

# ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

**OBJETO: CONSTRUÇÃO DE PONTE DE CONCRETO SOBRE O RIO RIBEIRÃO NOBRESS NO MUNICÍPIO DE NOBRES**

**OBRA: PONTE DE CONCRETO**

**MUNICÍPIO: NOBRES /MT**

**LOCAL / DATA: CUIABÁ – MT / OUTUBRO / 2021**

## INFORMAÇÕES GERAIS

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Pretendente/Consumidor:   | <b>Prefeitura Municipal De Nobres.</b>  |
| Obra.....:                | <b>PONTES DE CONCRETO</b>   |
| Localidade .....          | <b>NOBRES/MT</b>  |
| Data .....                | <b>Outubro / 2021</b>   |
| Descrição do Estudo ..... | <b>O presente estudo tem por objetivo expor as variáveis hidrológica e hidráulicas para construção de PONTES DE CONCRETO, localizada na área urbana do município de Nobres.</b> |

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente estudo estabelece as condições técnicas mínimas a serem obedecidas para obtenção de elementos hidrológicos fundamentais no dimensionamento de obra de artes especiais, atendendo os parâmetros mínimos a serem atendidos, seguindo o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT,2005) e Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT (Sinfra,2021).

## INTERPRETAÇÃO DE DOCUMENTOS FORNECIDOS À OBRA

No caso de divergências de interpretação entre documentos fornecidos, será obedecida a seguinte ordem de prioridade:

- Em caso de divergências entre esta especificação, e os desenhos/projetos fornecidos, consulte a CENTRAL DE PROJETOS AMM;
- Em caso de divergência entre os projetos de datas diferentes, prevalecerão sempre os mais recentes;

## 1. INTRODUÇÃO

O Município de Nobres está localizado na latitude 14°43'13" sul e à longitude 56°19'39" oeste, estando à altitude de 200 metros, com uma população estimada em 2018 de 15.338 habitantes, conforme dados do IBGE.

O município está localizado as margens do rio Cuiabá, ainda possuindo os Rios Serragem e Nobres, que atravessam a cidade, desaguando no Cuiabá. O solo apresenta uma grande variedade de grupos como por exemplo Tossolos, Podzólicos, Hidromórficos Gleizados, Aluviais e Lateríticos indiscriminados. Entre os grupos prevalece, o Podzólico Vermelho-Amarelo TB Entrófico Abrupto A moderado, textura média/argilosa. A região de nobres é cortada por diversas serras como as Serras da Quitanda e Cancela, mais ao centro as Serras do Quebó e Furnas, ao Norte as Serras de Santa Rita e Cuiabazinho, ao sudoeste a Serra do Tombador ou Caixa Furada.

Neste presente estudo, serão apresentados a Ponte Rua Francisco Rondon.

O Estudo Hidrológico, regulamentado pela instrução de serviço - IS-239, possui como objetivo estabelecer o regime pluviométrico para a região atravessada pela rodovia, de modo a fornecer subsídios para determinação das vazões de dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

O Estudo desenvolveu-se, basicamente, nas seguintes fases:

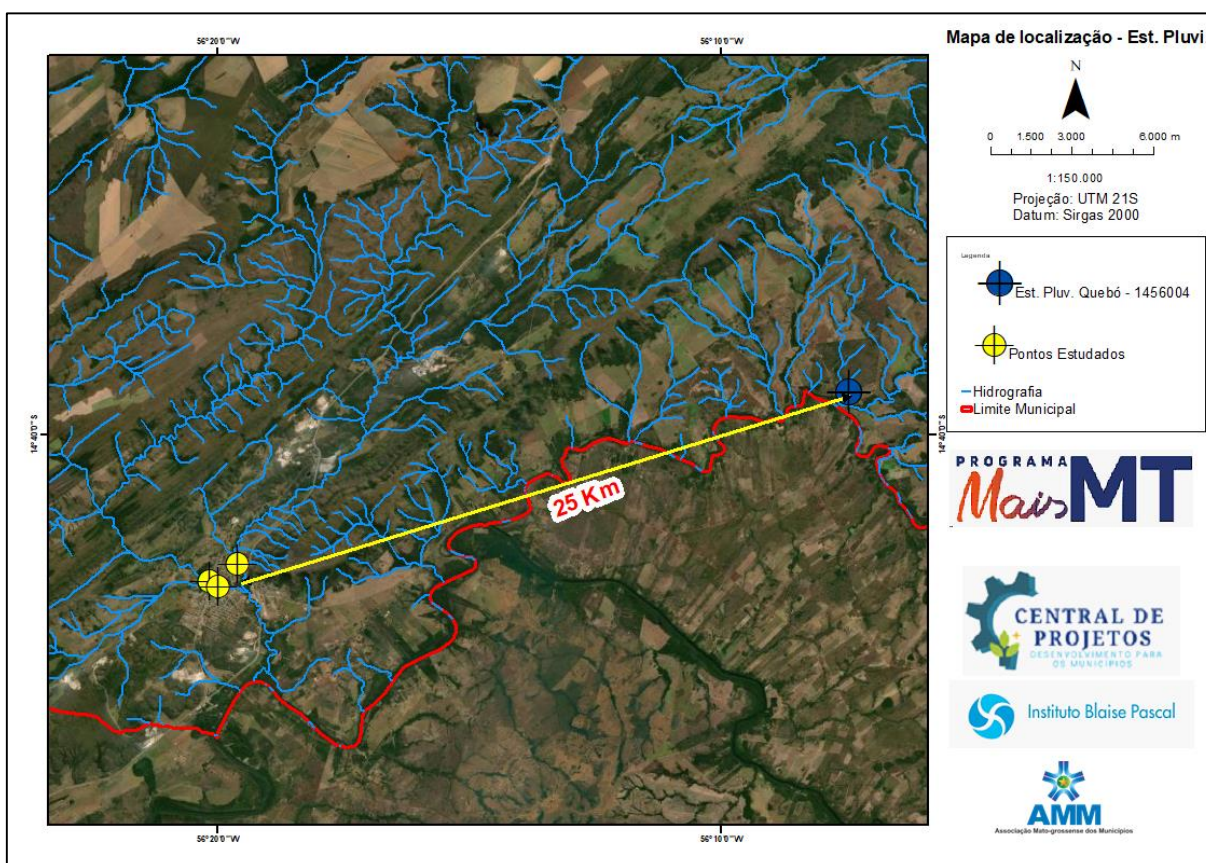
- Coleta e análise dos dados, visando uma perfeita caracterização do meio-físico em que se desenvolve a rodovia.
  - Os dados brutos de pluviometria foram obtidos pela Agência Nacional de Águas (ANA).
  - Dados cartográficos, aerofotogramétricos e topográficos:
    - Sistema de informações geográficas (SIG).
    - Imagens de satélite.
    - Monitoramento de relevo via satélite - Modelo Digital de Elevação (EMBRAPA).
    - Cartas topográficas – (Exército Brasileiro)
- Determinação das descargas de projeto, descritos a seguir em síntese.

O Estudo Hidráulico, regulamentado pela instrução de serviço - IS-11/98, possui como objetivo estabelecer o dimensionamento hidráulico das pontes, que inclui determinação das seções características, linha d'água e seção da ponte.

## 2. PLUVIOMETRIA

### A) Definição do posto pluviométrico

O posto de monitoramento pluviométrico da região (QUEBÓ – 1456004) encontra-se localizada na divisa municipal de Primavera do Leste e Paranatinga, a noroeste do município de Santo Antônio do Leste, todas os pontos analisados neste estudo estão dentro de um raio de influência de 60 Km da estação (Figura 1). A estação possui uma série histórica de 44 anos, para o presente estudo foram utilizados todos estes dados. Na Tabela 1 encontra-se as informações da estação.



**Figura 1:** Localização dos pontos de estudo e estação pluviométrica

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

### B) Estação pluviométrica

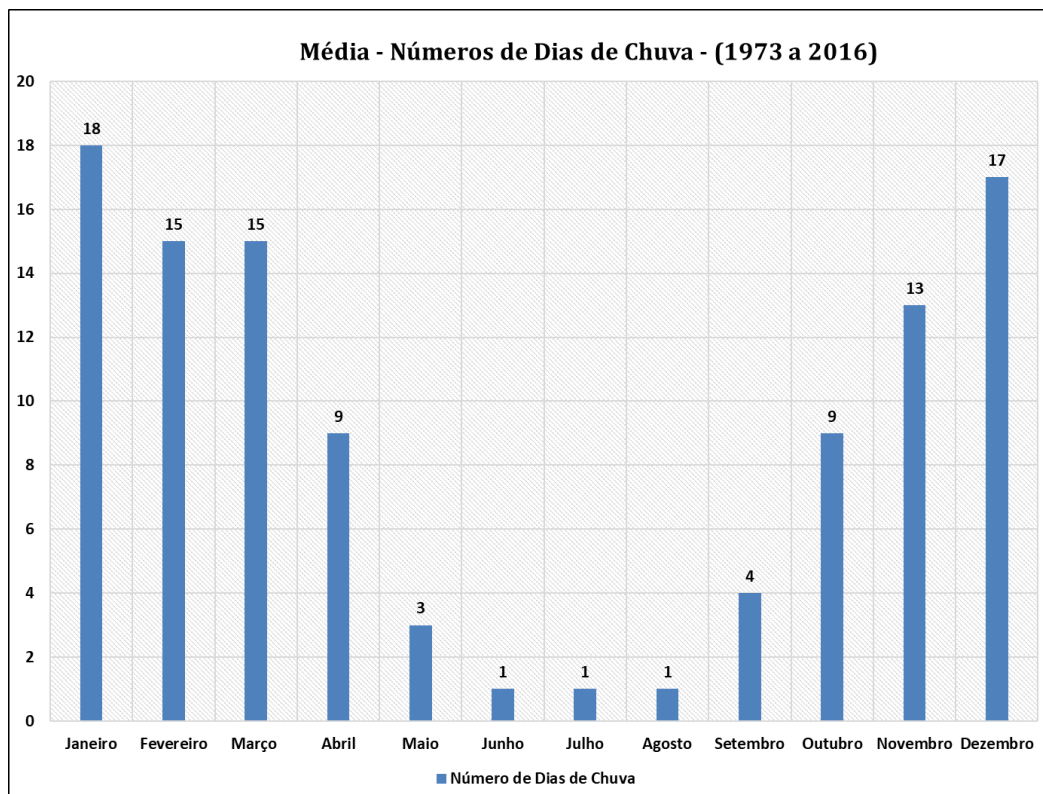
**Tabela 1:** Dados da Estação Pluviométrica

| Dados da Estação |                |
|------------------|----------------|
| Nome             | QUEBÓ          |
| Município        | Nobres         |
| Bacia            | 6 - Rio Paraná |
| Responsável      | FURNAS         |
| Operadora        | FURNAS         |
| Latitude         | -14.6525       |
| Longitude        | -56.12388      |

**Fonte:** Agência Nacional das Águas (ANA) – HldroWEB, 2021.

Todos os dados referentes a pluviometria do local foram extraídos juntos a ANA (Agência Nacional de águas, na estação mencionada na TABELA 01, os dados disponibilizados englobam as precipitações que foram medidas pela estação de janeiro do ano de 1973 a dezembro do ano de 2016.

Abaixo são apresentados alguns gráficos referentes aos dados processados da estação.

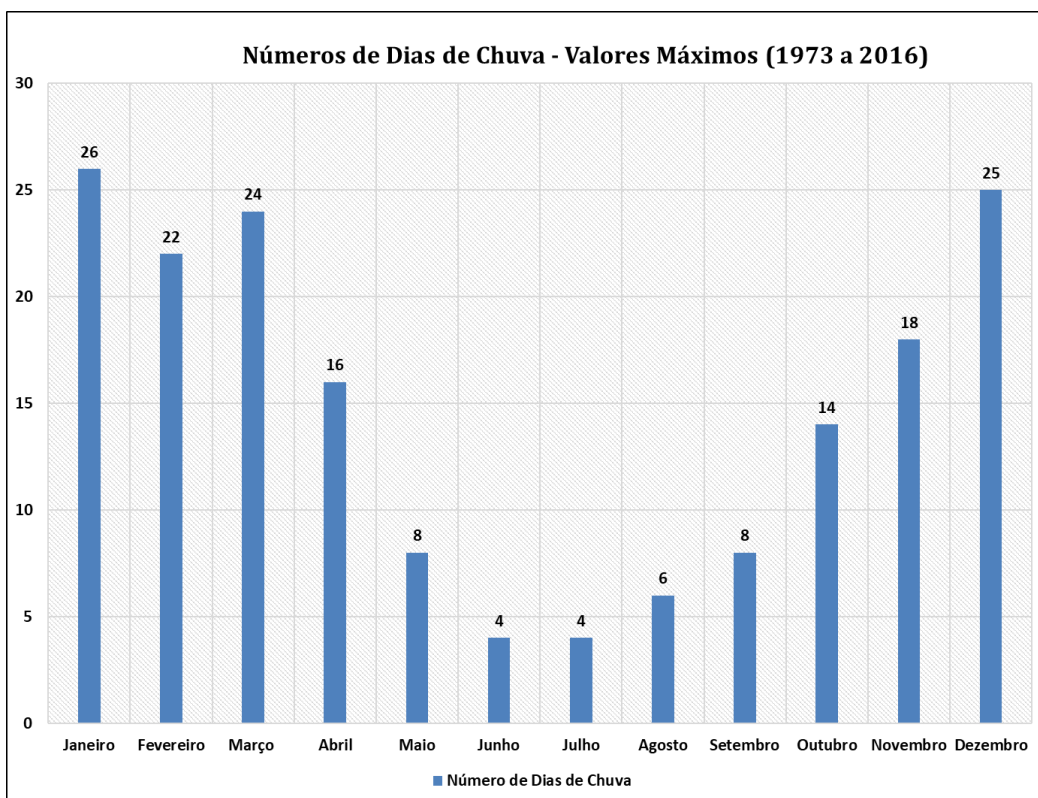


**Gráfico 1: Valores Médios – Números de Dias de Chuva x Mês – (1973 a 2016)**

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Através do Gráfico 1 é possível observar que os meses com o menor número de dias de chuva são os meses de Junho, Julho e Agosto. E o período de Dezembro a Março é o que possui maiores dias de chuvas.



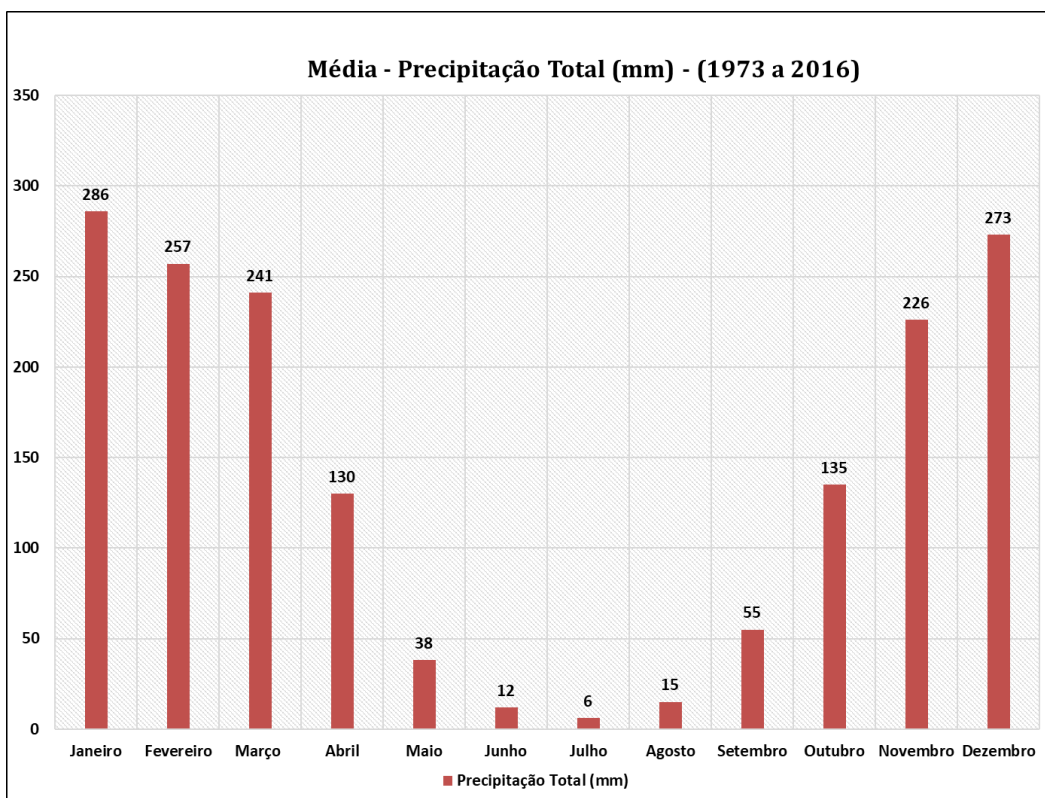


**Gráfico 2:** Valores Máximos – Número de Dias de Chuva x Mês – (1973 a 2016)

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

O Gráfico 2 apresenta os valores máximos, e o maior valor encontrado no mês durante todos os anos de dados (1973 a 2016).

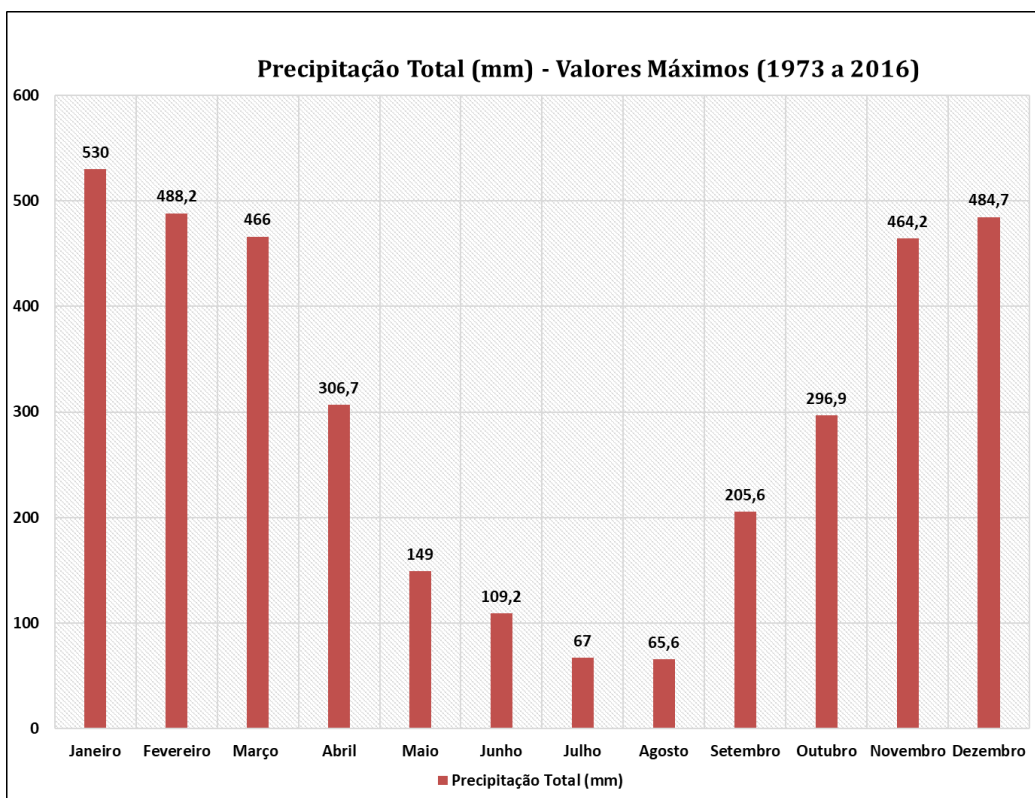
- Mês com maior número de dias de chuva: Janeiro.
- Meses com menores número de dias de chuva: Junho e Julho.



**Gráfico 3:** Valores Médios – Precipitação Total x Mês – (1973 a 2016)

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

- **Trimestre Seco:** Terceiro Trimestre (Julho, Agosto e Setembro)
- **Trimestre Chuvoso:** Primeiro e Quarto trimestre (Primeiro trimestre possui um maior índice pluviométrico).
- **Mês com maior média de precipitação total:** Janeiro.
- **Mês com menor média de precipitação total:** Julho.



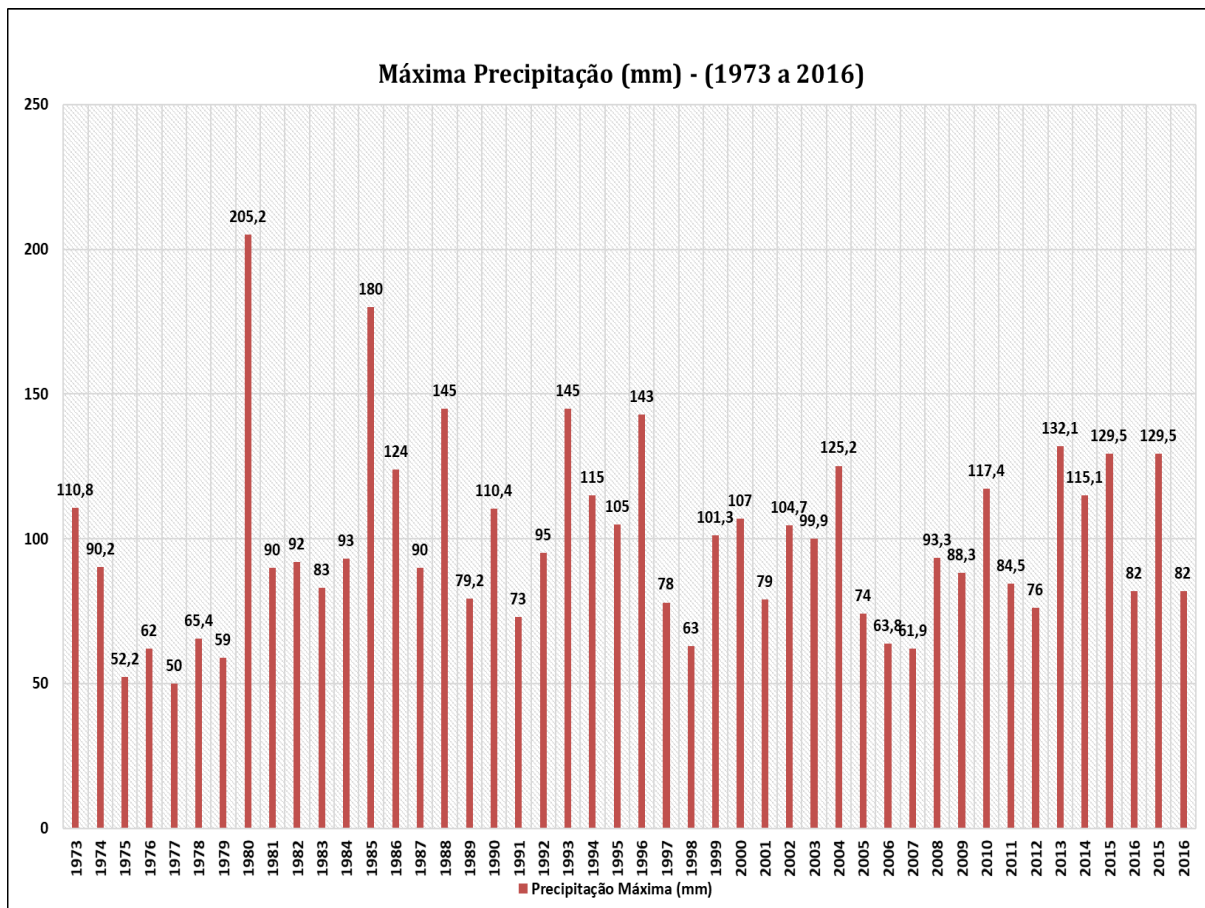
**Gráfico 4:** Valores Máximos – Precipitação Total (mm) x Mês – (1973 a 2016)

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

O Gráfico 4 apresenta os valores máximos, e o maior valor encontrado no mês durante todos os anos de dados (1973 a 2016).

- Mês com maior valor de precipitação total: Janeiro.
- Mês com menor valor de precipitação total: Agosto.





**Gráfico 5:** Valores Máximos – Máxima Precipitação (mm) x Série Histórica – (1973 a 2016)

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

O Gráfico 5 apresenta os valores máximos, e o maior valor encontrado no mês durante todos os anos de dados (1973 a 2016).

Os dados deste gráfico serão utilizados no cálculo do histograma de máximas mensais de chuva pela metodologia da Probabilidade Extrema de Gumbel, onde os dados utilizados são os maiores valores de precipitação encontrada em cada mês da série histórica estudada.

Para tempos de duração menores que um dia, serão feitas correções pelo Método das Isozonas.

Para o município de estudo (Nobres) utiliza-se os dados referentes a **ISOZONA F**.

## 3. MÉTODO DE PROBABILIDADE EXTREMA DE GUMBEL

**Tabela 2:** Precipitação (Valores Máximos Anual) Série Histórica.

| <b>Precipitação Total (mm) - Valores Máximos - Série Histórica (1973 - 2016)</b> |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Ano</b>   | <b>Precipitação Máxima (mm)</b> |
| 1973   | 110,8                           |
| 1974   | 90,2                            |
| 1975   | 52,2                            |
| 1976   | 62                              |
| 1977   | 50                              |
| 1978   | 65,4                            |
| 1979   | 59                              |
| 1980   | 205,2                           |
| 1981   | 90                              |
| 1982   | 92                              |
| 1983   | 83                              |
| 1984   | 93                              |
| 1985   | 180                             |
| 1986   | 124                             |
| 1987   | 90                              |
| 1988   | 145                             |
| 1989   | 79,2                            |
| 1990   | 110,4                           |
| 1991   | 73                              |
| 1992   | 95                              |
| 1993   | 145                             |
| 1994   | 115                             |
| 1995   | 105                             |
| 1996   | 143                             |
| 1997   | 78                              |
| 1998   | 63                              |
| 1999   | 101,3                           |
| 2000   | 107                             |
| 2001   | 79                              |
| 2002   | 104,7                           |
| 2003   | 99,9                            |
| 2004   | 125,2                           |
| 2005   | 74                              |
| 2006   | 63,8                            |
| 2007   | 61,9                            |
| 2008   | 93,3                            |
| 2009   | 88,3                            |
| 2010   | 117,4                           |
| 2011   | 84,5                            |
| 2012   | 76                              |
| 2013   | 132,1                           |
| 2014   | 115,1                           |
| 2015   | 129,5                           |
| 2016   | 82                              |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| <b>Soma Total</b>    | 4333,40 |
| <b>Média</b>         | 98,49   |
| <b>Desvio Padrão</b> | 32,53   |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

• • •

Com os dados apresentados na Tabela 02 é possível aplicar a metodologia de Gumbel através da seguinte equação.

$$Pt = Pm + \sigma \times K$$

Onde:

- Pt – Precipitação para Duração de 1 dia;
- Pm – Precipitação Média (Tabela 02);
- $\sigma$  - Desvio Padrão (Tabela 02);
- K – Coeficiente – (Valor definido pelo número de eventos na série história);

**Tabela 3:** Valores de K – Equação de Gumbel.

| Valores de K (GUMBEL)            |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tr -Tempo de Recorrência em anos |       |       |       |       |       |
| 5                                | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   |
| 0,830                            | 1,482 | 1,846 | 2,307 | 2,919 | 3,526 |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Através da equação a cima são apresentados os seguintes resultados:

**Tabela 4:** Precipitação Para Duração de 1 dia (mm).

| Precipitação (mm) Para Duração de 1 dia x Tr |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tr -Tempo de Recorrência em anos             |        |        |        |        |        |
| 5  | 10     | 15     | 25     | 50     | 100    |
| 125,49                                       | 146,69 | 158,54 | 173,53 | 193,44 | 213,19 |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Para o cálculo da chuva com duração de 24h é utilizada a seguinte equação:

$$P24 = Pt \times 1,10$$

Onde:

- P24 – Precipitação para Duração de 24h;
- Pt – Precipitação para Duração de 1 dia (Tabela 04);

O resultado desta equação é apresentado na Tabela 05.

**Tabela 5:** Precipitação Para Duração de 24 h (mm).

| Precipitação (mm) Para Duração de 24 h x Tr |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tr -Tempo de Recorrência em anos            |        |        |        |        |        |
| 5   | 10     | 15     | 25     | 50     | 100    |
| 138,03                                      | 161,36 | 174,39 | 190,88 | 212,78 | 234,50 |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

**Tabela 6: Relação de Isozonas.**

| Isozonas de Igual Relação |                           |      |      |      |      |      |      |      |       |        |                     |      |
|---------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|---------------------|------|
| Tempo de Recorrência      |                           |      |      |      |      |      |      |      |       |        |                     |      |
| Zona                      | 1 Hora/24 horas/Chuva (A) |      |      |      |      |      |      |      |       |        | 6min/24 h/Chuva (B) |      |
|                           | 5                         | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 50   | 100  | 1.000 | 10.000 | 5-50                | 100  |
| F                         | 46                        | 45,5 | 45,3 | 45,1 | 44,9 | 44,8 | 44,5 | 44,1 | 42,7  | 41,3   | 13,9                | 12,4 |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Para cálculo de chuvas com duração de 1 hora e de 0,1 hora se faz necessário a utilização da Tabela 06 com a relação da Isozonas, as equações para a execução destes cálculos são apresentadas abaixo:

$$P1 = P24 \times A$$

$$P01 = P24 \times B$$

Onde:

- P1 – Precipitação para Duração de 1h;
- P01 – Precipitação para Duração de 0,1h;
- A e B – Valores Percentuais de acordo com o Tempo de Recorrência (Tabela 06).

**Tabela 7: Precipitação Para Duração de 0,10 h, 1 h e 24h (mm).**

| Método das Isozonas |                             |        |        |
|---------------------|-----------------------------|--------|--------|
| T (Anos)            | Altura de Precipitação (mm) |        |        |
|                     | 0,10 h                      | 1 h    | 24 h   |
| 5                   | 19,19                       | 63,49  | 138,03 |
| 10                  | 22,43                       | 73,42  | 161,36 |
| 15                  | 24,24                       | 79     | 174,39 |
| 25                  | 26,53                       | 85,71  | 190,88 |
| 50                  | 29,58                       | 94,69  | 212,78 |
| 100                 | 29,08                       | 103,41 | 234,5  |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Por fim os demais valores para precipitação por período de tempo são calculados através de interpolação de dados.

**Tabela 8: Precipitação Para Duração de 0,10 h a 24h (mm).**

| Método das Isozonas |                             |       |       |        |        |        |        |        |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T (Anos)            | Altura de Precipitação (mm) |       |       |        |        |        |        |        |
|                     | 0,10h                       | 0,25h | 0,50h | 1h     | 2h     | 4h     | 8h     | 24h    |
| 5                   | 19,19                       | 35,68 | 49,14 | 63,49  | 76,38  | 91,15  | 107,79 | 138,03 |
| 10                  | 22,43                       | 41,41 | 56,90 | 73,42  | 88,63  | 106,05 | 125,69 | 161,36 |
| 15                  | 24,24                       | 44,62 | 61,26 | 79,00  | 95,49  | 114,39 | 135,70 | 174,39 |
| 25                  | 26,53                       | 48,55 | 66,53 | 85,71  | 103,90 | 124,73 | 148,22 | 190,88 |
| 50                  | 29,58                       | 53,81 | 73,59 | 94,69  | 115,11 | 138,51 | 164,88 | 212,78 |
| 100                 | 29,08                       | 56,74 | 79,32 | 103,41 | 126,08 | 147,56 | 181,33 | 234,50 |

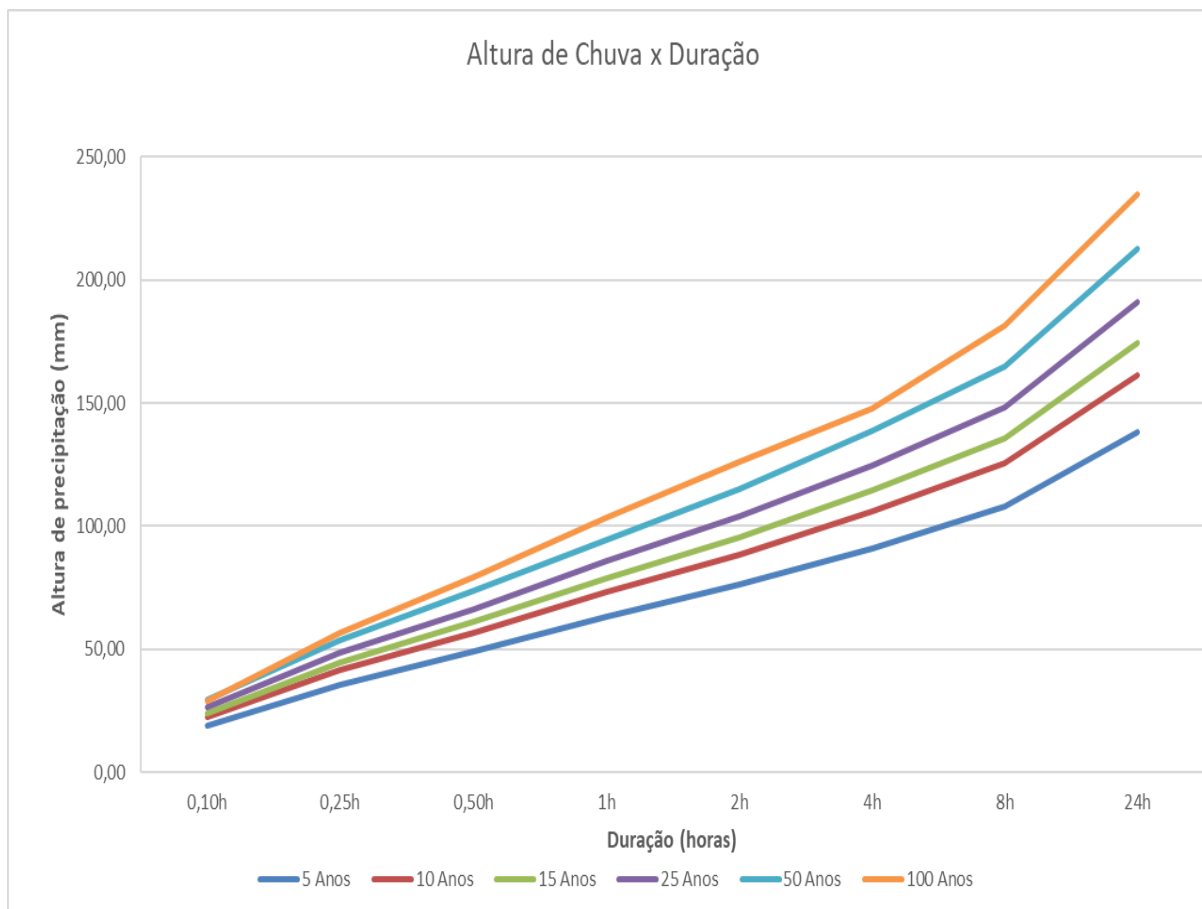
**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

• • •

PEDRO CASSIANO  
ASSUMPCAO DE  
FARIAS:030582791  
08

Assinado digitalmente por PEDRO CASSIANO ASSUMPCAO DE FARIAS:03058279108  
DN: cn=PEDRO CASSIANO ASSUMPCAO DE FARIAS:03058279108, o=BR, ou=CP-Brasil, ou=110707000184  
Motivo: Eu sou o autor deste documento  
Local  
Data: 2021.10.15 11:47:04.00





**Gráfico 6:** Altura de Chuva x Duração.

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

Através dos dados de precipitação ao decorrer do tempo é possível calcular a intensidade de chuva (mm/h) através da equação abaixo:

$$I = (60/tch) \times \text{Precipitação}$$

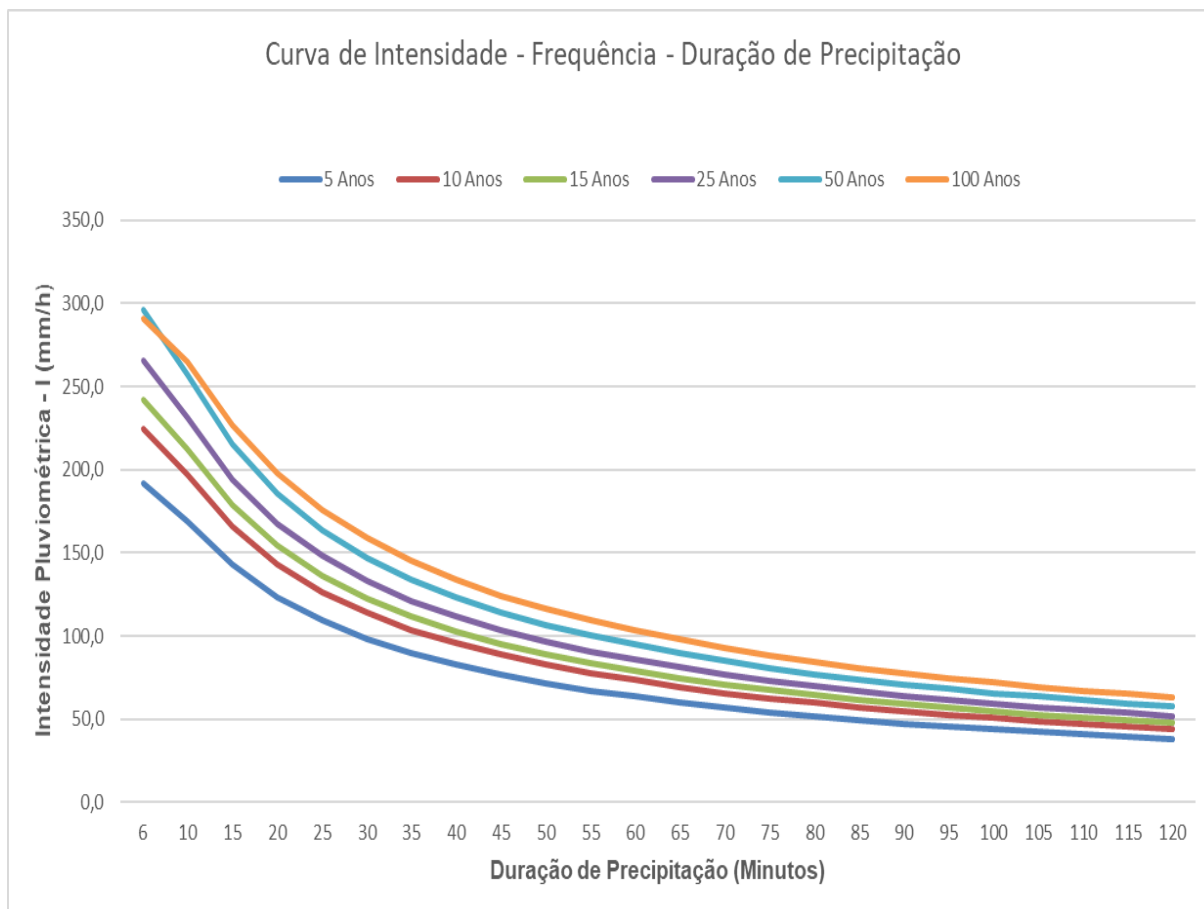
Onde:

- I – intensidade de Chuva (mm/h);
- tch – Tempo de Chuva (minutos);
- Precipitação (Valor de acordo com a Duração/Tempo de Recorrência) – Tabela 08.

**Tabela 9: Intensidade de Chuva x Duração da Chuva.**

| Tempo   | T (Anos)                             |       |       |       |       |       |
|---------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | 5                                    | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   |
| Minutos | Intensidade Pluviométrica - I (mm/h) |       |       |       |       |       |
| 6       | 191,9                                | 224,3 | 242,4 | 265,3 | 295,8 | 290,8 |
| 10      | 169,2                                | 196,8 | 212,2 | 231,4 | 256,9 | 265,2 |
| 15      | 142,7                                | 165,6 | 178,5 | 194,2 | 215,2 | 227,0 |
| 20      | 123,5                                | 143,1 | 154,2 | 167,6 | 185,6 | 197,8 |
| 25      | 109,2                                | 126,5 | 136,3 | 148,1 | 163,8 | 175,8 |
| 30      | 98,3                                 | 113,8 | 122,5 | 133,1 | 147,2 | 158,6 |
| 35      | 89,6                                 | 103,7 | 111,6 | 121,2 | 134,0 | 144,9 |
| 40      | 82,5                                 | 95,4  | 102,7 | 111,5 | 123,3 | 133,7 |
| 45      | 76,5                                 | 88,6  | 95,3  | 103,4 | 114,3 | 124,3 |
| 50      | 71,5                                 | 82,7  | 89,0  | 96,6  | 106,8 | 116,3 |
| 55      | 67,2                                 | 77,7  | 83,6  | 90,8  | 100,3 | 109,4 |
| 60      | 63,5                                 | 73,4  | 79,0  | 85,7  | 94,7  | 103,4 |
| 65      | 59,9                                 | 69,3  | 74,6  | 80,9  | 89,4  | 97,7  |
| 70      | 56,7                                 | 65,7  | 70,7  | 76,7  | 84,8  | 92,7  |
| 75      | 53,9                                 | 62,5  | 67,2  | 73,0  | 80,8  | 88,3  |
| 80      | 51,5                                 | 59,6  | 64,2  | 69,7  | 77,1  | 84,3  |
| 85      | 49,2                                 | 57,0  | 61,4  | 66,7  | 73,8  | 80,7  |
| 90      | 47,2                                 | 54,7  | 58,9  | 64,0  | 70,8  | 77,5  |
| 95      | 45,4                                 | 52,6  | 56,6  | 61,6  | 68,1  | 74,6  |
| 100     | 43,7                                 | 50,6  | 54,6  | 59,3  | 65,7  | 71,9  |
| 105     | 42,1                                 | 48,9  | 52,6  | 57,2  | 63,4  | 69,4  |
| 110     | 40,7                                 | 47,2  | 50,9  | 55,3  | 61,3  | 67,1  |
| 115     | 39,4                                 | 45,7  | 49,3  | 53,6  | 59,4  | 65,0  |
| 120     | 38,2                                 | 44,3  | 47,7  | 51,9  | 57,6  | 63,0  |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.



**Gráfico 7: Curva de Intensidade – Frequência – Duração da Precipitação.**  
**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

## 4. DETERMINAÇÃO DAS DESCARGAS DE PROJETO

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 <sup>2</sup>                  | Racional                            |
| 4 Km <sup>2</sup> a 10 Km <sup>2</sup> | Racional com Coeficiente de Retardo |
| Acima de 10 Km <sup>2</sup>            | Hidrograma Unitário Triangular      |

### 4.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração foi determinado pela Fórmula de KIRPICH MODIFICADA, conforme indicação das “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Instruções para acompanhamento e Análise - DNIT” (2010).

A fórmula de KIRPICH MODIFICADA:

$$T_c = \left( \frac{0,294 L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77}$$

onde:

T<sub>c</sub> = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do talvegue, em km;

i = declividade do talvegue em %

### 4.2. DEFINIÇÃO DOS TEMPOS DE RECORRÊNCIA

Os tempos de recorrência foram adotados seguindo as orientações do programa Mais MT:

Para bueiros trabalhando como canal TR = 15 anos

Para bueiros trabalhando como orifício com HW/H – 1,2 TR = 25 anos

Pontilhões TR = 50 anos

### 4.3. CÁLCULO DA VAZÃO DAS PEQUENAS BACIAS

Para estas bacias com áreas de até a 4,00 km<sup>2</sup>, utilizar-se-á o método racional, cuja fórmula é:

$$Q = 0,0028 \cdot C \cdot I \cdot A$$



Onde:

Q = descarga de projeto; em m<sup>3</sup>/s;

A = área da bacia drenada, em ha;

I = intensidade de precipitação, em mm/h, obtida na curva de frequência-intensidade-duração. O tempo de duração foi tomado igual ao tempo de concentração da bacia;

C = coeficiente de deflúvio do R. Peltier – J.L Bonnenfant - coeficiente adimensional variável com a natureza da bacia (solo, vegetação, forma, declividade, etc.). Para isto analisaram-se fotografias aéreas, cartas de região, relatórios de análise geológica, observações locais sobre o uso da terra e uma idéia aproximada da permeabilidade do solo.

| TIPO DE SOLO, PERMEABILIDADE E COBERTURA VEGETAL                       | COEF. DEFLÚVIO |
|--|----------------|
| 1• Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala           | 0,70 a 0,85    |
| 2• Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa          | 0,65 a 0,80    |
| 3• Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação rala           | 0,60 a 0,75    |
| 4• Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação densa          | 0,55 a 0,70    |
| 5• Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala          | 0,50 a 0,65    |
| 6• Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa         | 0,45 a 0,60    |
| 7• Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com floresta                | 0,40 a 0,55    |
| 8• Solo argiloso-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação rala  | 0,35 a 0,50    |
| 9• Solo argiloso-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação densa | 0,30 a 0,45    |
| 10• Solo argiloso-arenoso, de média permeabilidade, com floresta       | 0,25 a 0,40    |
| 11• Solo argiloso-arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação rala  | 0,20 a 0,35    |
| 12• Solo argiloso-arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação densa | 0,15 a 0,30    |
| 13• Solo argiloso-arenoso, de alta permeabilidade, com floresta        | 0,10 a 0,25    |

Fonte: Jabôr,2019

## 4.4. CÁLCULO DA VAZÃO DAS GRANDES BACIAS

Para bacias com áreas entre 4 a 10 Km<sup>2</sup>, utiliza-se o Método Racional com coeficiente de retardo.

$$Q = 0,28 \times C \times I \times A \times \emptyset$$

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s);

C = coeficiente de deflúvio de Burkli - Ziegler;

I = Intensidade de precipitação (mm/h);

A = Área da bacia (ha);

$\emptyset$  = Coeficiente de retardo;

A expressão para o coeficiente de retardo é

$$\emptyset = \frac{1}{(100 A)^{1/n}}$$

. \*Para A em km<sup>2</sup>

n = 4, pequenas declividades, inferiores a 0.5 % (Burkli Ziegler)

n = 5, médias declividades, entre 0.5 e 1 % (MC MATH)

n = 6, fortes declividades, superiores a 1 % (BRIX)

| BURKLI- ZIEGLER                          | C           |
|--|-------------|
| • Áreas densamente construídas           | 0.70 a 0.75 |
| • Zonas residenciais comuns              | 0.55 a 0.65 |
| • Zonas urbanas (região montanhosa)      | 0.30 a 0.45 |
| • Campos de cultura (região plana)       | 0.20 a 0.30 |
| • Parques, jardins (plana com alagadiço) | 0.15 a 0.25 |

Fonte: Jabôr, 2019

Para bacias com áreas acima de 10 Km<sup>2</sup>, utiliza-se o Método do Hidrograma Triangular Sintético.

$$Q = \frac{0,20836 \times A \times qm}{0,6Tc + \sqrt{Tc}}$$

Onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s);

A = área da bacia em km<sup>2</sup>;

Tc = tempo de concentração de Kirpich;

qm = precipitação efetiva (acumulada).

$$qm = \frac{(P - 5,08x S)^2}{P + 20,32 x S}$$

Onde:

P = Altura acumulada de precipitação, a contar do início da chuva, em mm, em função do tempo de concentração da bacia;

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN = Curva correspondente ao complexo solo/vegetação.

**Tabela de CN - Jabôr**

$$CN = CN_1 \times CN_2 \times CN_3$$

| A ≤ 30 Km² |                 | 30 km² < A < 60 km² |                 | A ≥ 60 km² |                 |
|------------|-----------------|---------------------|-----------------|------------|-----------------|
| i (%)      | CN <sub>1</sub> | i (%)               | CN <sub>1</sub> | i (%)      | CN <sub>1</sub> |
| ≤ 0,5      | 68              | 0,25                | 62              | ≤ 0,125    | 56              |
| 1,0        | 70              | 0,50                | 64              | 0,25       | 58              |
| 1,5        | 72              | 0,75                | 66              | 0,5        | 60              |
| 2,0        | 74              | 1,0                 | 68              | 1,0        | 65              |
| 3,0        | 76              | 1,5                 | 71              | 1,5        | 70              |
| 4,0        | 78              | 2,0                 | 77              | 2,0        | 80              |
| 5,0        | 80              | 3,0                 | 81              | 3,0        | 85              |
| 6,0        | 82              | 4,0                 | 84              | ≥ 4,0      | 90              |
| 7,0        | 84              | 5,0                 | 88              |            |                 |
| 8,0        | 86              | ≥ 6,0               | 90              |            |                 |
| 9,0        | 88              |                     |                 |            |                 |
| ≥ 10,0     | 90              |                     |                 |            |                 |

Onde:

i = declividade efetiva do talvegue em %

A = área da bacia em Km²

| CN <sub>2</sub>                  | Precipitação(mm) | CN <sub>3</sub> |
|----------------------------------|------------------|-----------------|
| Região Montanhosa c/ Rocha = 1,1 | ≥ 177,8          | 0,6             |
| Região Montanhosa = 1,0          | 177,8            | 0,7             |
| Região Ondulada = 0,9            | 152,4            | 0,8             |
| Região Plana = 0,8               | 127,0            | 0,9             |
|                                  | 101,6            | 1,0             |
|                                  | 76,2             | 1,1             |
|                                  | 50,8             | 1,2             |
|                                  | 25,4             | 1,3             |
|                                  | ≤ 25,4           | 1,4             |

Obs:

CN<sub>1</sub> = Obtém-se a partir da Área da bacia e da sua declividade efetiva

CN<sub>2</sub> = É função da Geomorfologia da Área em estudo

CN<sub>3</sub> = Está relacionada com a Pluviometria obtida pelo cálculo do Tempo de Concentração.

## 5. CÁLCULO DE VAZÃO E DIMENSIONAMENTO

Neste projeto são apresentadas 03 pontes na área urbana encaminhadas em anexo junto com ofício de solicitação do projeto, sendo eles apresentados na tabela abaixo:

**Tabela 10: Locação dos Pontos.**

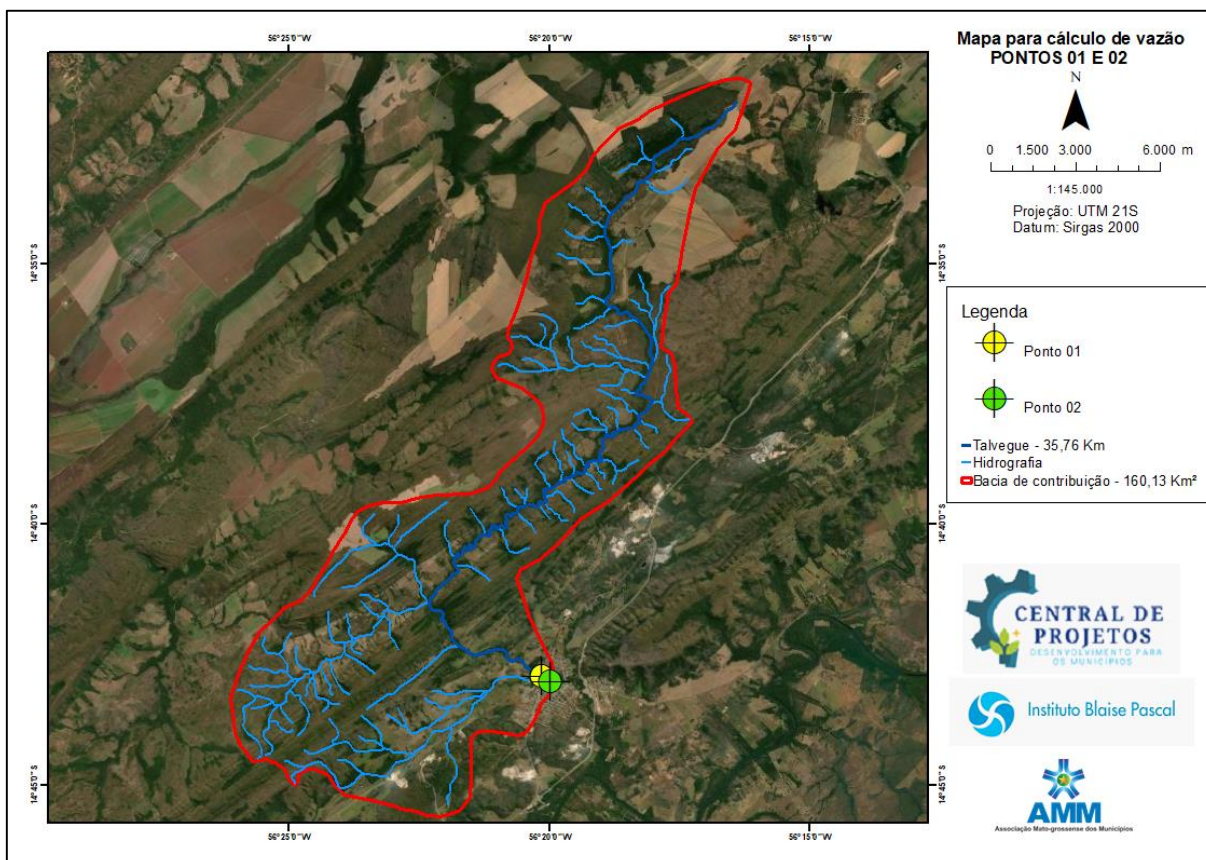
| Ponto | Descrição                  | Coordenadas                    |
|-------|----------------------------|--------------------------------|
| P01   | Ponte Rua Francisco Rondon | 14°43'01,47"S<br>56°19'58,26"W |

**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.

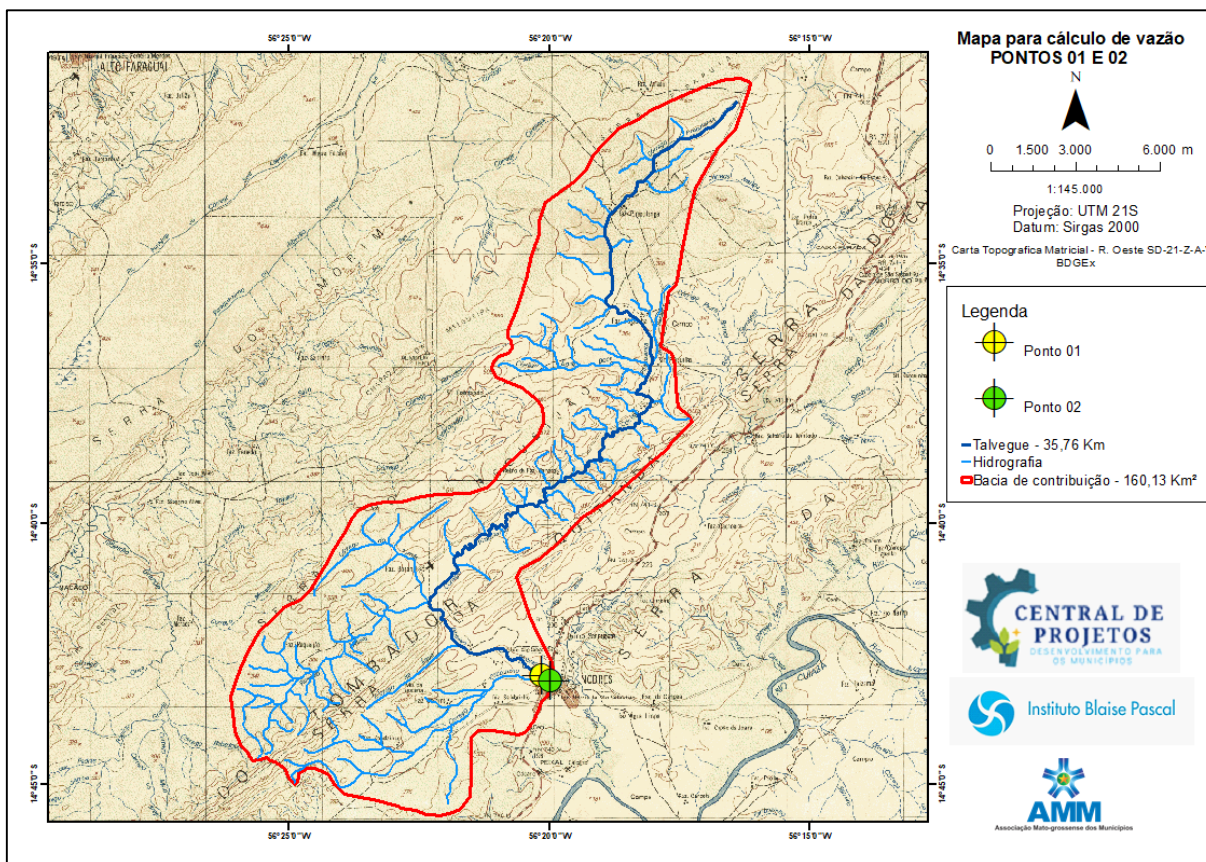


## 5.1. PONTO 01 - PONTE RUA FRANCISCO RONDON

A ponte encontra-se no Rio Ribeirão, que passa dentro da área urbana do município cruzando a Rua Francisco Rondon.



**Figura 2: Localização - Ponto 01.**  
**FONTE:** Acervo Pessoal, 2021.



**Figura 3:** Localização - Ponto 01.

**FONTE:** Banco de Dados Geográficos do Exército, 2021.

### Dados da Bacia:

- Área – 160,13 Km<sup>2</sup>
- Comprimento do talvegue principal – 35,76 Km
- Declividade – 0,87%
- **Vazão TR 100 anos – 208,39 m<sup>3</sup>/s**
- Curso d'água normal a estrada.

Tabela 11 - Memorial de cálculo da Vazão de Projeto.

| PONTE                      | Geometria da Bacia |       |                    |                     |                              |                      |                     |        |                         |            |
|----------------------------|--------------------|-------|--------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|--------|-------------------------|------------|
|                            | TR (anos)          | Zona  | Área da Bacia (ha) | Área da Bacia (Km²) | Comprimento do Talvegue (km) | Cota da Montante (m) | Cota da Jusante (m) | ΔH (m) | Declividade Efetiva (%) | leq (m/km) |
| Ponte Rua Francisco Rondon | 100                | Rural | 16013              | 160,13              | 35,76                        | 513                  | 203                 | 310    | 0,87%                   | 8,669      |

| Hidrologia        |                                 |                       |                |                  | Cálculo da Vazão - Método do Hidrograma Triangular Sintético |       |                   |       |                        |                      |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------|------------------|--|-------|-------------------|-------|------------------------|----------------------|
| Chuva             |                                 | Tempo de Concentração |                |                  | CN2  | CN    | Soil Conservation | qm    | Vazão Calculada (m³/s) | Vazão Adotada (m³/s) |
| Precipitação (mm) | Intensidade de chuva - I (mm/h) | Tempo de Pico - Tp    | Tc (h) Kirpich | Tc (min) Kirpich |  |       |                   |       |                        |                      |
| 171,98            | 26,60                           | 6,42                  | 6,47           | 387,95           | Região Montanhosa  | 48,00 | 10,83             | 34,88 | 181,21                 | 208,39               |

## a) Dimensionamento hidráulico

- Para o início do dimensionamento hidráulico são necessárias as seguintes informações:
- Descarga do projeto, valor obtido pelos estudos hidrológicos, onde se leva o tempo de recorrência e os métodos de cálculo recomendados para o caso;
- Declividade do leito do rio, ou do seu gradiente, determinada entre dois pontos distante de 80m, sendo 40m a montante e outro a 40m a jusante, do eixo da pista, sempre que possível;
- Levantamento de seções normais ao curso do rio no local de sua travessia, ou seja, seções no eixo da rodovia, a montante e a jusante;
- Coeficiente de Manning adotado para o curso d'água.

## b) Método de determinação da cota de máxima cheia e vão da obra.

Para a determinação da cota de máxima cheia, é necessário um estudo da posição da lamina d'água em diferentes alturas contadas a partir da cota do fundo do talvegue na seção do eixo da rodovia. Cada altura do nível d'água, corresponderá a uma “área molhada”, um “perímetro molhado”, um raio hidráulico e uma velocidade, estes valores serão aplicados na equação de Manning, onde será obtido a vazão da água na altura estudada. Este processo de análise, ocorrerá até que em uma determinada altura a vazão calculada pela fórmula de Manning seja igual ou maior que a vazão obtida pelos estudos hidrológicos.

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

Onde:

A - área molhada (m<sup>2</sup>);

R – Raio hidráulico (m/m), obtido pela relação entre área molhada e perímetro molhado;

i – Coeficiente de Manning (obtido pela tabela abaixo)



| Natureza das Paredes  | Condições  |        |           |       |
|---|------------|--------|-----------|-------|
|   | Muito Boas | Boas   | Regulares | Más   |
| Tubos de ferro fundido sem revestimento.....  | 0,012      | 0,013  | 0,014     | 0,015 |
| Idem, com revestimento de alcatrão.....   | 0,011      | 0,012* | 0,013*    | ---   |
| Tubos de ferro galvanizado.....   | 0,014      | 0,015  | 0,015     | 0,017 |
| Tubos de bronze ou de vidro.....  | 0,009      | 0,010  | 0,011     | 0,013 |
| Condutos de barro vitrificado, de esgotos.....  | 0,011      | 0,013* | 0,015     | 0,017 |
| Condutos de barro, de drenagem.....   | 0,011      | 0,012* | 0,014*    | 0,017 |
| Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento; condutos de esgoto, de tijolos.....            | 0,012      | 0,013  | 0,015*    | 0,017 |
| Superfícies de cimento alisado.....   | 0,010      | 0,011  | 0,012     | 0,013 |
| Superfícies de argamassa de cimento.....  | 0,011      | 0,012  | 0,013*    | 0,015 |
| Tubos de concreto.....  | 0,012      | 0,013  | 0,015     | 0,016 |
| Condutos e aduelas de madeira.....  | 0,010      | 0,011  | 0,012     | 0,013 |
| Calhas de prancha de madeira aplainada.....   | 0,010      | 0,012* | 0,013     | 0,014 |
| Idem, não aplainada.....  | 0,011      | 0,013* | 0,014     | 0,015 |
| Idem, com pranchões.....  | 0,012      | 0,015* | 0,016     | ---   |
| Canais com revestimento de concreto.....  | 0,012      | 0,014* | 0,016     | 0,018 |
| Alvenaria de pedra argamassa.....   | 0,017      | 0,020  | 0,025     | 0,030 |
| Alvenaria de pedra seca.....  | 0,025      | 0,033  | 0,033     | 0,035 |
| Alvenaria de pedra aparelhada.....  | 0,013      | 0,014  | 0,015     | 0,017 |
| Calhas metálicas lisas (semicirculares).....  | 0,011      | 0,012  | 0,013     | 0,015 |
| Idem, corrugadas.....   | 0,023      | 0,025  | 0,028     | 0,030 |
| Canais de terra, retílicos e uniformes.....   | 0,017      | 0,020  | 0,023     | 0,025 |
| Canais abertos em rocha, lisos e uniformes.....   | 0,025      | 0,030  | 0,033*    | 0,035 |
| Canais abertos em rocha, irregulares, ou de paredes de pedra irregulares e mal-arrumadas..... | 0,035      | 0,040  | 0,045     | ---   |
| Canais dragados.....  | 0,025      | 0,028  | 0,030     | 0,033 |
| Canais curvilíneos e lamosos.....   | 0,023      | 0,025* | 0,028     | 0,030 |
| Canais com leito pedregoso e vegetação aos taludes.....                                       | 0,025      | 0,030  | 0,035*    | 0,040 |
| Canais com fundo de terra e taludes empedrados.....   | 0,028      | 0,030  | 0,033     | 0,035 |
| <b>ARROIOS E RIOS</b>   |            |        |           |       |
| 1. Limpos, retílicos e uniformes.....   | 0,025      | 0,028  | 0,030     | 0,033 |
| 2. Como em 1, porém com vegetação e pedras.....   | 0,030      | 0,033  | 0,035     | 0,040 |
| 3. Com meandros, bancos e poços pouco profundos, limpos.....                                  | 0,035      | 0,040  | 0,045     | 0,050 |
| 4. Como em 3, águas baixas, declividade fraca.....  | 0,040      | 0,045  | 0,050     | 0,055 |
| 5. Como em 3, com vegetação e pedras.....   | 0,033      | 0,035  | 0,040     | 0,045 |
| 6. Como em 4, com pedras.....   | 0,045      | 0,050  | 0,055     | 0,060 |
| 7. Com margens espraçadas, pouca vegetação.....   | 0,050      | 0,060  | 0,070     | 0,080 |
| 8. Com margens espraçadas, muita vegetação.....   | 0,075      | 0,100  | 0,125     | 0,150 |

\* Valores aconselhados para projetos.

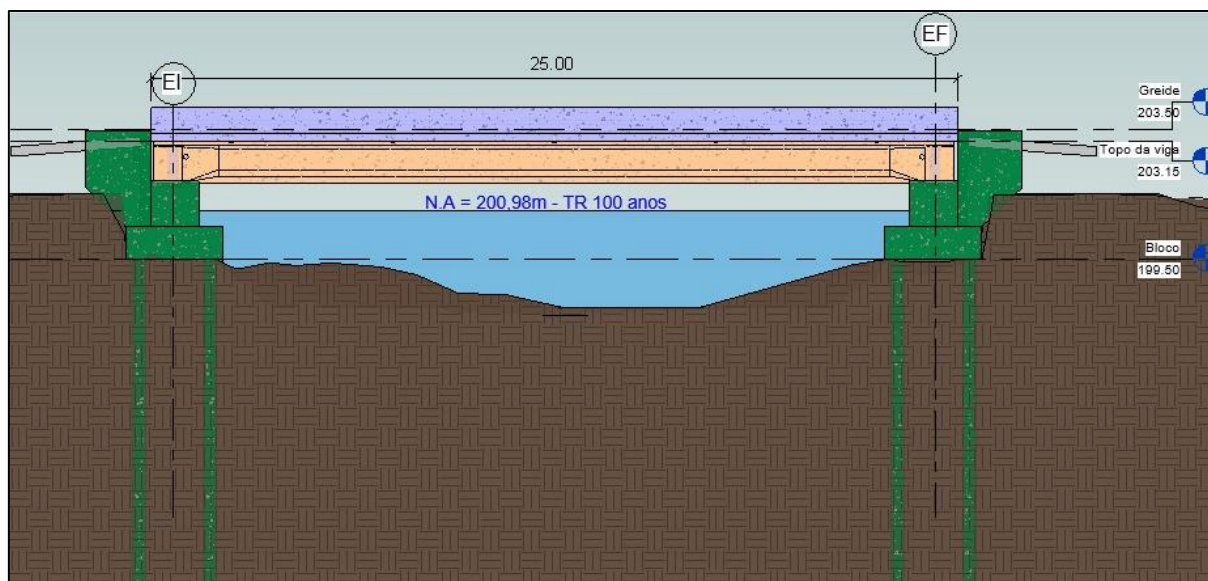
## Resultados obtidos

Os resultados obtidos nos estudos hidrológicos e no dimensionamento hidráulico no local estudado são apresentados a seguir. A Ponte 01, foi assumida com uma extensão de 25 m, e uma altura de nível de água para um tempo de retorno 100 anos de 5,00 m (Figura 04). **N.A. TR 100 anos = 200,71.**

**Tabela 12** - Valores de comprimento e NA - TR 100 anos.

| Yo   | Comprimento (m) | P(Yo) | A(Yo) | Rh       | Rh^(2/3) | A*Rh^(2/3) |
|------|-----------------|-------|-------|----------|----------|------------|
| 0,50 | 17,63           | 17,54 | 5,7   | 0,324971 | 0,472676 | 2,69425295 |
| 1,00 | 18,68           | 19,6  | 14,74 | 0,752041 | 0,826979 | 12,1896647 |
| 1,50 | 19,88           | 21,17 | 24,4  | 1,152574 | 1,099291 | 26,8226987 |
| 2,00 | 21,36           | 23,14 | 34,78 | 1,503025 | 1,312132 | 45,6359462 |
| 2,50 | 23,06           | 25,17 | 45,83 | 1,820818 | 1,491115 | 68,3377934 |
| 3,00 | 24,7            | 27,35 | 57,9  | 2,117002 | 1,648722 | 95,461016  |

|   |          |
|---|----------|
| n | 0,04     |
| i | 0,009    |
| Q | 208,39   |
| C | 89,36701 |



**Figura 4:** Elevação N.A. - TR 100 anos.

## 6. CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou a caracterização de uma bacia hidrográfica, localizada no município de Nobres-MT. Com os dados de chuva, obtidos nas estações pluviométricas, foi calculada a máxima vazão para a região da ponte, para um período de 100 anos de recorrência. Com os resultados obtidos concluiu-se que:

Foi considerado para o cálculo uma ponte de 25,00 m de comprimento, locada no mesmo local da ponte existente, para poder transpor o canal do rio, além de garantir que saia do aterro não venha a obstruir o canal do afluente.

A cota da enchente máxima calculada é de 200,98 m e o greide da ponte acabada é de 203,50 m.

## NOTAS E OBSERVAÇÕES

- Todas as informações necessárias para sanar possíveis dúvidas estão descritas neste memorial e nas pranchas dos projetos;
- Caso haja dúvidas na execução das instalações e as mesmas não forem sanas após a leitura deste memorial, o proprietário poderá entrar em contato com o autor dos projetos;
- Quaisquer alterações nos projetos deverão ter a autorização do autor dos mesmos.

Cuiabá, 15 de outubro de 2.021.

---

**PEDRO CASSIANO ASSUMPÇÃO DE FARIAS**  
*Engenheiro Sanitarista e Ambiental*  
CREA MT 43985