

PREFEITURA MUNICIPAL DE UPANEMA
SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO, INFRAESTRUTURA E
DESENVOLVIMENTO URBANO

ESTUDO HIDROLÓGICO

RIACHO DAS CARNAÚBAS

OBJETO: Estudo hidrológico para dimensionamento de dispositivos para transposição de talvegue.

TRECHO: Riacho das Carnaúbas.

MUNICÍPIO: Upanema.

ESTADO: Rio Grande do Norte.

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	3
2.1. Localização.....	3
2.2. Solo.	5
2.3. Recursos Hídricos	5
2.4. Clima.	5
3. ÁREA DE ESTUDO	7
3.1. Delimitação da Bacia.....	7
3.2. Características físicas de bacia	9
4. PLUVIOMETRIA	9
4.1. Equação De Projeto	9
5. ANÁLISE DOS DADOS	10
5.1. Tempo de Concentração	10
5.2. Período de Recorrência.....	11
5.3. Intensidade de chuva	11
5.4. Método de Cálculo.....	11
5.5. Hidrograma unitário triangular (hut)	12
6. SUGESTÃO DE DISPOSITIVO.	18

1. OBJETIVO

Busca-se através desse estudo caracterizar a bacia hidrográfica do Riacho das Carnaúbas e o regime pluviométrico da região, bem como determinar as descargas de projeto para o dimensionamento de estruturas hidráulicas para transposição do talvegue.

2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.

2.1. LOCALIZAÇÃO

O município de Upanema está situado no estado do Rio Grande do Norte, distante cerca de 250 km da capital Natal, mesorregião Oeste Potiguar, com coordenadas geográficas: latitude: 5° 38' 31" Sul longitude: 37° 15' 28". Upanema possui uma extensão territorial de 881,81km², abrangendo 1,67% da área estadual, fazendo divisão com os municípios de Governador Dix-Sept Rosado, Mossoró, Campo Grande, Espírito Santo do Oeste, Assu e Caraúbas. O acesso para Upanema pode ser realizado por meio das BR-110 e BR-304, partindo de Natal. A Figura 1 ilustra a localização de Upanema.

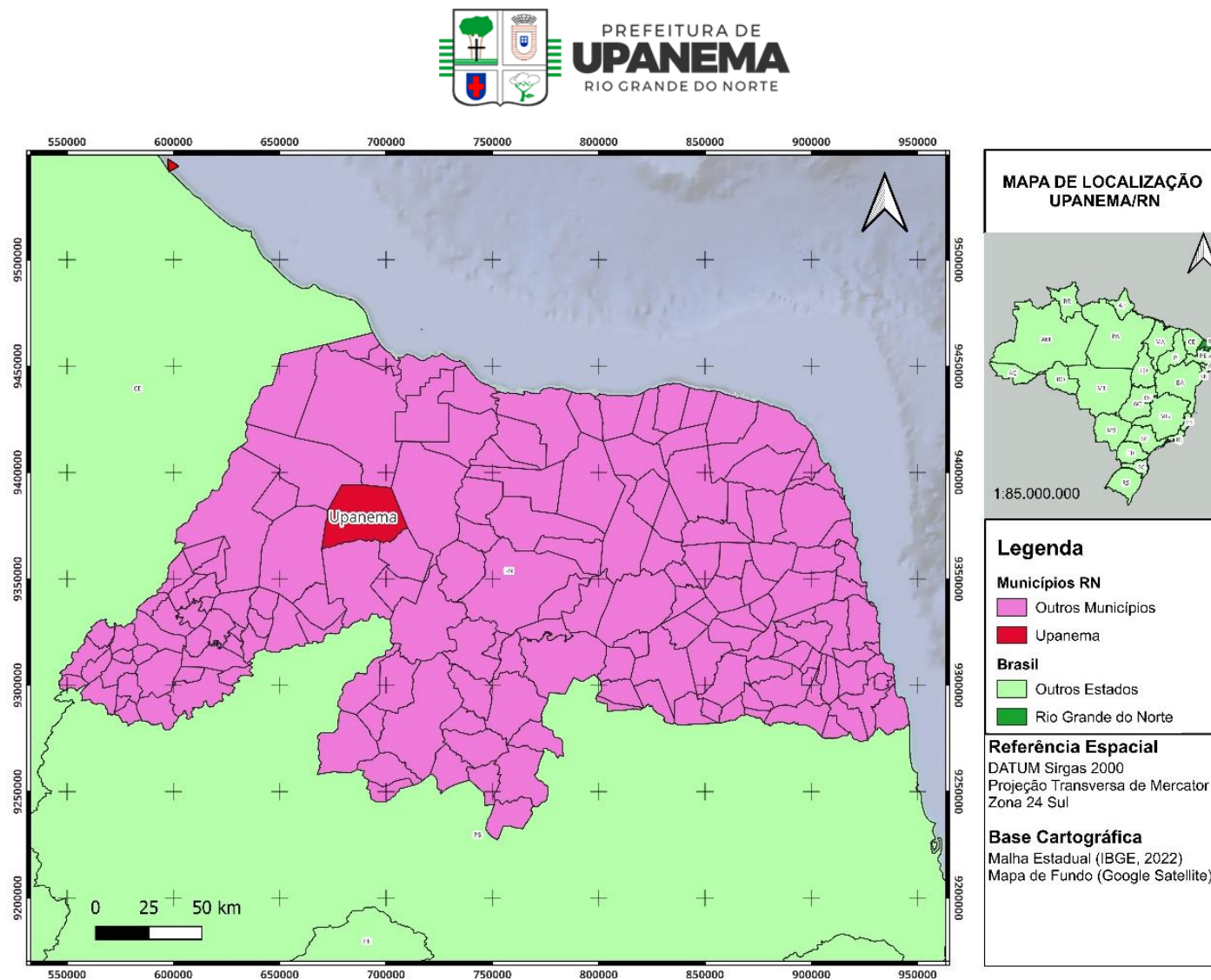


Figura 1 - Mapa de localização de Upanema/RN. Elaborado por: Certare Engenharia e Consultoria.

2.2. SOLO.

O solo na região de Upanema possui características predominantes de Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico - fertilidade média a alta, textura média, fortemente drenada, relevo plano. Rendzina - fertilidade alta, textura argilosa, moderada a imperfeitamente drenado, relevo plano. Cambissolo Eutrófico - fertilidade alta, textura argilosa, bem a moderadamente drenado, relevo plano. Além disso, o solo da região é amplamente utilizado nas atividades agrícolas nos cultivos de feijão e milho além da fruticultura.

2.3. RECURSOS HÍDRICOS

Segundo a secretaria de estado do meio ambiente e dos recursos hídricos do estado do Rio grande do Norte, o município de Upanema possui 96% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró e 4% nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pela sub-bacia do Rio do Carmo. Os principais tributários são os riachos Baixa Grande, Baixa Fechada, das Pombas e das Carnaúbas. O padrão da drenagem é o dendrítico e todos os cursos d'água são intermitentes.

2.4. CLIMA.

Upanema possui um clima muito quente e semiárido, com período chuvoso entre março e maio. As temperaturas médias anuais variam entre a mínima de 21,0 °C e máxima de 32 °C. O comportamento de chuvas em Upanema é apresentado nos gráficos a seguir:

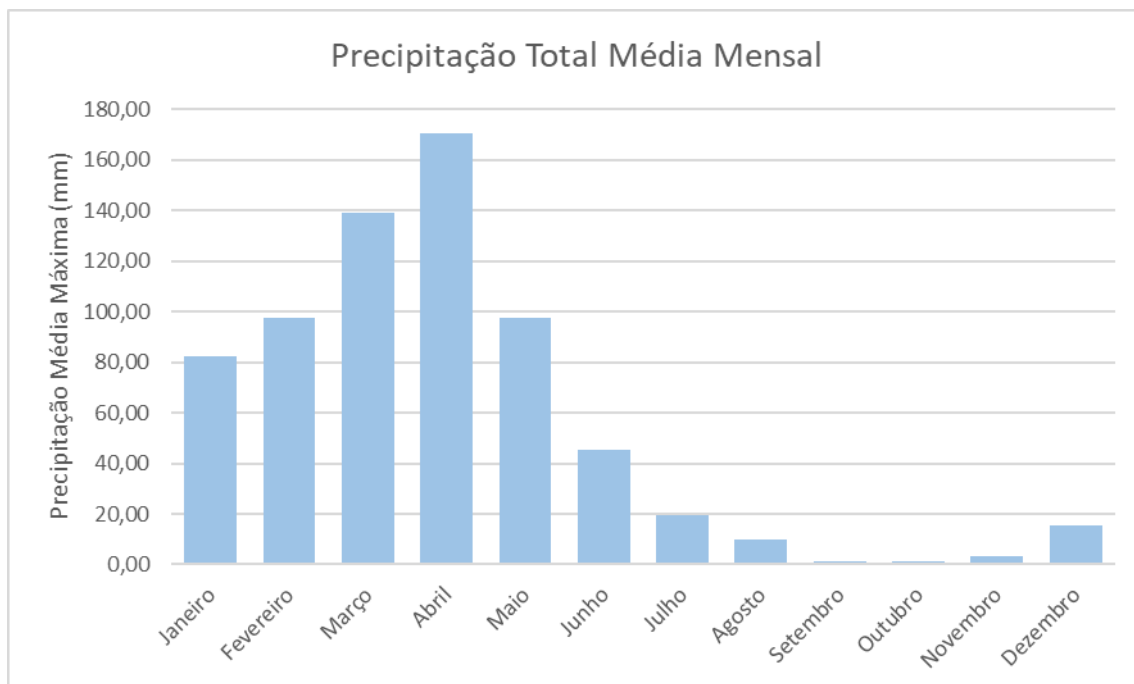


Gráfico 1 - Precipitação total média mensal.

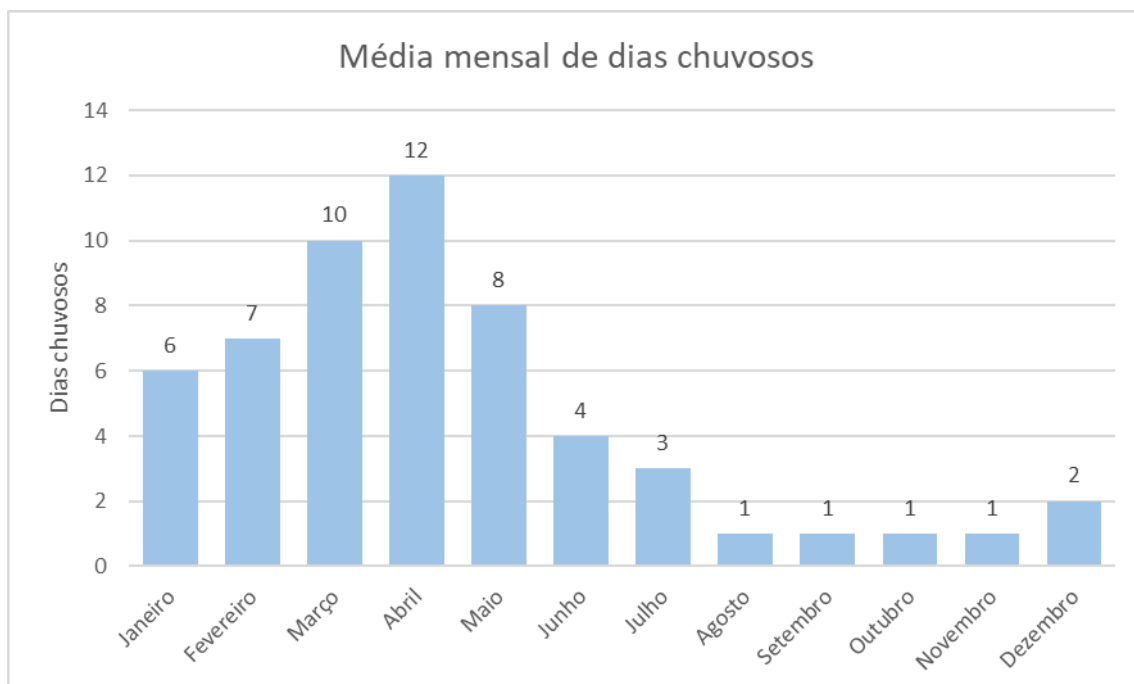


Gráfico 2 - Média mensal de dias chuvosos.

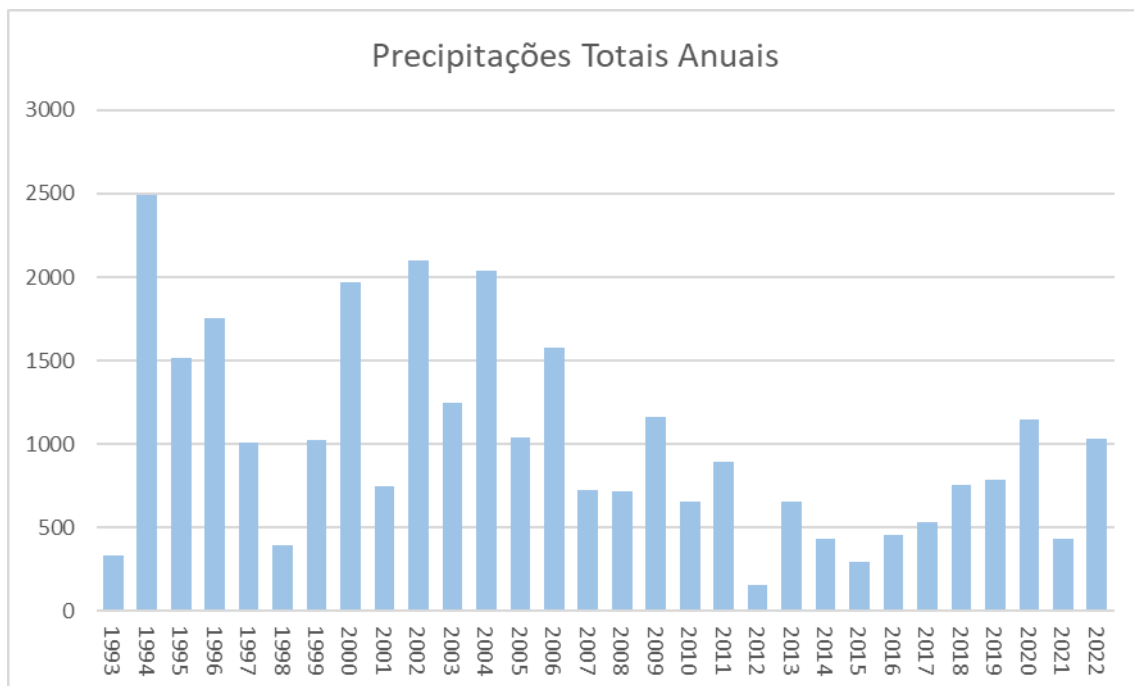


Gráfico 3 - Precipitações anuais.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA

A bacia é uma área definida através de sua topografia, contendo um sistema conectado de cursos d'água, de forma que toda a vazão afluyente é descarregada no exultório ou saída, constituindo-se de um sistema que coleta as águas pluviais e as transforma em vazão.

Para delimitação da bacia, foram analisadas as informações topográficas, com foco nas elevações, de modo a definir os cursos d'água contribuintes para o ponto estudado no Riacho das Carnaúbas.

Através da análise de um mapa digital de elevações, foram definidas características fisiográficas da bacia, de modo a obter resultados do comportamento hidrológico, como exposto na Figura 2.

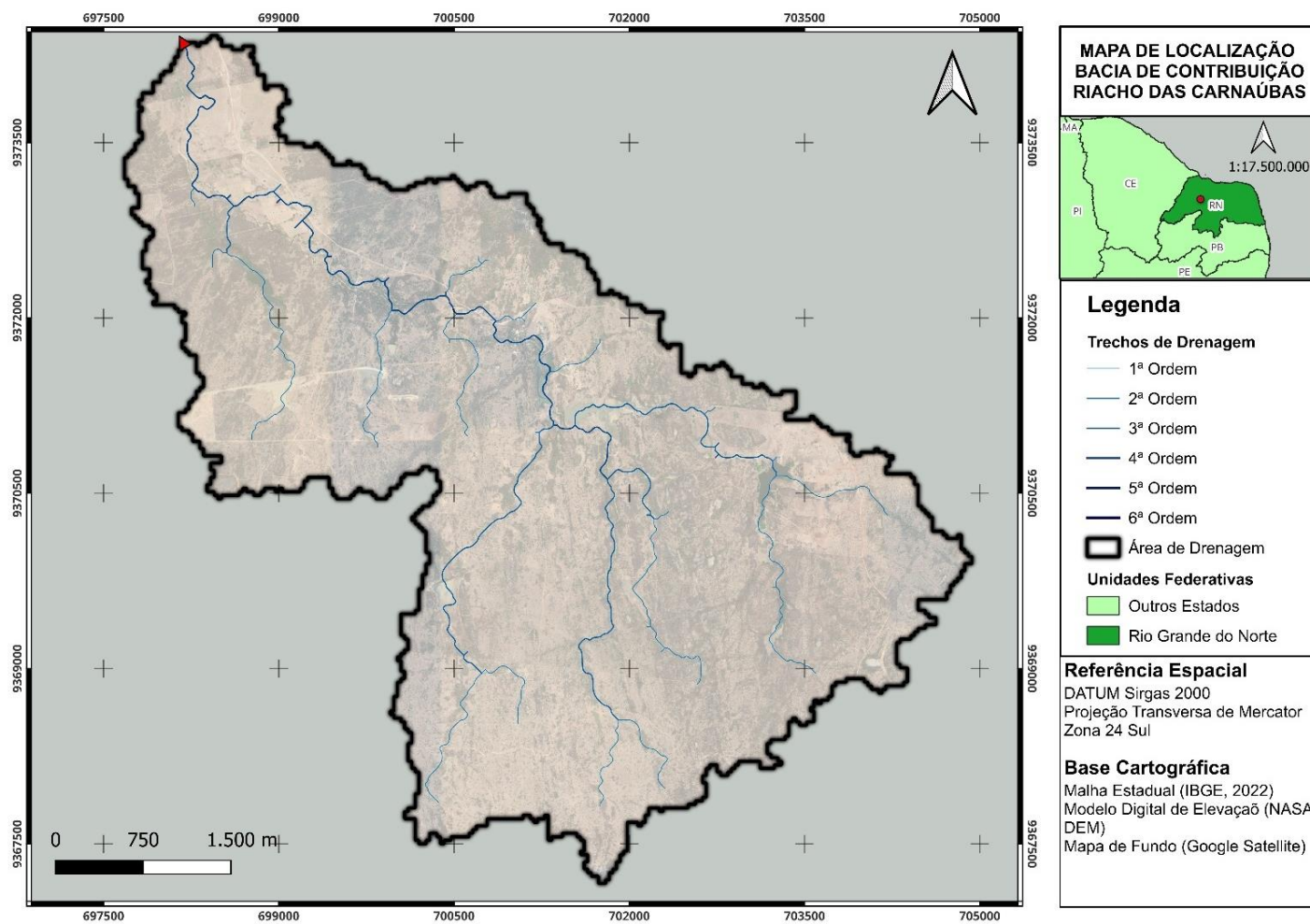


Figura 2 - Mapa Hidrográfico - Riacho das Carnaúbas. Elaborado por: Certare Engenharia e Consultoria.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIA

Após a delimitação da bacia hidrográfica, obtiveram-se as características físicas da bacia, dispostas abaixo na Tabela 1.

Informações	Riacho das Carnaúbas
Área	24,08 km ²
Comprimento do Talvegue	15,28 km
Desnível	52,00 m
Declividade	0,00 -

Tabela 1 - Características da bacia.

4. PLUVIOMETRIA

4.1. EQUAÇÃO DE PROJETO

A determinação das descargas hidráulicas no talvegue de estudo está relacionada com o regime pluviométrico na região. Para a definição da chuva, pode-se utilizar vários métodos e dentre eles estão as equações IDF. Estas equações relacionam a intensidade de chuva, a duração e a frequência em que determinada chuva ocorre. As equações IDF são definidas em função das séries históricas dos postos pluviométricos na região de estudo. A equação utilizada para definição da chuva na cidade de Upanema, foi obtido por meio da literatura apresentada por Santos 2015 está apresentado a seguir

$$I = \frac{615,39 TR^{0,209}}{(tc + 9,77)^{0,741}}$$

Onde:

I - Intensidade de precipitação em mm/h

TR - Tempo de recorrência (Anos)

Tc - Tempo de concentração (Minutos)

A partir da equação apresentada elaborou-se as curvas de intensidade em função do tempo de chuva para cada período de retorno ilustrado na Figura 3.

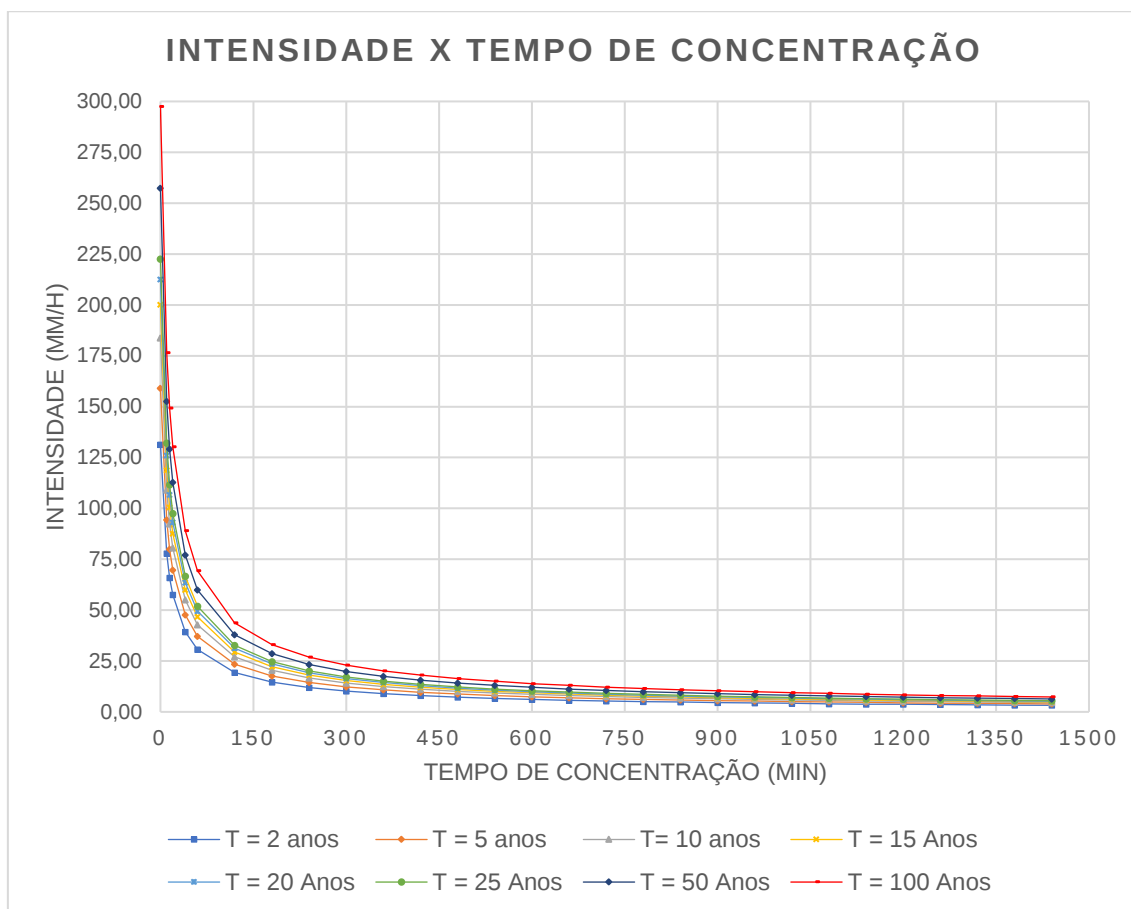


Figura 3 - Gráfico Intensidade x Tempo de concentração da bacia.

5. ANÁLISE DOS DADOS

5.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração permitirá determinar o tempo em que toda bacia irá contribuir para a vazão no talvegue estudado. Para determinação desse tempo utilizou-se a equação de Kirpich apresentado a seguir:

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Onde:

T_c - Tempo de concentração (Minutos)

L - Comprimento do talvegue (Metros)

H – Desnível do talvegue (Metros)

Aplicando-se os parâmetros de cálculos obtidos da bacia, o tempo de concentração determinado é de **T_c = 290,27 minutos**.

5.2. PERÍODO DE RECORRÊNCIA

A determinação do tempo de recorrência foi realizada em função da IPR – 726: DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS ESCOPOS BÁSICOS/INSTRUÇÕES DE SERVIÇO. O manual cita que a escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico econômico e deverá constar basicamente de: Tipo, importância e segurança da obra, estimativa de custos de restauração na hipótese de destruição, estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto, comparativo de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência e risco para as vidas humanas face a acidentes provocados pela destruição da obra;

Em resumo, seguiu-se a tabela obtida do IPR-726 apresentada na Figura 4, adotando-se o tempo de recorrência de **TR = 50 anos**.

Espécie	Período de recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Figura 4 - Período de recorrência em função do tipo de dispositivo. Fonte: IPR 726.

5.3. INTENSIDADE DE CHUVA

Uma vez determinado o tempo de concentração (T_c) e o Tempo de recorrência (TR), pode-se utilizar a equação de chuva apresentada no tópico 4.1. Dessa forma a intensidade de chuva é **$I = 20,35 \text{ mm/H}$** .

5.4. MÉTODO DE CÁLCULO

De acordo com a IS-203, os métodos de cálculo das vazões de projeto são função da área da bacia de contribuição, devendo ser adotados os limites constantes descrito abaixo:

Área da Bacia	Método de Cálculo
Até 4 Km ²	Racional
4 Km ² a 10 Km ²	Racional com Coeficiente de Retardo
Acima de 10 Km ²	Hidrograma Unitário Triangular

Figura 5 - Critérios de cálculo. Fonte: IPR 726.

5.5. HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR (HUT)

Para o dimensionamento da estrutura hidráulica a ser implantada no local, se faz necessário determinar as descargas de projeto. Dado as dimensões da bacia e seguindo as recomendações da IS-203 adotou-se o Hidrograma unitário de triangular para determinar essas vazões.

5.5.1. Distribuição de chuvas

Para análise do comportamento temporal da chuva utilizou-se do método de HUFF (1967) para definição da distribuição temporal das chuvas na bacia definida. A partir da intensidade definida no item 5.3 e a aplicação no método, elaborou-se o hietograma de distribuição de chuvas apresentado na Figura 6.

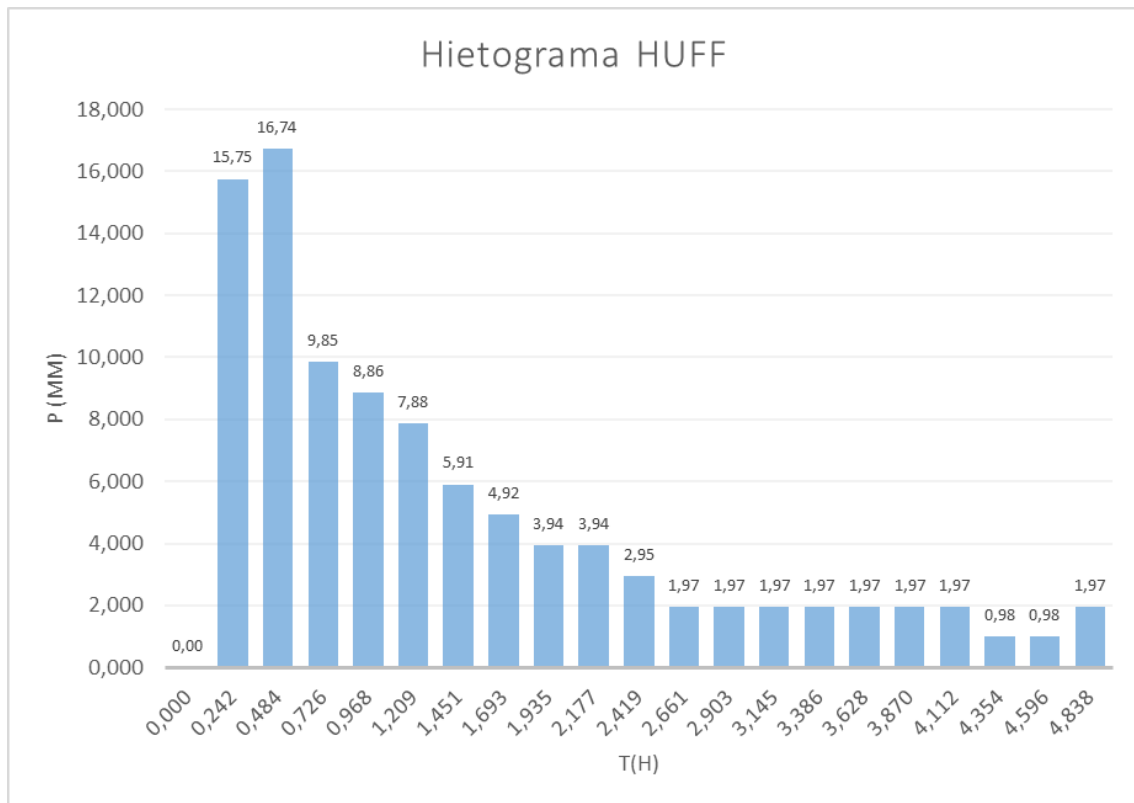


Figura 6 - Distribuição de chuva

5.5.2. Hidrograma Unitário Sintético

A transformação da precipitação na bacia em escoamento superficial foi realizada utilizando o hidrograma unitário sintético sugerido pelo SCS (*Soil Conservation Service*). A determinação do hidrograma é baseada em algumas expressões matemáticas. Os parâmetros calculados e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Parâmetro	Expressão	Resultado
Tempo de Resposta	$t_L = 0.6 \times t_c$	2,90 Horas
Tempo de Pico	$t_p = 0.5 \times t_r + t_L$	3,31 Horas
Tempo de Base	$t_b = 2.67 \times t_p$	8,85 Horas
Vazão de pico	$Q_{u,p} = 2,08 \times A_d/t_p$	15,11 m ³ /s.cm

Tabela 2 - Parâmetros para determinação do hidrograma unitário.

Com os dados obtidos, foi elaborado o hidrograma unitário da bacia, conforme indicado no Gráfico 4.

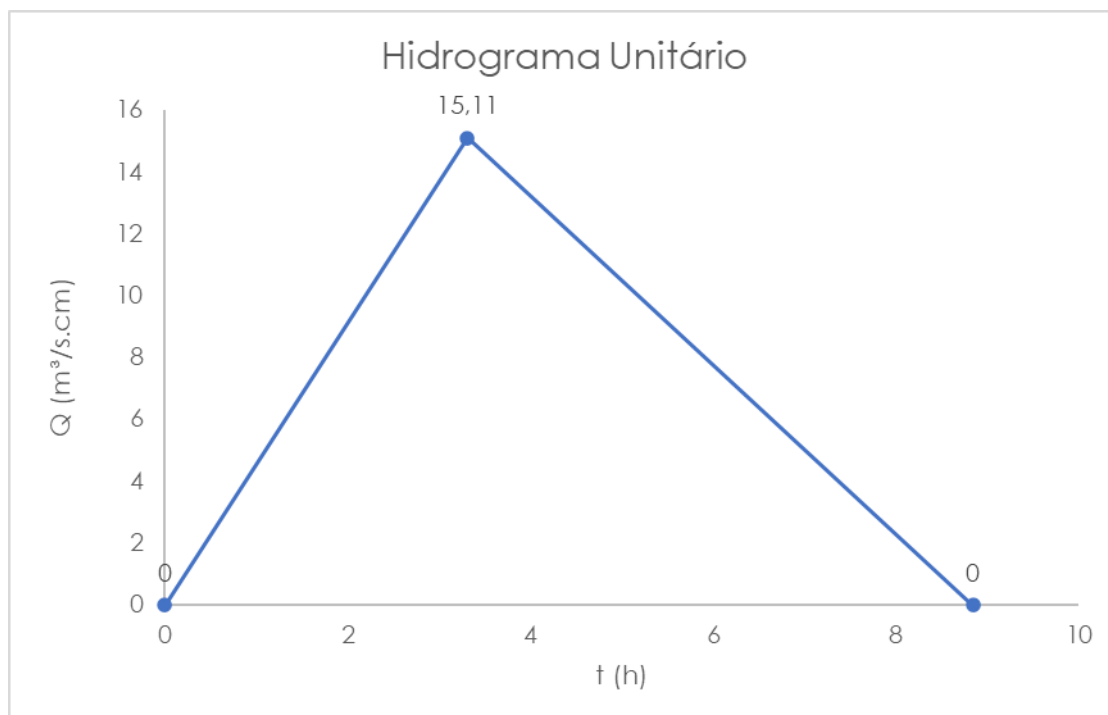


Gráfico 4 - Hidrograma unitário sintético.

5.5.3. Chuvas excedentes

A definição do hidrograma total de projeto requer a análise das chuvas excedentes, isso ocorre, pois, um certo volume de chuvas precipitadas infiltra no solo e não gera vazão no talvegue. Segundo o manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem – IPR-715: A retenção de parte da chuva nas depressões do solo e sua infiltração são os principais fatores que afetam a relação chuva-vazão, determinando a porção escoada como deflúvio superficial, muitas vezes também designada como precipitação efetiva.

A definição das chuvas excedentes requer o conhecimento das características físicas e de solo do local de trabalho, o reconhecimento será necessário para definição do *Curve Number* (CN). O IPR-715 define os seguintes grupos hidrológicos de solo:

- **Grupo A** - Potencialidade mínima para formação de deflúvio superficial. Inclui areias em camadas espessas com muito pouco silte e argila e também *loess* profundo muito permeável.
- **Grupo B** - Principalmente solos arenosos menos espessos que no grupo A e *loess* menos profundo ou menos agregado que no grupo

A, porém apresentam infiltração acima da média, após intenso umedecimento prévio.

- **Grupo C** - Compreende solos pouco profundos e solos contendo bastante argila e colóides, no entanto, menos que no grupo D. O grupo apresenta infiltração abaixo da média, após pré-saturação.
- **Grupo D** - Potencial máximo para formação do deflúvio superficial. O grupo inclui em sua maioria, argilas de alto valor de expansão, incluindo também alguns solos pouco profundos, com sub-horizontes quase impermeáveis, próximos da superfície. Qualquer tipo de solo em terreno plano, com fraca rede de drenagem, acaba enquadrando-se nesse grupo, após um período prolongado de chuvas que eleva o nível do lençol freático para a superfície.

A tabela ilustrada na Figura 7 apresenta o *Curve Number* para os diferentes tipos de cobertura vegetal e condição de retenção superficial.

Solo - Cobertura Vegetal					
Para Condição de Umidade Antecedente II (Média) E $I_a = 0,2s$					
Cobertura Vegetal	Condição de Retenção Superficial	Grupo Hidrológico do Solo			
		A	B	C	D
Terreno não Cultivado com Pouca Vegetação	Pobre	77	86	91	94
Terreno Cultivado	Pobre	72	81	88	91
	Boa	51	67	76	80
Pasto	Pobre	68	79	86	89
	Boa	39	61	74	80
Mata ou Bosque	Pobre	45	66	77	83
	Boa	25	55	70	77
Área Urbana	Pobre	74	80	87	90
	Boa	70	76	83	86

Figura 7 – *Curve Number* em função das características do solo. Fonte: IPR 715.

A região foi caracterizada como sendo do tipo pasto com boa condição de retenção superficial e pertencente ao grupo hidrológico C, resultando em uma **Curve Number = 74**. Além do CN, determinou-se os parâmetros apresentados na Tabela 3, necessários para definição das chuvas excedentes.

Parâmetro	Expressão	Resultado
Curve Number (CN)	-	74
Infiltração Potencial Máxima (S)	$S = 25,4 \times (1.000/CN - 10)$	89,24 mm
Infiltração inicial (I_a)	$I_a = 0,2 \times S$	17,85 mm

Tabela 3 - Determinação do curve number de projeto.

As definições de infiltração do solo são fundamentais para determinar qual parcela da precipitação gera vazão. Dessa forma, através dos parâmetros calculados foram gerados os gráficos de precipitação a cada intervalo de tempo, as precipitações excedentes e o gráfico geral de pluviosidade.

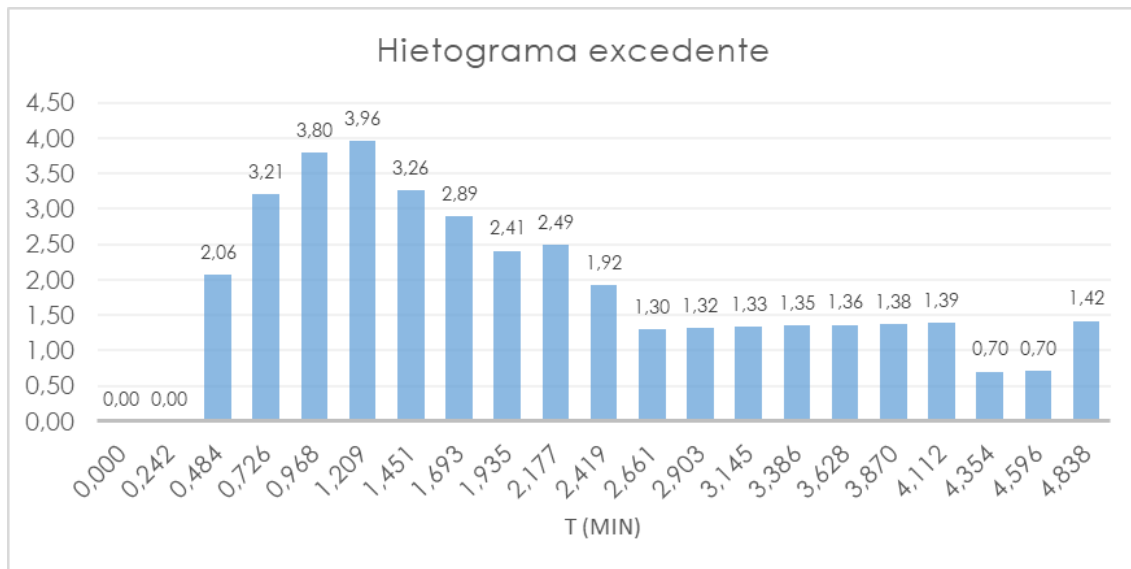


Gráfico 5 - Hietograma de chuva excedente.

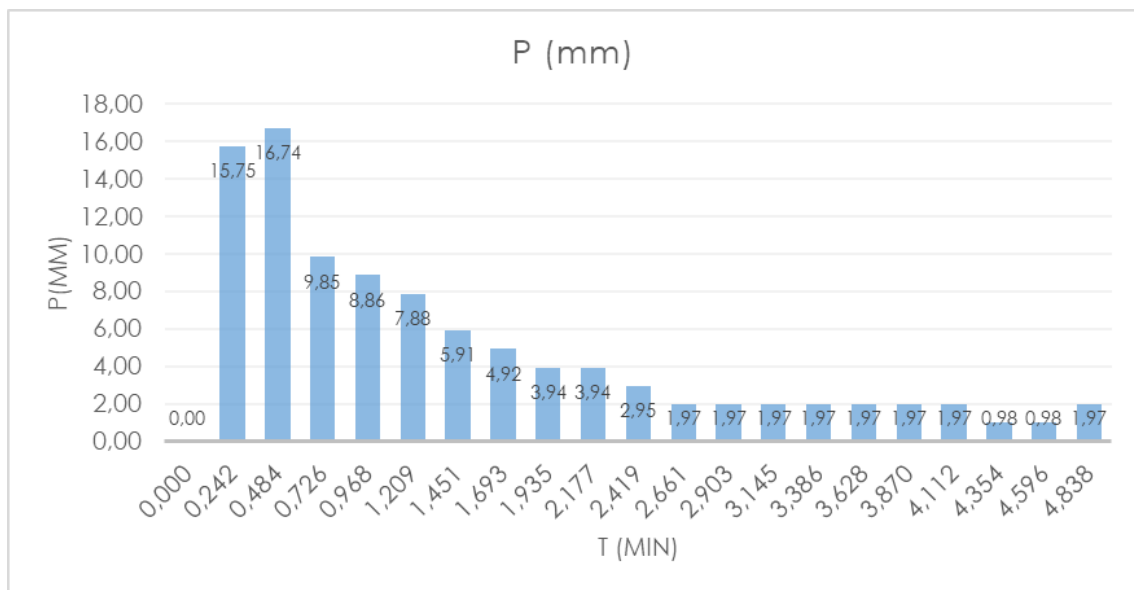


Gráfico 6 - Distribuição de precipitação.

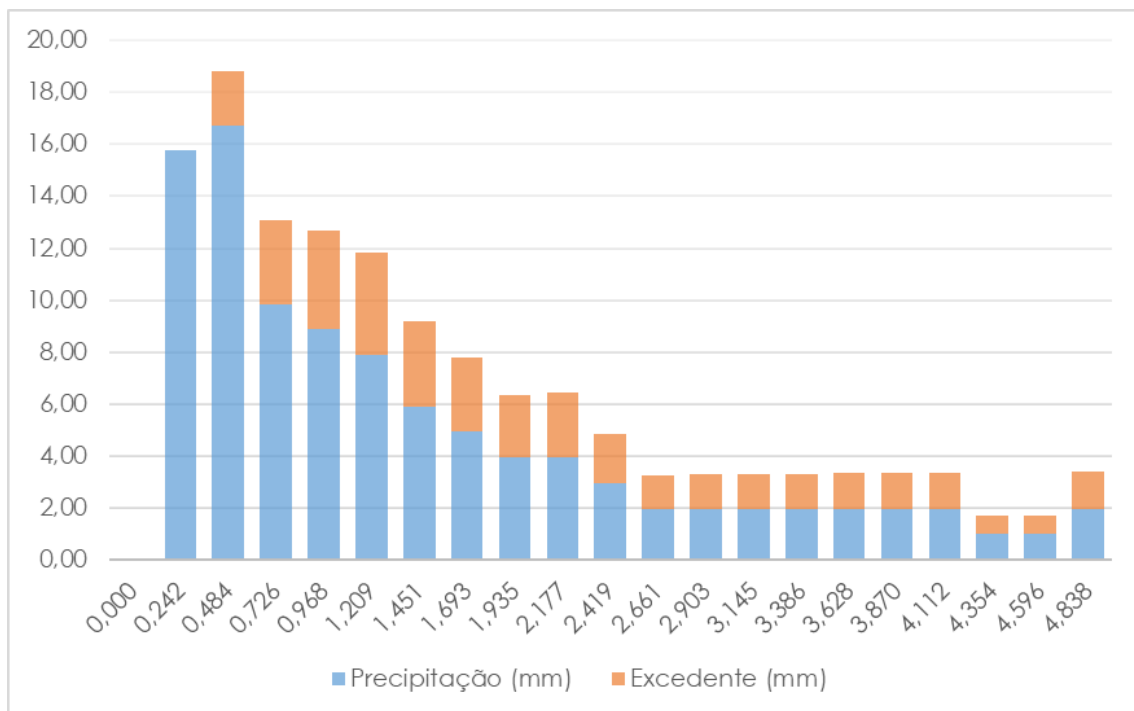


Gráfico 7 - Pluviosidade geral.

5.5.4. Hidrograma de projeto

A definição do hidrograma total de projeto foi gerada a partir dos hidrogramas unitários dos excessos de precipitação em cada intervalo de tempo igual à duração da chuva unitária. A vazão total é determinada por meio do somatório de cada hidrograma parcial, mantendo-se as defasagens de cada

bloco de chuva. Dessa forma, a vazão total de projeto é de $Q = 42,36 \text{ m}^3/\text{s}$. O Gráfico 8 ilustra o hidrograma final de projeto.

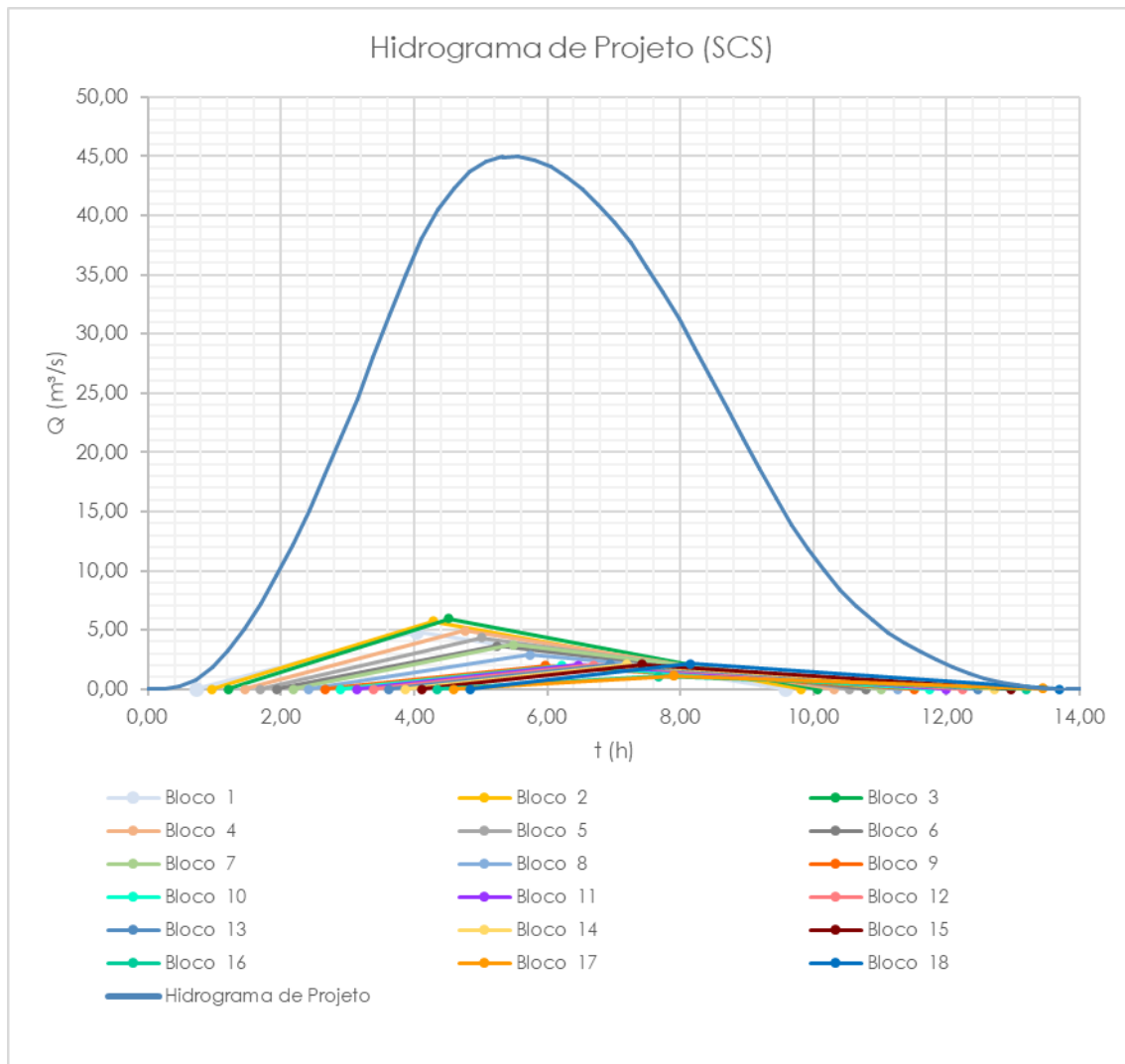


Gráfico 8 - Hidrograma de projeto.

6. SUGESTÃO DE DISPOSITIVO.

Por meio da análise desenvolvida chegou-se à vazão total de projeto de $Q = 42,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Dessa forma verificou-se a capacidade das estruturas hidráulicas, de modo a permitir a transposição do talvegue. Verificou-se através da análise de dispositivos que um Bueiro Triplo Celular de Concreto (BTCC) atenderá a vazão de projeto, obedecendo os critérios de velocidade máxima de escoamento. A Tabela 4 abaixo apresenta as características de escoamento do dispositivo.

Características Hidráulicas	
Dispositivo	BTCC 2m x 2m
Inclinação (m/m)	0,005
Rugosidade	0,013
Vazão (m ³ /s)	46,77
Velocidade (m/s)	4,103
Nº de Froude	0,95
Regime de Escoamento	Subcrítico
Energia (m)	2,758

Tabela 4 - Características hidráulicas do dispositivo avaliado.

RENAN ALVES PINTO
COORDENADOR DE CONTRATO
CERTARE/RN
ENG. CIVIL - CREA 211249494-5