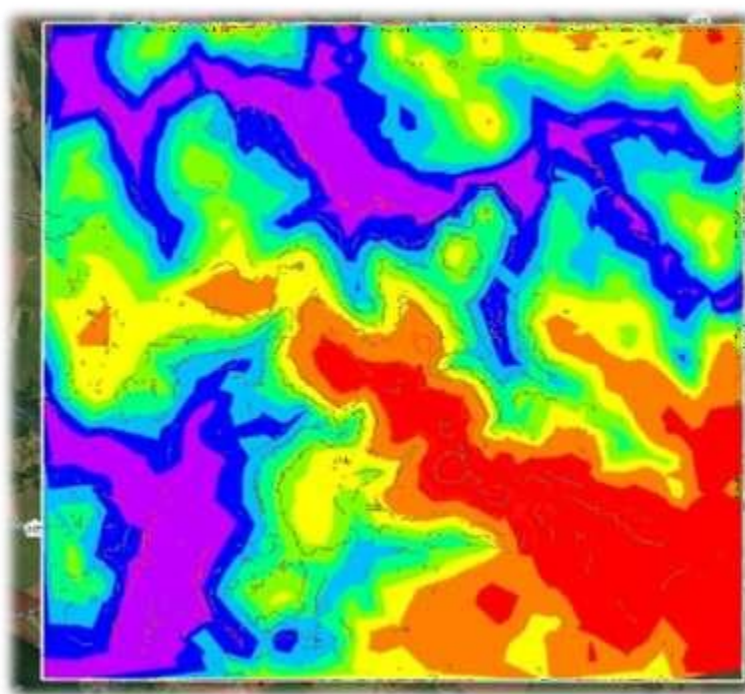
O primeiro sistema utilizado denomina-se “INFRAWORKS”, por meio deste foi possível obter um levantamento topográfico da cidade (Figura 03) cuja precisão adquirida é na escala regional, sendo possível analisar a cidade por zonas.

FIGURA 03 - Imagem computadorizada do município de Ourinhos



FONTE: os autores (2024)

Em seguida a imagem computadorizada foi adicionada ao “Civil 3D”, aplicativo no qual o levantamento topográfico obtido pode ser tratado e acrescido de informações relevantes ao entendimento de suas características físicas. Dentre as opções possíveis de tratamento foi utilizado um mapa de altitude, no qual os diferentes níveis do município foram representados por cores – quentes para as áreas mais elevadas e frias para os talwegues (Figura 04).

FIGURA 04 - Mapa de altitude

FONTE: os autores (2024)

Em conjunto com a coloração das curvas de nível o sistema utilizado foi responsável pela geração do Quadro 01, na qual as cores evidenciadas referem os respectivos valores de suas altitudes.

QUADRO 01 - Correlação entre cores e cotas.

TABELA DE ELEVAÇÕES DA SUPERFÍCIE			
Nº	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	COR
1	380.000	406.000	
2	406.000	422.000	
3	422.000	434.000	
4	434.000	444.000	
5	444.000	453.000	
6	453.000	483.000	
7	483.000	478.663	
8	478.663	544.000	

FONTE: os autores (2024)

Com a obtenção das informações planialtimétricas a etapa seguinte se desenvolveu por meio da delimitação das bacias que, visando realizar uma análise generalista do município, limitou-se ao estudo de três elementos.

A primeira bacia delimitada, evidenciada na Figura 05 abaixo, corresponde á influência do córrego das Furnas, a partir dessa estimativa de formato alguns informações a respeito de suas características podem ser obtidas, assim como, tempo de concentração – tempo de permanência do fluxo de água na região da bacia que se iguala ao tempo necessário para que a vazão de água atravessasse todo o talvegue principal, maior distância a ser percorrida por este fluxo, da bacia hidrográfica estudada -, intensidade e área.

FIGURA 05 - Delimitação da bacia 01



FONTE: os autores (2024)

Para a obtenção das informações necessárias a respeito de cada uma das bacias dois métodos foram utilizados, a aplicação de métodos distintos se fez necessária devido à ampla variação nas áreas das bacias estudadas, o primeiro método denominado “racional” restringe sua aplicação a bacias cujas áreas correspondem a valores menores do que 2 km², em contrapartida, as formulações do segundo método, denominado “SCS”, reservam sua aplicação para bacias cujas dimensões excedem os dois quilômetros quadrados.

Dessa forma, com o auxílio do software CIVIL 3D, o primeiro passo para caracterização desta bacia foi a determinação de sua área, correspondente a 4,94 km², com esta informação já é possível iniciar os cálculos utilizando as equações do método SCS. Para determinação de seu tempo de concentração será utilizada a fórmula de Schaake, apresentada na Equação 01 abaixo.

$$TC = 0,0828 \times L^{0,24} \times S^{-0,16} \times Aimp^{-0,26}$$

Onde:

TC: tempo de concentração do método SCS.

L: comprimento do talvegue principal em quilômetros.

S: declividade do terreno obtida da divisão da diferença de altura entre as cotas pelo comprimento do talvegue principal, em porcentagem.

Aimp: relação estimada entre a área impermeável e a área permeável, variando de 0 à 1.

Dessa forma, para a bacia 01:

$$TC = 0,0828 \times L^{0,24} \times S^{-0,16} \times Aimp^{-0,26}$$

$$TC = 0,0828 \times 2,124^{0,24} \times 0,01035^{-0,16} \times 0,85^{-0,26}$$

$$TC = 0,215h \text{ ou } 12,90min$$

Em seguida, será determinada a intensidade de uma possível precipitação a ser recebida por esta bacia hidrográfica com a utilização da Equação 02 abaixo.

$$I = \left[\frac{K * TR^a}{(TC + b)^c} \right]$$

Onde:

K, a, b, c: coeficientes municipais característicos obtidos no aplicativo Pluvio.

TR: tempo de retorno, considerado 100 anos como padrão no estudo desenvolvido pelos autores.

TC: tempo de concentração.

I: intensidade

Dessa forma, para a bacia 01:

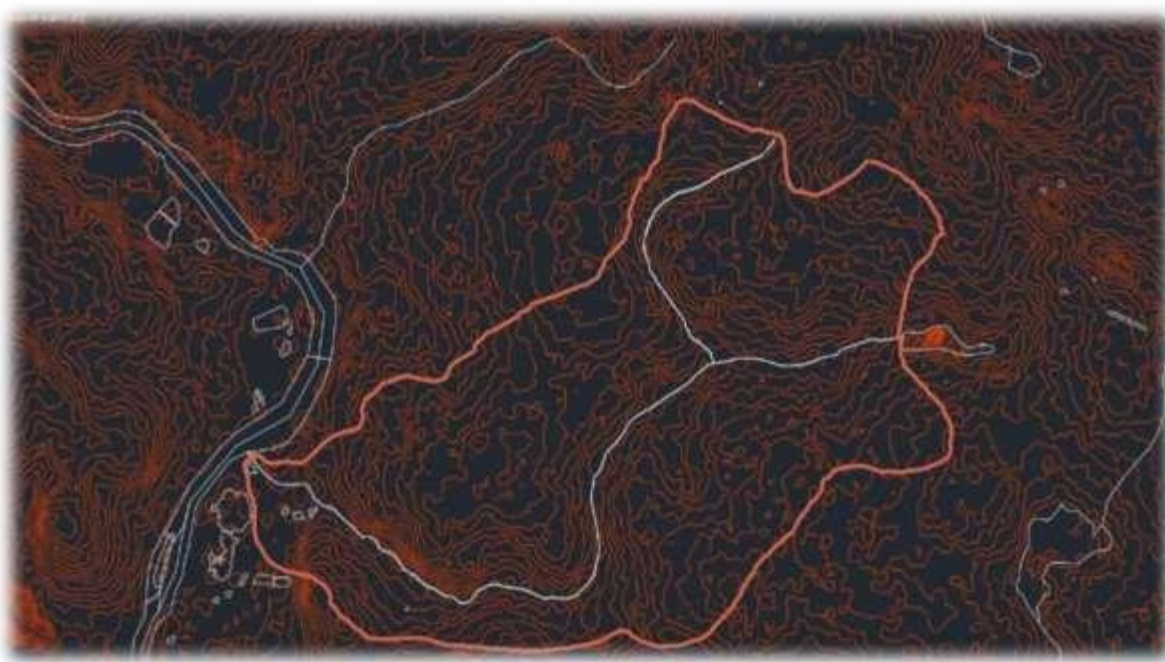
$$I = \left[\frac{K * TR^a}{(TC + b)^c} \right]$$

$$I = \left[\frac{1952,60 * 100^{0,131}}{(12,90 + 20,823)^{0,877}} \right]$$

$$I = 162,16 \text{ mm/h}$$

Em seguida os mesmos passos acima apresentados foram seguidos para obterem-se os mesmos parâmetros para a bacia 02 (Figura 06), cuja área corresponde a 11,35 km².

FIGURA 06 - Delimitação da bacia 02



FONTE: os autores (2024)

$$TC = 0,0828 \times L^{0,24} \times S^{-0,16} \times Aimp^{-0,26}$$

$$TC = 0,0828 \times 6,559^{0,24} \times 0,03^{-0,16} \times 0,50^{-0,26}$$

$$TC = 0,27h \text{ ou } 16min$$

$$I = \left[\frac{K * TR^a}{(TC + b)^c} \right]$$

$$I = \left[\frac{1952,60 * 100^{0,131}}{(16 + 20,823)^{0,877}} \right]$$

$$I = 151,052 \text{ mm/h}$$

Por fim, devido a área correspondente a 0,028km² da bacia 03 o método SCS não é mais passível de aplicação, dessa forma para obter-se o tempo de concentração desta bacia o método racional deve ser aplicado por meio da Equação 03 abaixo.

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

Onde:

TC: tempo de concentração pelo método racional.

L: comprimento do talvegue principal.

ΔH : diferença entre as cotas inicial e final da bacia em m.

Dessa forma, para a bacia 03 (Figura 07), tem-se:

FIGURA 07 - Delimitação da bacia 03



FONTE: os autores (2024)

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

$$TC = 57 * \left[\frac{0,249^3}{3} \right]^{0,385}$$

$$TC = 7,495min$$

Devido a uma restrição apresentada pelo método racional, utilizado para obtenção do tempo de concentração da bacia 03, seu tempo de concentração passará a ser 10min, tempo mínimo aceito na formulação utilizada. Dessa forma, sua intensidade será calculada da seguinte maneira:

$$I = \left[\frac{K * TR^a}{(TC + b)^c} \right]$$

$$I = \left[\frac{1952,60 * 100^{0,131}}{(10 + 20,823)^{0,877}} \right]$$

$$I = 151,052 \text{ mm/h}$$

Após calculados o tempo de concentração, a intensidade e a área das bacias, a fase seguinte de seu estudo consiste na geração de seus hidrogramas de projeto, gráficos estes que permitirão a execução de projetos de drenagem assertivos visando a redução de enchentes, inundações e alagamentos no município contemplado pela análise.

Mantendo a ordem acima estabelecida, a bacia 01 obteve os seguintes levantamentos. Em primeiro lugar o Quadro 02 foi desenvolvido com informações obtidas em fases anteriores, assim como novos dados necessários a continuidade do desenvolvimento gráfico.

QUADRO 02 - Levantamento base da bacia 01

HIDROGRAMA DE PROJETO UNITÁRIO		
tl (tempo de resposta)	0,129	h
tp (tempo de pico)	0,231166667	h
tb (tempo de base)	0,617215	h
Q u,p (vazão de pico)	44,44931507	m3/s.cm
HIETOGRAMA DE PROJETO - SCS		
CN	86,8	
INFILTRAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA (S)	38,62672811	mm
INFILTRAÇÃO INICIAL (IA)	7,725345622	mm

FONTE: os autores (2024)

Para o desenvolvimento do Quadro 02 foram utilizadas as Equações de 4 à 9 abaixo descritas:

$$tp = 0,5 * \left[\left(\frac{\overline{20}}{60} \right) + tl \right] \quad (4)$$

Onde:

tp: tempo de pico.

tl: tempo de resposta, equivalente ao tempo de concentração.

$$tb = 2,67 \times tp \quad (5)$$

Onde:

tb: tempo de base.

$$Q_{u,p} = \left[\frac{A * 2,08}{tp} \right] \quad (6)$$

Onde:

$Q_{u,p}$: vazão de pico.

A: área da bacia.

$$S = 25,4 \left[\frac{1000}{CN} - 10 \right] \quad (7)$$

Onde:

S: infiltração potencial máxima, em mm.

CN: curve number, coeficiente relativo ao escoamento superficial do solo.

O município de Ourinhos, centro de nosso estudo, apresenta um solo predominantemente argiloso o que nos permite o enquadrar na categoria “D” (Tabela 01), representada por solos cuja capacidade de infiltração é muita pequena, tendo como consequência um grande volume de água escoando superficialmente.

TABELA 02 - Caracterização dos grupos hidrológicos do solo para determinar o CN.

Grupo Hidrológico do Solo	Descrição do Solo	Capacidade de Infiltração (cm/h)
A	Areias e cascalhos profundos ($h > 1,50$ m), muito permeáveis, com alta taxa de infiltração, mesmo quando saturados. Teor de argila até 10%	1,20 - 0,80
B	Solos arenosos com poucos finos, menos profundos ($h < 1,50$ m) e permeáveis. Teor de argila 10% - 20%	0,80 - 0,40
C	Solos pouco profundos com camadas subsuperficiais que impedem o fluxo descendente da água, ou solos com porcentagem elevada de argila (20% - 30%)	0,40 - 0,15
D	Solos compostos principalmente de argilas (acima de 30%) ou solos com nível freático elevado, ou solos com camadas argilosas próximas à superfície, ou solos rasos sobre camadas impermeáveis	0,15 - 0,00

FONTE: CANHOLI (2005)

Em seguida, utiliza-se a categoria recém descoberta para a determinação do CN presente na Tabela 02. No presente estudos a cobertura de solo escolhida refere-se a uma zona residencial, com alta variação tanto de impermeabilidade quanto de dimensões de lote, desta forma, o CN utilizado nos cálculos desenvolvidos remete a uma média dos valores de CN obtidos na categoria “Zona residencial, tipo de solo D”.

TABELA 02 - Valores de parâmetro CN.

Utilização ou cobertura do solo		A	B	C	D
Zonas cultivadas:	sem conservação do solo	72	81	88	91
	com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Baldios em boas condições		39	61	74	80
Prado em boas condições		30	58	71	78
Bosques ou zonas florestais	cobertura boa	45	66	77	83
	cobertura ruim	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições:					
	com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
	com relva em mais de 50 a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Zonas residências					
Lotes de (m ²)	% média impermeável				
<500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc		98	98	98	98
Arruamentos e estradas asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

FONTE: TUCCI, (1993) apud COLLISCHONN; DORNELLES, (2013)

Por fim, a equação 08 foi aplicada na determinação da infiltração inicial, última incógnita faltante para a geração dos hietogramas de projeto, pequenas parcelas temporais capazes de fornecer o hidrograma de projeto.

$$Ia = 0,2 \times S \text{ (8)}$$

Onde:

Ia: infiltração inicial.

A seguir, visando extrair o hietograma da bacia 01, foram utilizados dois métodos, a princípio o método denominado “Distribuição de Huff” (Quadro 03) formado por uma relação entre tempo e precipitação, apresentando um aumento gradativo de altura da Lâmina d’água com o passar do tempo. Em conjunto, o método SCS (Quadro 04) utiliza das informações geradas pela aplicação de Huff para gerar um complemento ao gráfico (Gráfico 01) gerado a princípio, complemento este que indica no total precipitado sua porcentagem infiltrada inicialmente.

QUADRO 03 - Distribuição de HUFF.

DISTRIBUIÇÃO DE HUFF				
%TEMPO	1º QUARTIL	TEMPO	PRECIPITAÇÃO	DELTA P
0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,1	0,12	0,12
0,1	0,33	0,2	107,6856	107,5656
0,15	0,43	0,3	140,3176	32,632
0,2	0,52	0,4	169,6864	29,3688
0,25	0,6	0,5	195,792	26,1056
0,3	0,66	0,6	215,3712	19,5792
0,35	0,71	0,7	231,6872	16,316
0,4	0,75	0,8	244,74	13,0528
0,45	0,79	0,9	257,7928	13,0528
0,5	0,82	1	267,5824	9,7896
0,55	0,84	1,1	274,1088	6,5264
0,6	0,86	1,2	280,6352	6,5264
0,65	0,88	1,3	287,1616	6,5264
0,7	0,9	1,4	293,688	6,5264
0,75	0,92	1,5	300,2144	6,5264
0,8	0,94	1,6	306,7408	6,5264
0,85	0,96	1,7	313,2672	6,5264
0,9	0,97	1,8	316,5304	3,2632
0,95	0,98	1,9	319,7936	3,2632
1	1	2	326,32	6,5264

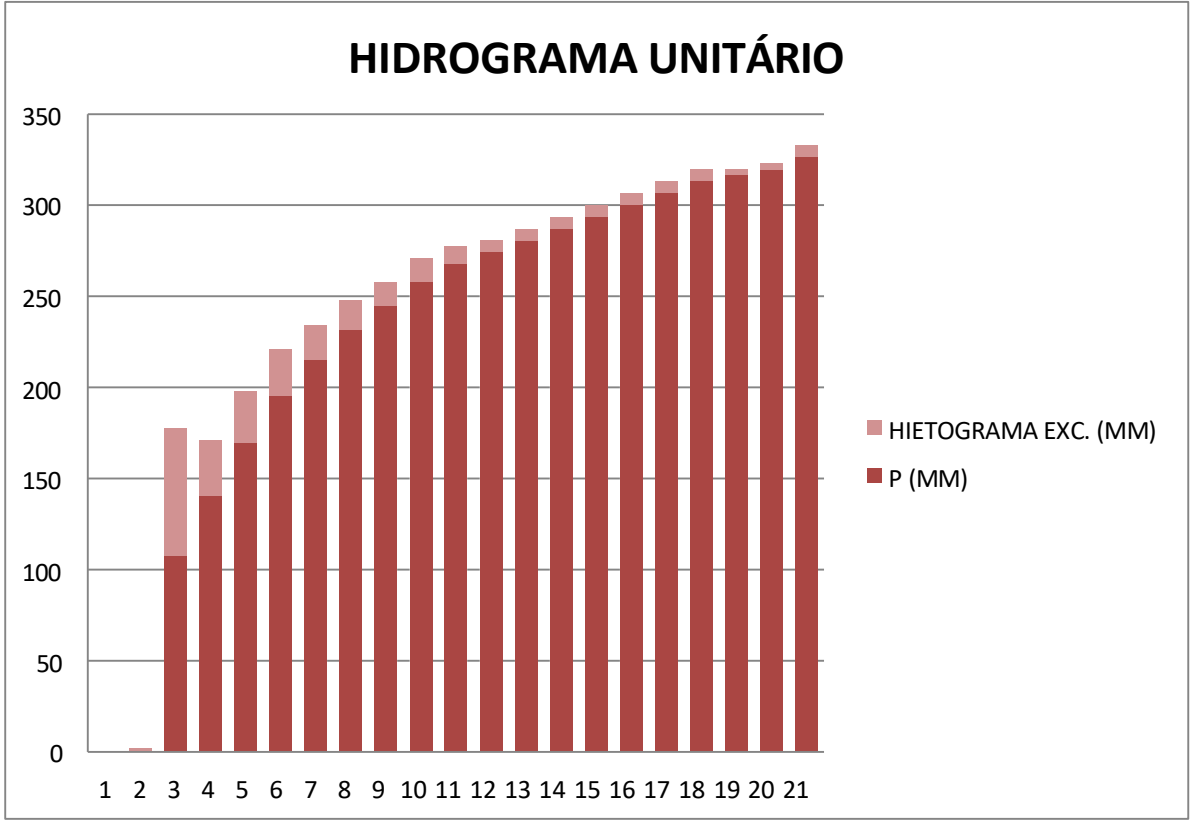
FONTE: os autores (2024)

QUADRO 04: Hidrograma SCS.

HIDROGRAMA SCS								
P acumulada	P exc. Acumulado			hietograma exedente	blocos	tp' (h)	tb' (h)	Qu,p (m3/s.cm)
0	0			0		0	0	0
0,12	1,864725245	57,851236	31,024	1,864725245	1	0,331	0,717	8,288703714
107,6856	72,09719656	9991,921632	138,5896	70,23247131	2	0,431	0,817	312,183335
140,3176	102,6770711	17580,53239	171,2216	30,5798745	3	0,531	0,917	135,9275422
169,6864	130,7698233	26231,17117	200,5904	28,09275226	4	0,631	1,017	124,8722838
195,792	156,0187227	35368,82036	226,696	25,24889935	5	0,731	1,117	112,2313576
215,3712	175,0745876	43116,52908	246,2752	19,05586495	6	0,831	1,217	84,70331971
231,6872	191,01409	50158,61911	262,5912	15,93950235	7	0,931	1,317	70,85108797
244,74	203,7977834	56175,6362	275,644	12,78369338	8	1,031	1,417	56,82351705
257,7928	216,6058109	62533,40446	288,6968	12,80802752	9	1,131	1,517	56,93168233
267,5824	226,2258804	67525,34862	298,4864	9,620069499	10	1,231	1,617	42,76120892
274,1088	232,6453058	70959,79614	305,0128	6,419425444	11	1,331	1,717	28,5343461
280,6352	239,0692133	74479,43144	311,5392	6,42390744	12	1,431	1,817	28,55426857
287,1616	245,4973268	78084,25455	318,0656	6,428113538	13	1,531	1,917	28,57296468
293,688	251,9293927	81774,26544	324,592	6,432065926	14	1,631	2,017	28,59053304
300,2144	258,3651773	85549,46413	331,1184	6,435784607	15	1,731	2,117	28,60706258
306,7408	264,804465	89409,85062	337,6448	6,439287651	16	1,831	2,217	28,62263361
313,2672	271,2470564	93355,4249	344,1712	6,442591414	17	1,931	2,317	28,63731884
316,5304	274,4695328	95360,15746	347,4344	3,222476437	18	2,031	2,417	14,32390776
319,7936	277,6927671	97386,18697	350,6976	3,223234293	19	2,131	2,517	14,32727643
326,32	284,1414262	101502,1368	357,224	6,448659079	20	2,231	2,617	28,66428961

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 01: Hidrograma unitário.



FONTE: os autores (2024)

Em síntese, os dados obtidos culminam na formação do Quadro 05, dividido em blocos de chuva, no qual a precipitação ocorrida em um período estimado de duas horas tem sua influência sobre a bacia dobrada, atingindo uma duração de quatro horas, a fim de visualizar de maneira mais clara a real extensão desde o início da chuva, passando pelo ponto de pico, final da chuva e momento no qual toda a vazão de água atravessou a bacia e encerrou sua intervenção no local (Gráfico 02 e Gráfico 03).

QUADRO 05: Hidrograma de projeto.

[illegible]

GRÁFICO 02: Hidrograma unitário.

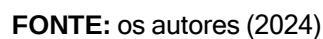
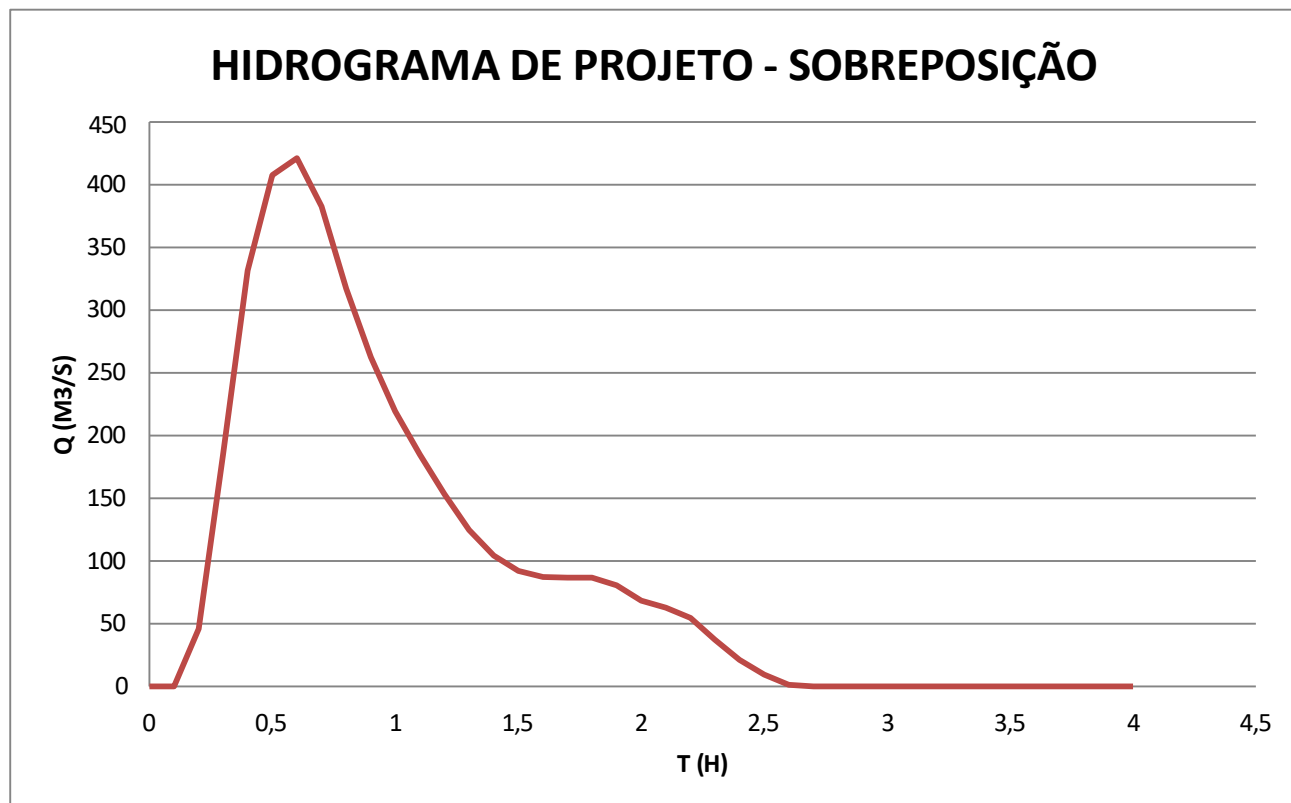


GRÁFICO 03: Hidrograma unitário - sobreposição

FONTE: os autores (2024)

Em consequente, os mesmos passos apresentados na aplicação dos cálculos para a bacia 01, foram replicados para as bacias 2 e 3, gerando, para a bacia 02 os Quadros 06, 07, 08 e 09, assim como os gráficos 04, 05 e 06.

QUADRO 06: Levantamento base da bacia 02.

HIDROGRAMA DE PROJETO UNITÁRIO		
tl (tempo de resposta)	0,1602	h
tp (tempo de pico)	0,246766667	h
tb (tempo de base)	0,658867	h
Q u,p (vazão de pico)	95,66932325	m3/s.cm
tc (tempo de concenração)	0,267	h
HIETOGRAMA DE PROJETO - SCS		
CN	86,8	
INFILTRAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA (S)	38,62672811	mm
INFILTRAÇÃO INICIAL (IA)	7,725345622	mm

FONTE: os autores (2024)

QUADRO 07: Distribuição de HUFF.

DISTRIBUIÇÃO DE HUFF				
%TEMPO	1º QUARTIL	TEMPO	PRECIPITAÇÃO	DELTA P
0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,1	48,33664	48,33664
0,1	0,33	0,2	99,69432	51,35768
0,15	0,43	0,3	129,90472	30,2104
0,2	0,52	0,4	157,09408	27,18936
0,25	0,6	0,5	181,2624	24,16832
0,3	0,66	0,6	199,38864	18,12624
0,35	0,71	0,7	214,49384	15,1052
0,4	0,75	0,8	226,578	12,08416
0,45	0,79	0,9	238,66216	12,08416
0,5	0,82	1	247,72528	9,06312
0,55	0,84	1,1	253,76736	6,04208
0,6	0,86	1,2	259,80944	6,04208
		1,3	265,85152	6,04208
		1,4	271,8936	6,04208
0,75	0,92	1,5	277,93568	6,04208
0,8	0,94	1,6	283,97776	6,04208
0,85	0,96	1,7	290,01984	6,04208
0,9	0,97	1,8	293,04088	3,02104
0,95	0,98	1,9	296,06192	3,02104
1	1	2	302,104	6,04208

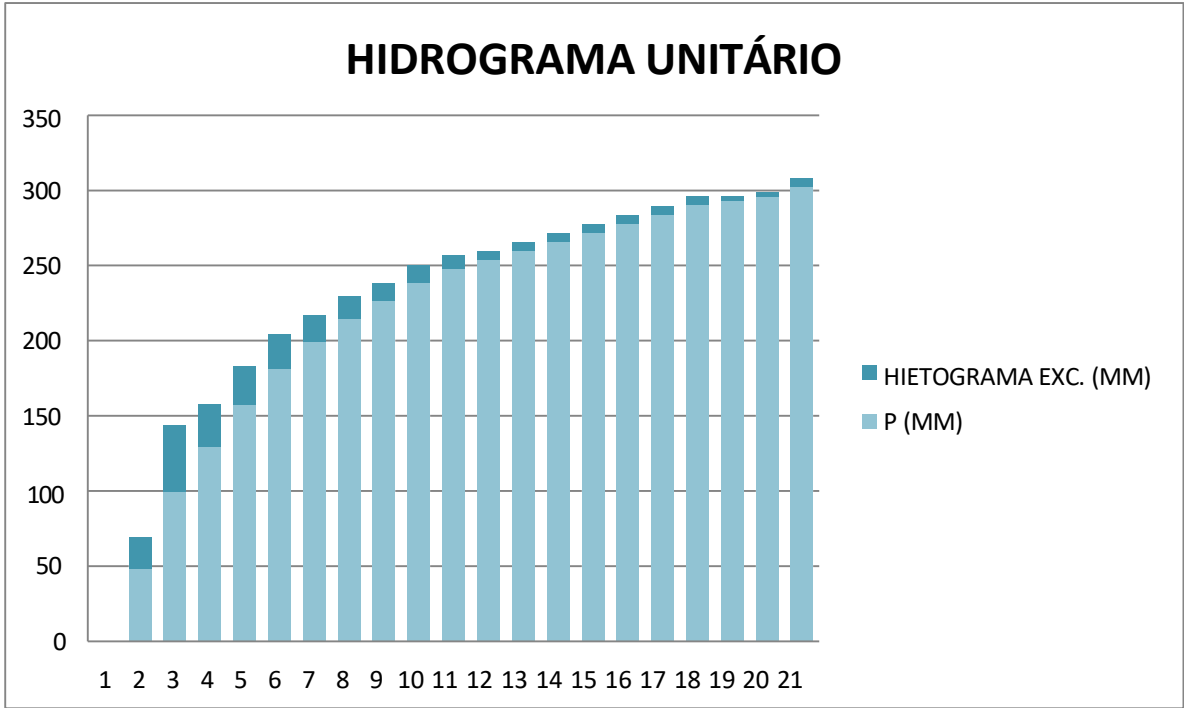
FONTE: os autores (2024)

QUADRO 08: Hidrograma SCS.

HIDROGRAMA DE PROJETO SCS								
P acumulada	P exc. Acumulado			hietograma exedente	blocos	tp' (h)	tb' (h)	Qu,p (m3/s.cm)
0	0			0		0	0	0
48,33664	20,81285665	1649,224081	79,24064	20,81285665	1	0,347	0,759	199,1165996
99,69432	64,76478322	8458,171884	130,5983	43,95192657	2	0,447	0,859	420,4880815
129,90472	92,82854575	14927,63962	160,8087	28,06376253	3	0,547	0,959	268,4860161
157,09408	118,6758042	22310,82332	187,9981	25,84725841	4	0,647	1,059	247,2807212
181,2624	141,9399213	30114,88212	212,1664	23,26411718	5	0,747	1,159	222,5678091
199,38864	159,5125557	36734,56757	230,2926	17,5726344	6	0,847	1,259	168,1173933
214,49384	174,2188915	42752,93966	245,3978	14,70633576	7	0,947	1,359	140,6955142
226,578	186,0176552	47896,1979	257,482	11,79876374	8	1,047	1,459	112,8787727
238,66216	197,8420066	53331,51	269,5662	11,82435133	9	1,147	1,559	113,1235692
247,72528	206,7250592	57599,6544	278,6293	8,88305263	10	1,247	1,659	84,98416451
253,76736	212,6534641	60536,35083	284,6714	5,928404896	11	1,347	1,759	56,71704964
259,80944	218,5865941	63546,06072	290,7134	5,933130059	12	1,447	1,859	56,76225527
265,85152	224,5241607	66628,78408	296,7555	5,937566601	13	1,547	1,959	56,80469967
271,8936	230,4658983	69784,52089	302,7976	5,941737561	14	1,647	2,059	56,84460325
277,93568	236,411562	73013,27117	308,8397	5,945663721	15	1,747	2,159	56,88216482
283,97776	242,3609259	76315,0349	314,8818	5,949363871	16	1,847	2,259	56,91756416
290,01984	248,3137809	79689,8121	320,9238	5,952855032	17	1,947	2,359	56,95096409
293,04088	251,2914566	81404,58075	323,9449	2,977675655	18	2,047	2,459	28,48742299
296,06192	254,2699336	83137,60276	326,9659	2,978476995	19	2,147	2,559	28,49508941
302,104	260,2292044	86658,40688	333,008	5,959270773	20	2,247	2,659	57,01234348

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 04: Hidrograma unitário.

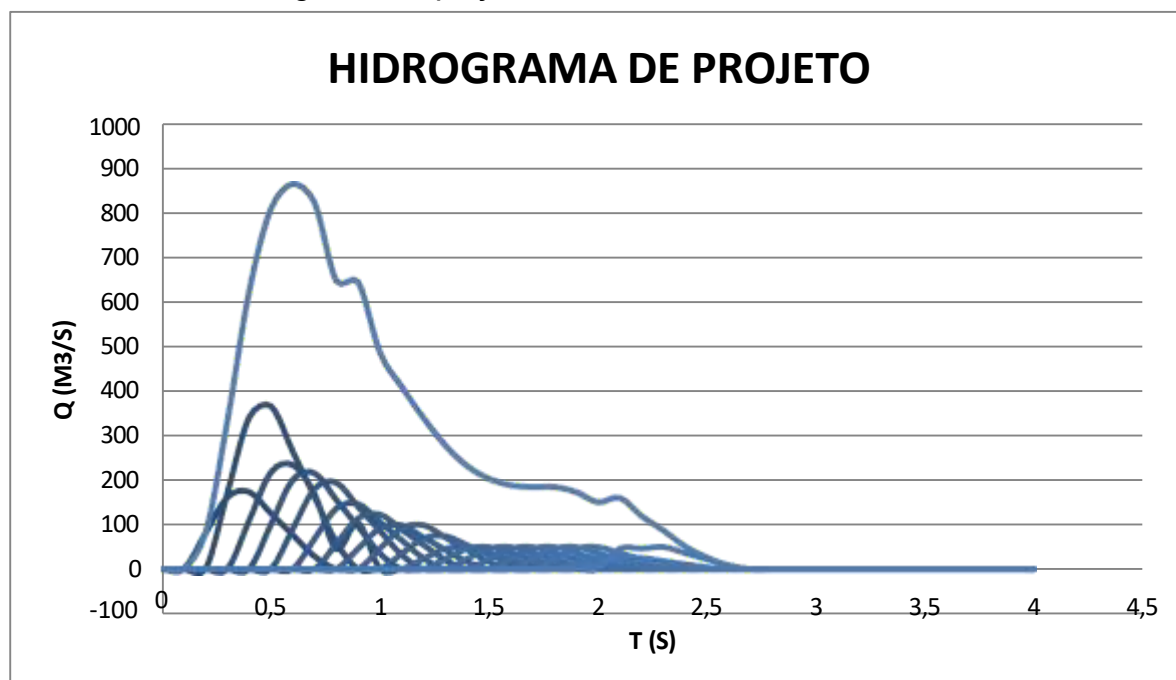


FONTE: os autores (2024)

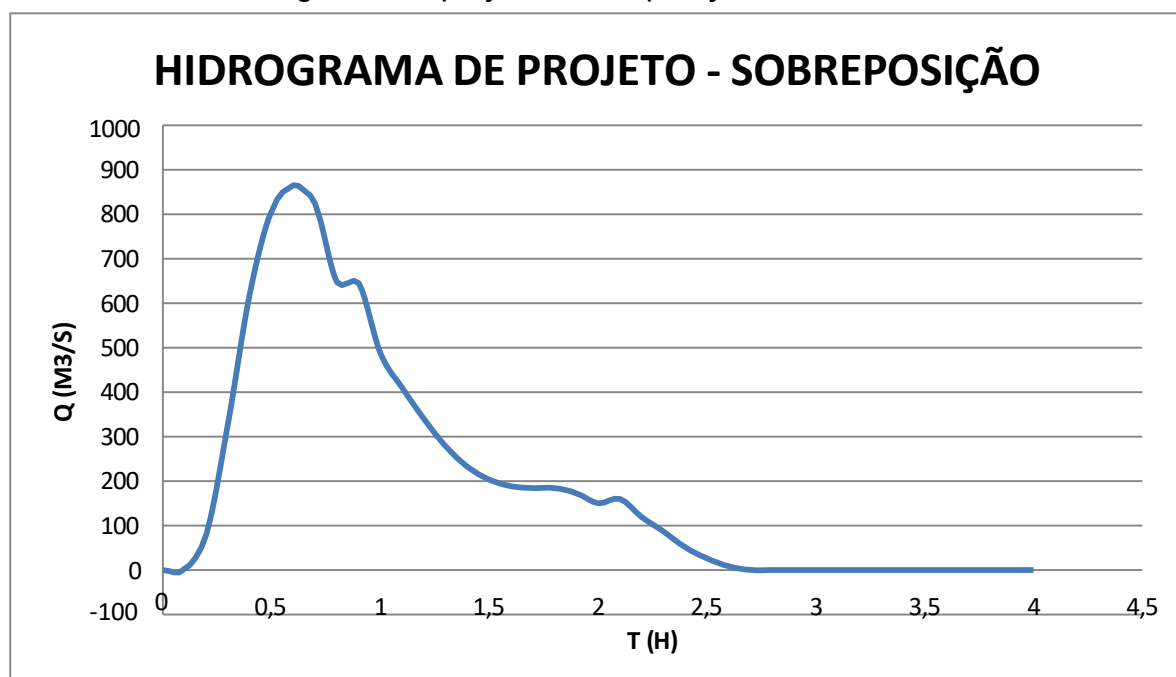
QUADRO 09: Hidrograma de projeto.

[illegible][illegible]

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 05: Hidrograma de projeto.

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 06: Hidrograma de projeto - sobreposição.

FONTE: os autores (2024)

Em contrapartida, para a bacia 03, foram formulados os Quadros 10, 11, 12 e 13, assim como os gráficos 07, 08 e 09.

QUADRO 10: Levantamento base da bacia 03.

HIDROGRAMA DE PROJETO UNITÁRIO		
tl (tempo de resposta)	0,1	h
tp (tempo de pico)	0,216666667	h
tb (tempo de base)	0,5785	h
Q_{u,p} (vazão de pico)	0,2688	m ³ /s.cm
tc (tempo de concenração)	0,166666667	h
HIETOGRAMA DE PROJETO - SCS		
CN	86,8	
INFILTRAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA (S)	38,62672811	mm
INFILTRAÇÃO INICIAL (IA)	7,725345622	mm

FONTE: os autores (2024)

QUADRO 11: Distribuição de HUFF.

DISTRIBUIÇÃO DE HUFF				
%TEMPO	1º QUARTIL	TEMPO	PRECIPITAÇÃO	DELTA P
0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,1	60,8608	60,8608
0,1	0,33	0,2	125,5254	64,6646
0,15	0,43	0,3	163,5634	38,038
0,2	0,52	0,4	197,7976	34,2342
0,25	0,6	0,5	228,228	30,4304
0,3	0,66	0,6	251,0508	22,8228
0,35	0,71	0,7	270,0698	19,019
0,4	0,75	0,8	285,285	15,2152
0,45	0,79	0,9	300,5002	15,2152
0,5	0,82	1	311,9116	11,4114
0,55	0,84	1,1	319,5192	7,6076
0,6	0,86	1,2	327,1268	7,6076
0,65	0,88	1,3	334,7344	7,6076
0,7	0,9	1,4	342,342	7,6076
0,75	0,92	1,5	349,9496	7,6076
0,8	0,94	1,6	357,5572	7,6076
0,85	0,96	1,7	365,1648	7,6076
0,9	0,97	1,8	368,9686	3,8038
0,95	0,98	1,9	372,7724	3,8038
1	1	2	380,38	7,6076

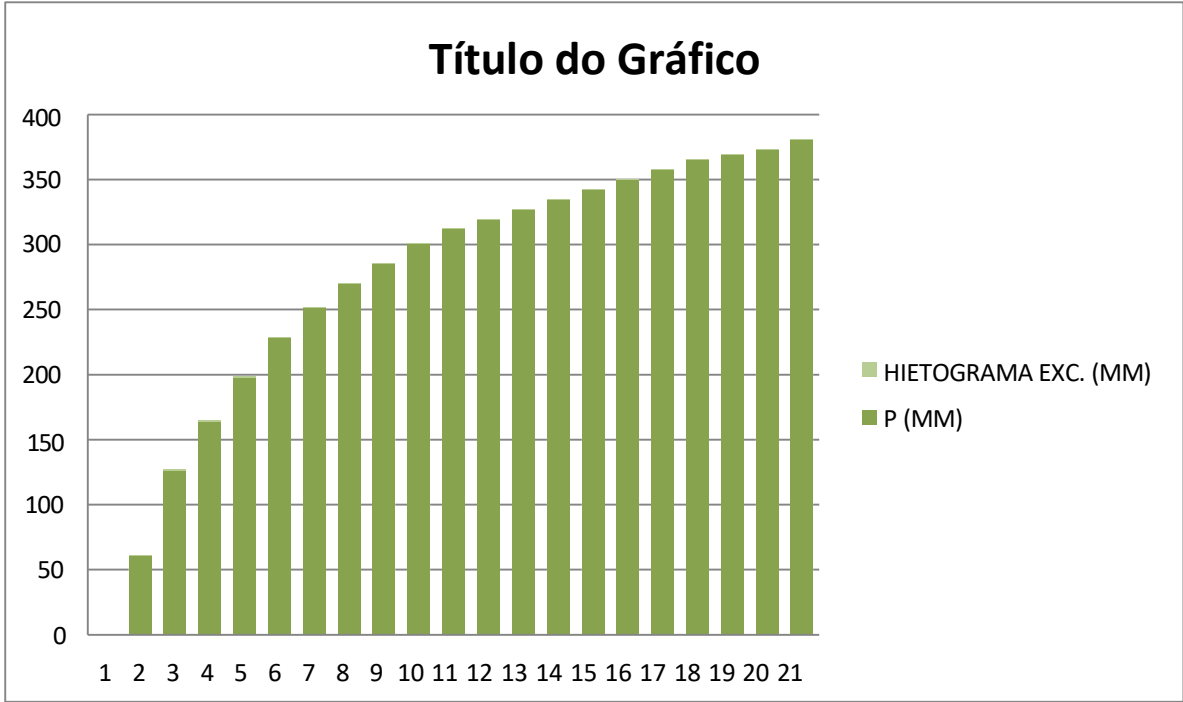
FONTE: os autores (2024)

QUADRO 12: Hidrograma SCS.

HIDROGRAMA DE PROJETO SCS								
P acumulada	P exc. Acumulado			hietograma exedente	blocos	tp' (h)	tb' (h)	Q u,p (m3/s.cm)
0	0			0		0	0	0
60,8608	30,76677518	2823,306971	91,7648	30,76677518	1	0,317	0,679	0,827626252
125,5254	88,70901915	13876,69864	156,4294	57,94224397	2	0,417	0,779	1,558646363
163,5634	124,881061	24285,29524	194,4674	36,17204183	3	0,517	0,879	0,973027925
197,7976	157,9665955	36127,21313	228,7016	33,08553447	4	0,617	0,979	0,890000877
228,228	187,6307519	48621,132	259,132	29,66415646	5	0,717	1,079	0,797965809
251,0508	209,9874104	59206,9583	281,9548	22,35665847	6	0,817	1,179	0,601394113
270,0698	228,6719621	68824,2694	300,9738	18,68455176	7	0,917	1,279	0,502614442
285,285	243,6485725	77038,99848	316,189	14,97661033	8	1,017	1,379	0,402870818
300,5002	258,6470907	85716,73219	331,4042	14,99851826	9	1,117	1,479	0,403460141
311,9116	269,9086017	92528,87925	342,8156	11,261511	10	1,217	1,579	0,302934646
319,5192	277,4216992	97214,99957	350,4232	7,513097422	11	1,317	1,679	0,202102321
327,1268	284,9388126	102016,871	358,0308	7,517113488	12	1,417	1,779	0,202210353
334,7344	292,4596915	106934,4937	365,6384	7,520878876	13	1,517	1,879	0,202311642
342,342	299,9841055	111967,8675	373,246	7,524414023	14	1,617	1,979	0,202406737
349,9496	307,5118429	117116,9924	380,8536	7,527737324	15	1,717	2,079	0,202496134
357,5572	315,0427082	122381,8685	388,4612	7,530865375	16	1,817	2,179	0,202580279
365,1648	322,5765214	127762,4957	396,0688	7,533813178	17	1,917	2,279	0,202659574
368,9686	326,3444809	130496,2161	399,8726	3,767959438	18	2,017	2,379	0,101358109
372,7724	330,1131157	133258,8742	403,6764	3,768634882	19	2,117	2,479	0,101376278
380,38	337,6523369	138871,0037	411,284	7,539221131	20	2,217	2,579	0,202805048

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 07: Hidrograma unitário.

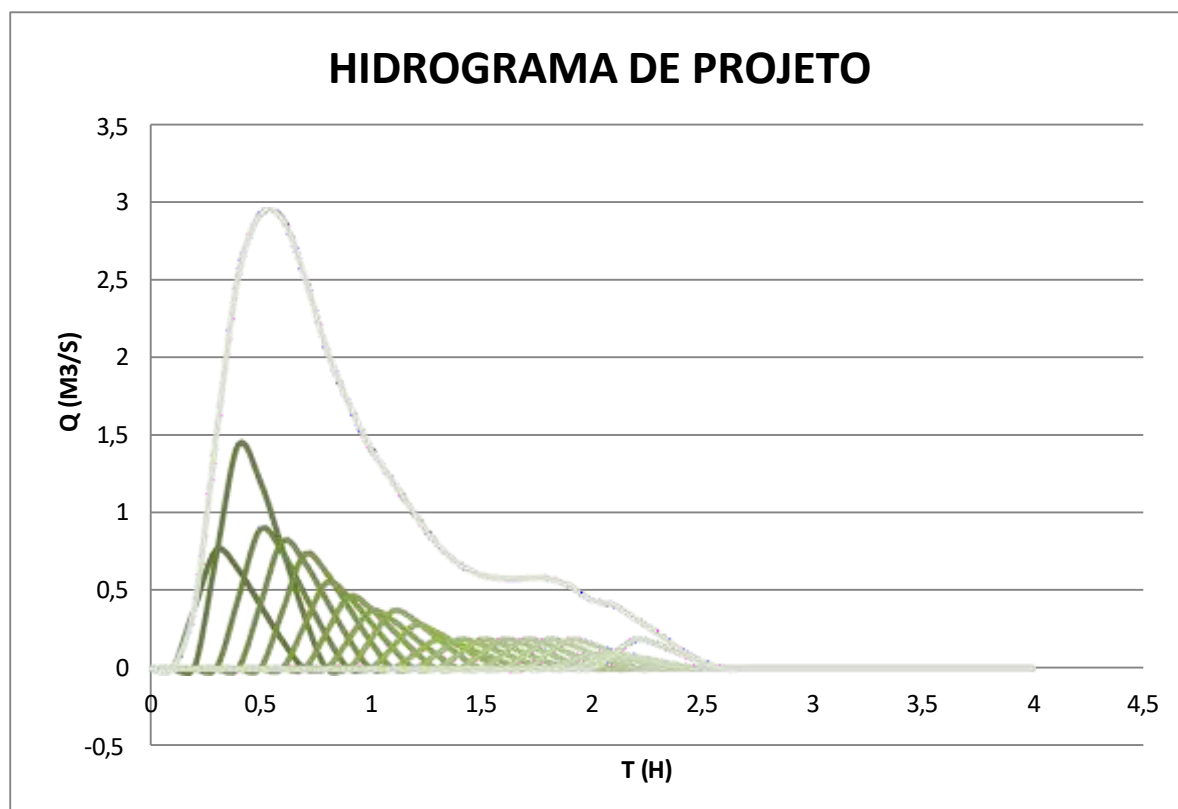


FONTE: os autores (2024)

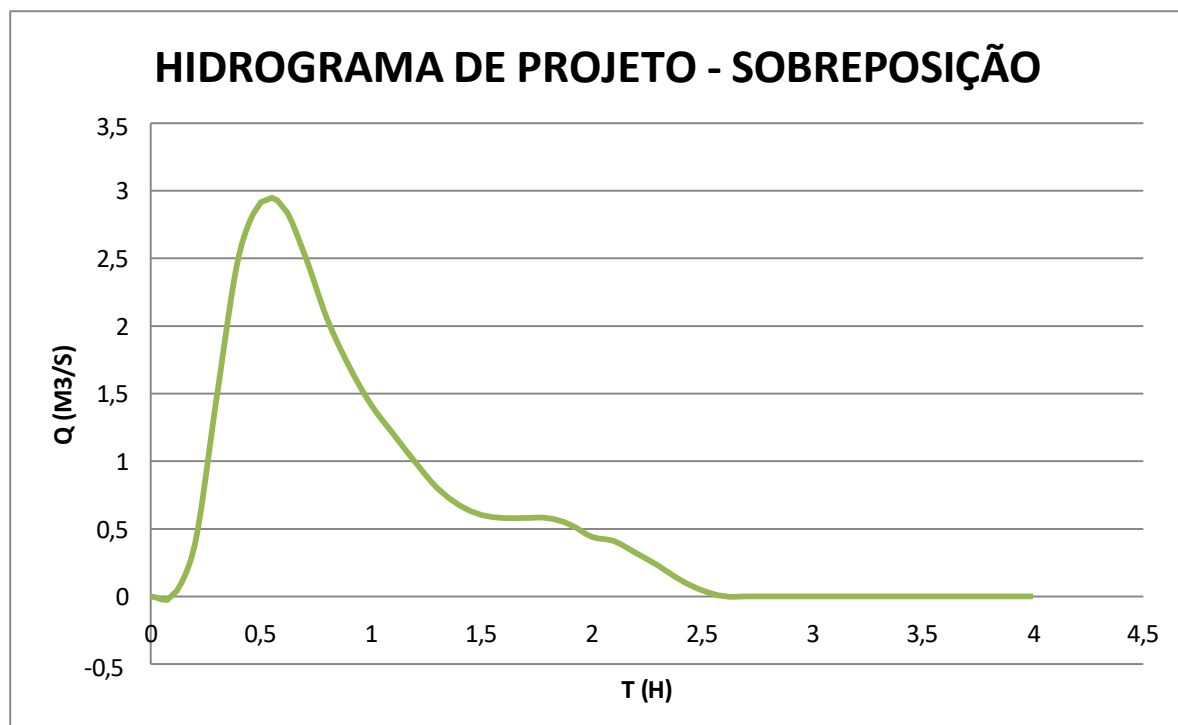
QUADRO 13: Hidrograma de projeto.

[illegible][illegible]

FONTE: os autores (2024)

GRÁFICO 08: Hidrograma de projeto.

FONTE: os autores (2024)

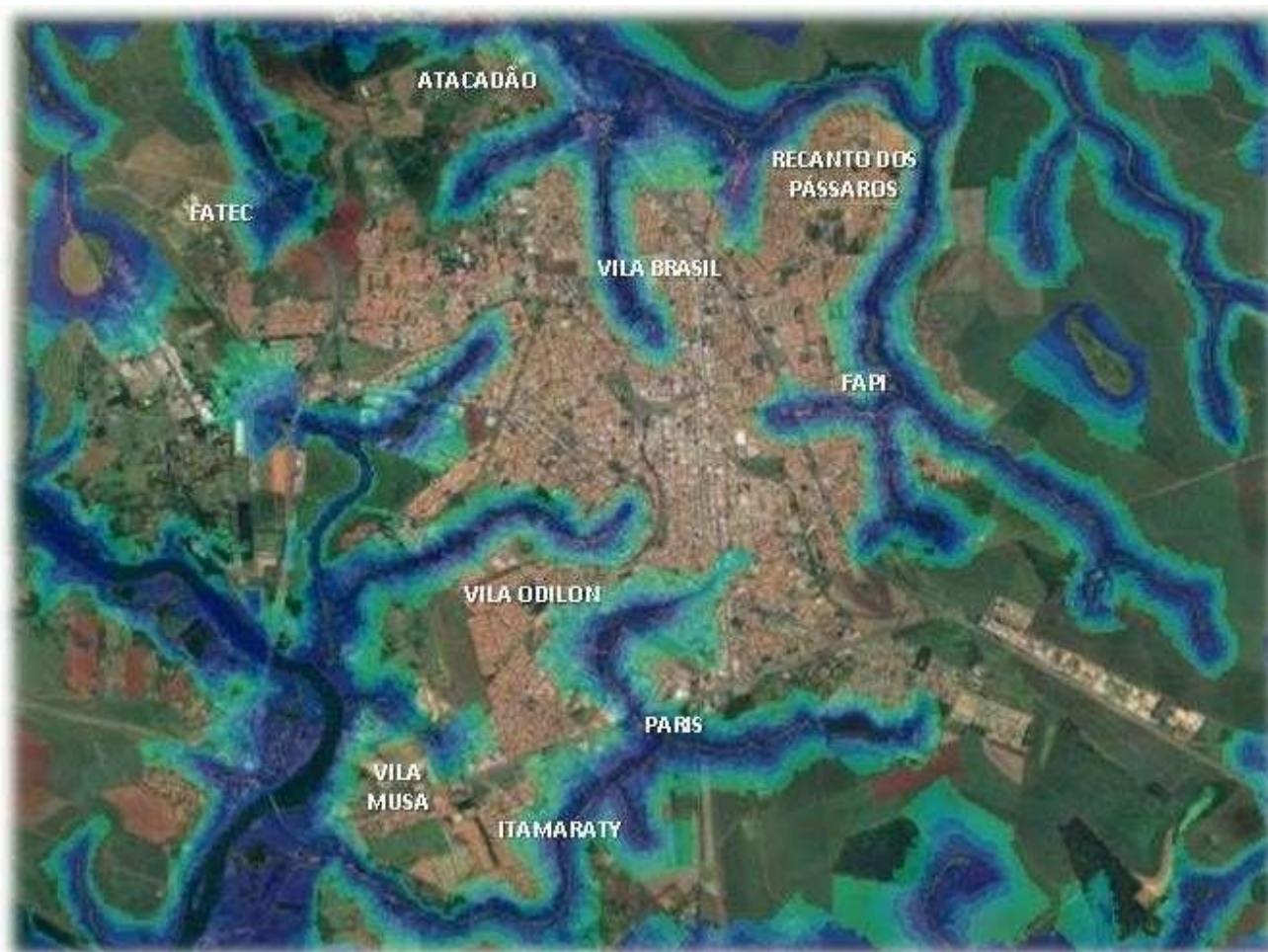
GRÁFICO 09: Hidrograma de projeto - sobreposição.

FONTE: os autores (2024)

RESULTADOS

Após a realização dos cálculos anteriormente detalhados, visando obter as incógnitas necessárias, o “Mapa de inundação” (Figura 08) foi desenvolvido, mapa este cuja função é apresentar as regiões com maior probabilidade de serem afetadas pela chuva sendo, conseqüentemente, áreas de risco de inundação. A criação deste tipo de documento se faz necessária em momento como o planejamento de drenagem de uma cidade, assim como o mapeamento de rotas de fuga em momentos extremos onde a chuva possa vir a acarretar graves problemas a população de certas regiões.

FIGURA 08: Mapa de inundação.



FONTE: os autores (2024)

Conforme apresentado na Figura 08, é possível perceber que existem algumas zonas mais suscetíveis a ocorrência de inundações, dentre essas, podem ser separadas em dois grupos, o primeiro, na parte superior da imagem, as regiões com maior probabilidade, correspondendo a localidades como a Fapi e Fatec, em conjunto com os bairros Vila Brasil e Recanto dos Pássaros.

Essa região deságua primordialmente no Rio Pardo e acaba englobando regiões mais urbanas.

A segunda região, localizada na parte inferior da imagem, possuindo como referência os bairros Vila Musa e Vila Odilon, apresenta um foco um pouco maior em zonas rurais, atingindo a região do Corguinho, porém, ainda que em uma escala reduzida quando comparada com o primeiro grupo, segue atingindo uma parcela urbana da cidade.

Após a criação do mapa e sua análise aprofundada será possível o melhor posicionamento de rotas de fuga; pontos de monitoramento visual, fechamento e desvio de trânsito; inserção de pontos de comando; instalação de equipamentos, tal como bolsa de arremesso; rotas alternativas para acesso à região e pontos para alerta de risco via viatura com megafone. Todas as ações citadas culminam no objetivo principal de proteger a população, buscando reduzir ao máximo os danos.

CONCLUSÃO

Após a realização de uma análise minuciosa da cidade de Ourinhos foi possível apresentar ao município um mapa prévio de suas áreas de riscos, evidenciano regiões merecedoras de uma maior atenção no momento de se desenvolverem os pontos de drenagem. Além disso, com a apresentação deste documento, se faz possível a criação de rotas de fuga visando primordialmente a segurança da população, apresentando a estas pessoas uma maneira segura de evacuarem suas casas em situações extremas nas quais somente um bom sistema de drenagem não se faz eficiente na resolução do problema.

Ainda assim, apesar de apresentado o citado mapa, o projeto não foi concluído, a respeito das análises feitas ainda é necessário à redução da área de estudo, objetificando o crescimento da precisão das informações, além de acrescentar ao mapa apresentados os símbolos identificando as citadas rotas de fuga, pontos necessitados de uma maior drenagem, locais de abrigo, dentre outras informações importantes.

Além disso, apesar de estarmos realizando uma análise totalmente topográfica e hidrológica, podemos incluir demandas sociais nestas análises, buscando em próximas pesquisas relações socioeconômicas, ou seja, verificar se as áreas mais afetadas teriam alguma relação com o poder aquisitivo de seus habitantes.

Porém, mesmo com tais questionamentos, o projeto conclui-se de maneira positiva, entregando o mapa proposto além de intensificar o conhecimento dos estudantes responsáveis por sua realização.

REFERÊNCIAS

- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005. 384 p.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia: Para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. 336 p.
- DIAS, Franciele Miranda Ferreira. **O uso da água na cidade de Ourinhos-SP: Uma abordagem Histórico-Geográfica**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento de Bacias Hidrográficas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ourinhos.
- DRENAGEM urbana: entenda qual é a sua importância para as cidades. **Portal Saneamento Básico**, 2023. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/drenagem/drenagem-urbana-sua-importancia-cidades/>. Acesso em: 23 de agosto de 2024.
- ENCHENTE, inundação ou alagamento. **Defesa Civil de São Bernardo do Campo**, 2011. Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2024.
- MONTEIRO, L. R.; KOBIYAMA, M. **Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação**. **REGA** – v. 10, n. 2, p. 13-25, jul./dez. 2013.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Saneamento para todos. Programa de modernização do setor saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. Brasília, 2005a.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS, 2005b. 678 p.