

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024

OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS

LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

Os parâmetros de relevo foram fornecidos pela Carta Topográfica de Canto do Buriti (1356 SB.23-X-B-II). A metodologia de cálculo, tabelas e fórmulas utilizadas estão contidas na Apostila do Curso de Drenagem de Rodovias - Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem, do Professor Engº. Marcos Augusto Jabôr.

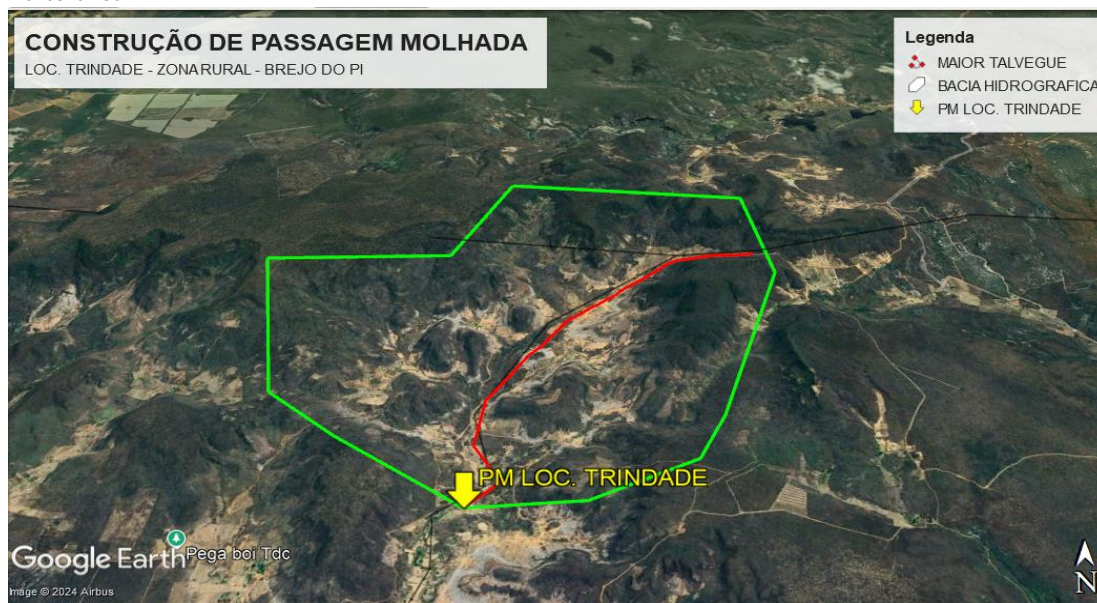
1) Localização da obra

Local: Localidade Trindade - zona rural - Brejo do Piauí

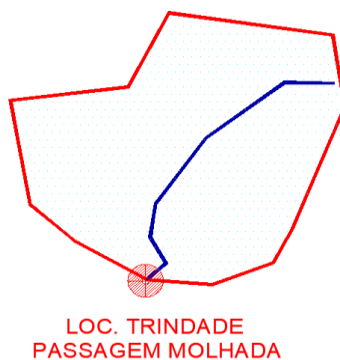
Coordenadas UTM - DATUM WGS 84 - FUSO 23 - MC 45°

E=734025.17

N=9103192.86



2) Bacia de contribuição - dados físicos e geomorfológicos



A bacia de contribuição apresenta os principais parâmetros a seguir:

A = 15,39 km² = 1.539 ha
L = 5,03 km
 ΔH = 165,00 m
i = 3,280%

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024

OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS

LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

3) Tempo de concentração

$$T_c = ((0,294 \cdot L) / \sqrt{i})^{0,77}$$

T_c = tempo de concentração em h

L = maior talvegue em km

i = declividade efetiva do talvegue em %

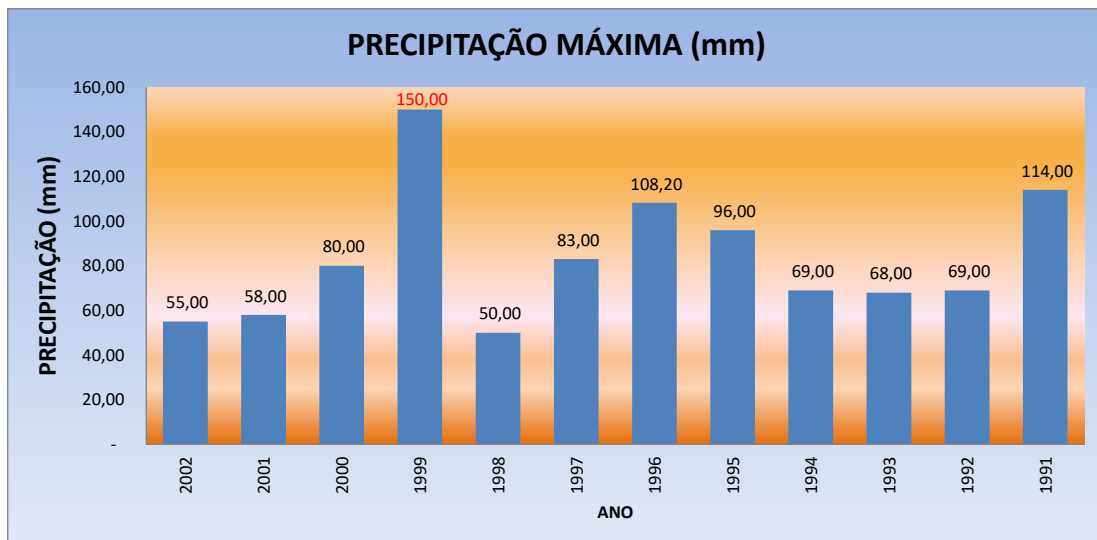
T_c = 0,86 h

4) Precipitação média

O estabelecimento do regime pluviométrico da região em estudo teve por base os dados obtidos pelo Sistema Hidroweb da Agência Nacional das Águas - ANA, na estação pluviométrica no posto de Canto de Buriti 842001. A partir dos dados coletados pelo posto pluviométrico, foi gerado o histograma das precipitações máximas, no período de observação relativo aos anos de 1991 a 2002, elaborado a partir da série histórica do regime pluviométrico apresentado no gráfico abaixo:

Dados Estação

Código	842001
Nome Estação	CANTO DO BURITI
Código Adicional	
Bacia	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE
SubBacia	34 - RIO PARNAÍBA
Rio	
Estado	PIAUÍ
Município	CANTO DO BURITI
Responsável	SUDENE
Operadora	SUDENE
Latitude	-8.1167
Longitude	-42.95
Altitude (m)	280
Área de Drenagem (Km²)	



De acordo com o gráfico acima, a precipitação máxima registrada é igual a:

P = 150,00 mm

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024

OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS

LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

5) Tempo de pico de hidrograma

$$T_p = (V T_c) + 0,6 \times T_c$$

$$T_p = 1,44 \text{ h}$$

6) Número de deflúvio - CN

Número de deflúvio (Curva correspondente ao complexo solo/vegetação)

CN = CN1 x CN2 x CN3 (Tabela de CN, pág. 56 da Apostila Drenagem de Rodovias)

A ≤ 30 km²		30 < A < 60 km²		A ≥ 60 km²	
i (%)	CN1	i (%)	CN1	i (%)	CN1
≤ 0,50	68	0,25	62	0,25	62
1,0	70	0,50	64	0,50	64
1,5	72	0,75	66	0,75	66
2,0	74	1,0	68	1,0	68
3,0	76	1,5	71	1,5	71
4,0	78	2,0	77	2,0	77
5,0	80	3,0	81	3,0	81
6,0	82	4,0	84	4,0	84
7,0	84	5,0	88	5,0	88
8,0	86	≥ 6,0	90	≥ 6,0	90
9,0	88				
≥ 10,0	90				

Onde:

i = declividade efetiva do talvegue em %

A = área da bacia em km²

CN2	
Região montanhosa c/ rocha	= 1,1
Região montanhosa	= 1,0
Região ondulada	= 0,9
Região plana	= 0,8

Precipitação (mm)	CN3
≥ 177,8	0,6
177,8	0,7
152,4	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

CN1 = Obtém-se a partir da Área da bacia e da sua declividade efetiva

CN2 = É função da geomorfologia da área em estudo

CN3 = Esta relacionada com a pluviometria obtida pelo cálculo do Tempo de concentração

CN 1 = 68 A ≤ 30 km²
CN 2 = 0,9 Região ondulada
CN 3 = 0,8 Precipitação < 152,4 mm
CN = 49

7) Cálculo de S

$$S = (1000/CN) - 10$$

$$S = 10,41$$

8) Precipitação efetiva (acumulada)

$$q_m = (P - 5,08 \times S)^2 / (P + 20,32 \times S) \text{ (Equação Soil Conservation Service)}$$

$$q_m = 26,09 \text{ mm}$$

9) Cálculo da Vazão pelo Método do Hidrograma Triangular Sintético (A > 10 km²)

$$Q_p = (K \times A \times q_m) / T_p$$

Qp = vazão de pico da bacia em m³/s

K = constante empírica de 0,20836

A = área da bacia de contribuição em km²

Tp = tempo de pico do hidrograma

$$Q_p = 58,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

10) Dimensionamento - comprimento da passagem molhada

$$L = Q / 1,77 \times (H^{3/2})$$

$$H = 1,40 \text{ m}$$

$$L = 19,82 \text{ m}$$

$$L = 30,00 \text{ m (adotado de acordo com as características do local: largura do riacho e cota de cheia máxima)}$$


Runyvan Paulo Moreira
Engenheiro Civil
RN: 1918795304 / CREA-PI

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

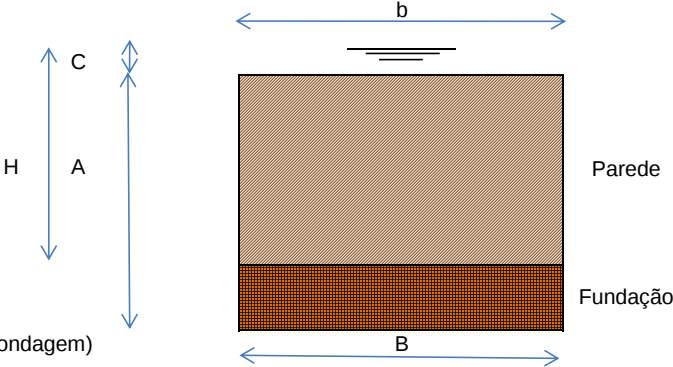
CONVÊNIO Nº 966434/2024
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS
LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM MOLHADA
LOC. TRINDADE

SEÇÃO TRANSVERSAL MÁXIMA
DADOS TÉCNICOS E DIMENSIONAMENTO

A = 2,40 m
B = 4,00 m
b = 4,00 m
b1 = 0,00 m
b2 = 0,00 m
C = 0,00 m
H = 1,40 m
 $\gamma_{\text{Água}} = 1,00 \text{ t/m}^3$
 $\gamma_{\text{maciço}} = 2,30 \text{ t/m}^3$
 $\sigma_{\text{ADM}} = 1,20 \text{ kgf/cm}^2$

(Valor obtido pela sondagem)



1.0 EMPUXO (E_A)

1.1 Empuxo Horizontal

$$E_{AH} = \gamma_{\text{Água}} \cdot A \cdot (H+C)/2$$

$$E_{AH} = 1,680 \text{ t/m}$$

1.2 Empuxo Vertical

$$E_{AV} = \gamma_{\text{Água}} \cdot b1 \cdot (H+C)/2$$

$$E_{AV} = 0,000 \text{ t/m}$$

2.0 CENTRO DE APLICAÇÃO DO EMPUXO (H')

2.1 Empuxo Horizontal

$$H' = 1/3 \cdot (A^2 + 3AC) / (A + 2C)$$

$$H' = 0,800 \text{ m}$$

2.2 Empuxo Vertical

$$X' = B - 1/3 \cdot b1 \cdot (A + 3C) / (A + 2C)$$

$$X' = 4,00 \text{ m}$$

3.0 MOMENTO DE TOMBAMENTO (M_T)

$$M_T = E_{AH} \cdot H'$$

$$M_T = 1,344 \text{ t.m/m}$$

4.0 PESO DO MACIÇO (W)

$$\text{ÁREA} = 9,60 \text{ m}^2$$

$$W = \text{ÁREA} \cdot \gamma_{\text{Maciço}}$$

$$W = 22,080 \text{ t/m}$$

5.0 MOMENTO ESTÁTICO (M_E)

5.1 Peso do Maciço

$$M_{EW} = W \cdot x_g$$

$$x_g = 2 \text{ m}$$

$$M_{EW} = 44,16 \text{ t.m/m}$$

5.2 Empuxo Vertical

$$M_{EEA} = E_{AV} \cdot X'$$

$$M_{EEA} = 0,00 \text{ t.m/m}$$

5.2 Total

$$M_{ET} = M_{EW} + M_{EEA}$$

$$M_{ET} = 44,16 \text{ t.m/m}$$

6.0 FATOR DE SEGURANÇA QUANTO AO TOMBAMENTO (F.S.)

$$F.S. = M_{ET} / M_T$$

$$F.S. = 32,857 > 1,5 \text{ (OK!)}$$

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966434/2024
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS
LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM MOLHADA
LOC. TRINDADE

7.0 EXCENTRICIDADE (e)

$$\Delta M = M_{ET} - M_T$$
$$\Delta M = 42,82 \text{ t.m/m}$$

$$e' = \Delta M / (W + E_{AV})$$
$$e' = 1,939 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - e'$$
$$e = 0,061 \text{ m}$$

8.0 TENSÕES MÁXIMA E MÍNIMA NAS BORDAS

$$\sigma_{MÁX} = W * (1 + 6e/B) / B$$
$$\sigma_{MÁX} = 6,025 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_{MÁX} = 0,603 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{MÍN} = W * (1 - 6e/B) / B$$
$$\sigma_{MÍN} = 5,015 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_{MÍN} = 0,502 \text{ kgf/cm}^2$$

A tensão admissível do solo é superior à tensão máxima, e a tensão mínima é maior que zero (OK!)

9.0 ESTABILIDADE QUANTO AO ESCORREGAMENTO

$$\sum R_h / \sum R_v < \phi_{ADM} \quad F_s: \text{Força de subpressão}$$
$$\sum R_h = E_{AH} \quad m: \text{Coeficiente de subpressão}$$
$$\sum R_v = W + E_{AV} - F_s \quad \phi_{ADM}: \text{Coeficiente de escorregamento admissível}$$
$$F_s = \gamma_{\text{água}} * m * H * B / 2$$
$$\sum R_h = 1,680 \text{ t/m} \quad m = 1,00 \text{ (sem esforços longitudinais)}$$
$$W = 22,080 \text{ t/m} \quad \phi_{ADM} = 0,57 \text{ (concreto ciclópico - terra)}$$
$$E_{AV} = 0,000 \text{ t/m}$$
$$F_s = 2,8 \text{ t/m}$$
$$\sum R_h / \sum R_v = 0,09 < 0,57$$

A parede é estável quanto ao escorregamento, pois o coeficiente calculado é maior que o admissível (OK!)

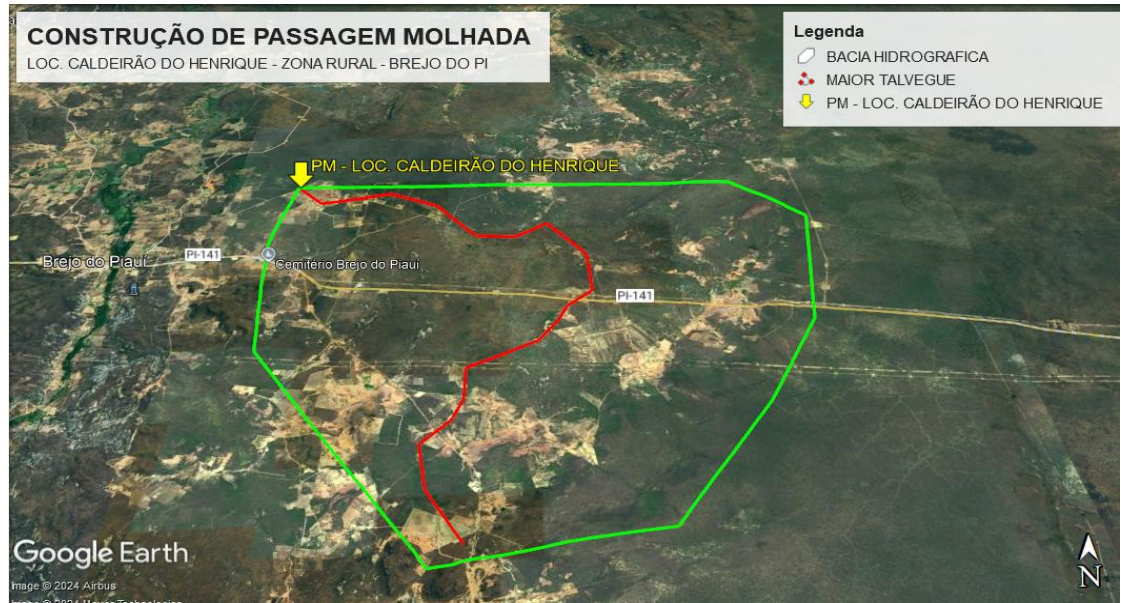
ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS
LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

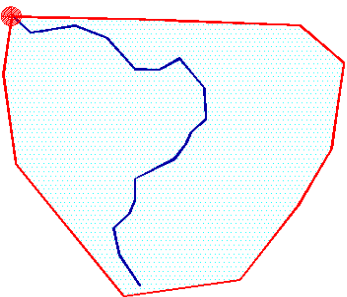
Os parâmetros de relevo foram fornecidos pela Carta Topográfica de Canto do Buriti (1356 SB.23-X-B-II). A metodologia de cálculo, tabelas e fórmulas utilizadas estão contidas na Apostila do Curso de Drenagem de Rodovias - Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem, do Professor Engº. Marcos Augusto Jabôr.

1) Localização da obra
Local: Localidade Caldeirão do Henrique - zona rural - Brejo do Piauí
Coordenadas UTM - DATUM WGS 84 - FUSO 23 - MC 45°
E=741614.21
N=9094139.25



2) Bacia de contribuição - dados físicos e geomorfológicos

LOC. CALDEIRÃO DO HENRIQUE
PASSAGEM MOLHADA



A bacia de contribuição apresenta os principais parâmetros a seguir:

A = 56,29 km² = 5.629 ha
L = 13,36 km
 ΔH = 120,00 m
i = 0,898%

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024

OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS

LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

3) Tempo de concentração

$$T_c = ((0,294 \cdot L) / \sqrt{i})^{0,77}$$

T_c = tempo de concentração em h

L = maior talvegue em km

i = declividade efetiva do talvegue em %

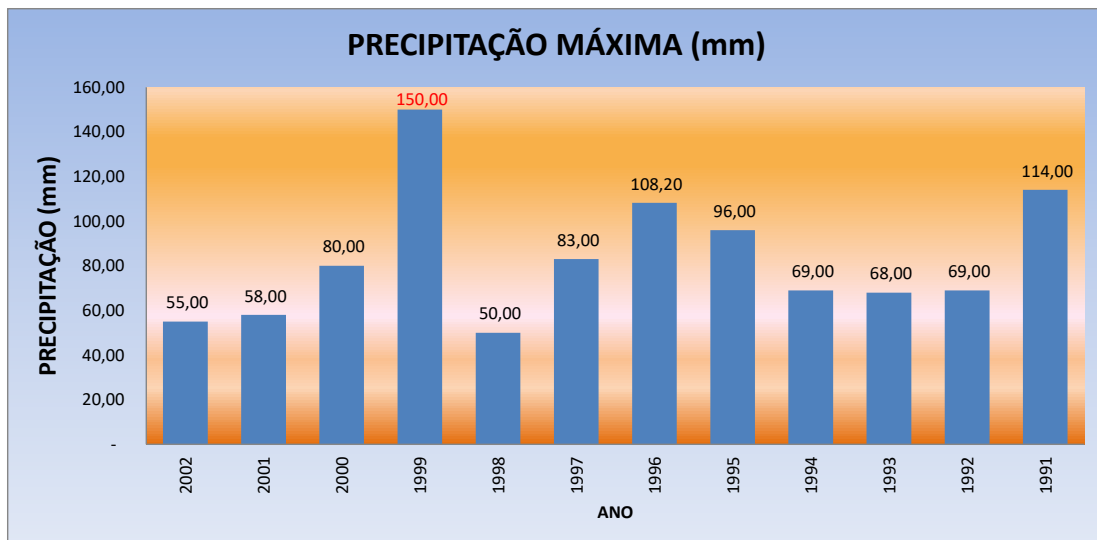
$$T_c = 2,99 \text{ h}$$

4) Precipitação média

O estabelecimento do regime pluviométrico da região em estudo teve por base os dados obtidos pelo Sistema Hidroweb da Agência Nacional das Águas - ANA, na estação pluviométrica no posto de Canto de Buriti 842001. A partir dos dados coletados pelo posto pluviométrico, foi gerado o histograma das precipitações máximas, no período de observação relativo aos anos de 1991 a 2002, elaborado a partir da série histórica do regime pluviométrico apresentado no gráfico abaixo:

Dados Estação

Código	842001
Nome Estação	CANTO DO BURITI
Código Adicional	
Bacia	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE
SubBacia	34 - RIO PARNAÍBA
Rio	
Estado	PIAUÍ
Município	CANTO DO BURITI
Responsável	SUDENE
Operadora	SUDENE
Latitude	-8.1167
Longitude	-42.95
Altitude (m)	280
Área de Drenagem (Km²)	



De acordo com o gráfico acima, a precipitação máxima registrada é igual a:

P = 150,00 mm

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966448/2024

OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS

LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

ESTUDO HIDROLÓGICO
CONSTRUÇÃO DE PASSAGEM MOLHADA

5) Tempo de pico de hidrograma

$$T_p = (T_c) + 0,6 \times T_c$$

$$T_p = 3,52 \text{ h}$$

6) Número de deflúvio - CN

Número de deflúvio (Curva correspondente ao complexo solo/vegetação)

CN = CN1 x CN2 x CN3 (Tabela de CN, pág. 56 da Apostila Drenagem de Rodovias)

A ≤ 30 km²		30 < A < 60 km²		A ≥ 60 km²	
i (%)	CN1	i (%)	CN1	i (%)	CN1
≤ 0,50	68	0,25	62	0,25	62
1,0	70	0,50	64	0,50	64
1,5	72	0,75	66	0,75	66
2,0	74	1,0	68	1,0	68
3,0	76	1,5	71	1,5	71
4,0	78	2,0	77	2,0	77
5,0	80	3,0	81	3,0	81
6,0	82	4,0	84	4,0	84
7,0	84	5,0	88	5,0	88
8,0	86	≥ 6,0	90	≥ 6,0	90
9,0	88				
≥ 10,0	90				

Onde:

i = declividade efetiva do talvegue em %

A = área da bacia em km²

CN2	
Região montanhosa c/ rocha	= 1,1
Região montanhosa	= 1,0
Região ondulada	= 0,9
Região plana	= 0,8

Precipitação (mm)	CN3
≥ 177,8	0,6
177,8	0,7
152,4	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

CN1 = Obtém-se a partir da Área da bacia e da sua declividade efetiva

CN2 = É função da geomorfologia da área em estudo

CN3 = Esta relacionada com a pluviometria obtida pelo cálculo do Tempo de concentração

CN 1 = 64 30 < A < 60 km²
CN 2 = 0,9 Região ondulada
CN 3 = 0,8 Precipitação < 152,4 mm
CN = 46

7) Cálculo de S

$$S = (1000/CN) - 10$$

$$S = 11,74$$

8) Precipitação efetiva (acumulada)

$$q_m = (P - 5,08 \times S)^2 / (P + 20,32 \times S) \text{ (Equação Soil Conservation Service)}$$

$$q_m = 21,01 \text{ mm}$$

9) Cálculo da Vazão pelo Método do Hidrograma Triangular Sintético (A > 10 km²)

$$Q_p = (K \times A \times q_m) / T_p$$

Qp = vazão de pico da bacia em m³/s

K = constante empírica de 0,20836

A = área da bacia de contribuição em km²

Tp = tempo de pico do hidrograma

$$Q_p = 70,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

10) Dimensionamento - comprimento da passagem molhada

$$L = Q / 1,77 \times (H^{3/2})$$

$$H = 1,50 \text{ m}$$

$$L = 21,53 \text{ m}$$

$$L = 60,00 \text{ m (adotado de acordo com as características do local: largura do riacho e cota de cheia máxima)}$$


Runyvan Paulo Moreira
Engenheiro Civil
RN: 1918795304 / CREA-PI

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

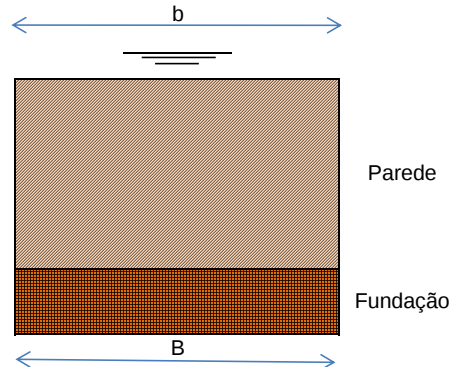
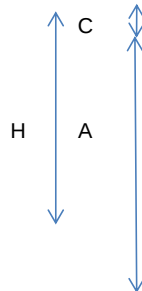
CONVÊNIO Nº 966434/2024
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS
LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM MOLHADA
LOC. CALDEIRÃO DO HENRIQUE

SEÇÃO TRANSVERSAL MÁXIMA
DADOS TÉCNICOS E DIMENSIONAMENTO

A = 2,50 m
B = 4,00 m
b = 4,00 m
b1 = 0,00 m
b2 = 0,00 m
C = 0,00 m
H = 1,50 m
 $\gamma_{\text{Água}} = 1,00 \text{ t/m}^3$
 $\gamma_{\text{maciço}} = 2,30 \text{ t/m}^3$
 $\sigma_{\text{ADM}} = 1,20 \text{ kgf/cm}^2$

(Valor obtido pela sondagem)



1.0 EMPUXO (E_A)

1.1 Empuxo Horizontal

$$E_{AH} = \gamma_{\text{Água}} \cdot A \cdot (H+C)/2$$

$$E_{AH} = 1,875 \text{ t/m}$$

1.2 Empuxo Vertical

$$E_{AV} = \gamma_{\text{Água}} \cdot b1 \cdot (H+C)/2$$

$$E_{AV} = 0,000 \text{ t/m}$$

2.0 CENTRO DE APLICAÇÃO DO EMPUXO (H')

2.1 Empuxo Horizontal

$$H' = 1/3 \cdot (A^2 + 3AC) / (A + 2C)$$

$$H' = 0,833 \text{ m}$$

2.2 Empuxo Vertical

$$X' = B - 1/3 \cdot b1 \cdot (A + 3C) / (A + 2C)$$

$$X' = 4,00 \text{ m}$$

3.0 MOMENTO DE TOMBAMENTO (M_T)

$$M_T = E_{AH} \cdot H'$$

$$M_T = 1,562 \text{ t.m/m}$$

4.0 PESO DO MACIÇO (W)

$$\text{ÁREA} = 10,00 \text{ m}^2$$

$$W = \text{ÁREA} \cdot \gamma_{\text{Maciço}}$$

$$W = 23,000 \text{ t/m}$$

5.0 MOMENTO ESTÁTICO (M_E)

5.1 Peso do Maciço

$$M_{EW} = W \cdot x_g$$

$$x_g = 2 \text{ m}$$

$$M_{EW} = 46 \text{ t.m/m}$$

5.2 Empuxo Vertical

$$M_{EEA} = E_{AV} \cdot X'$$

$$M_{EEA} = 0,00 \text{ t.m/m}$$

5.2 Total

$$M_{ET} = M_{EW} + M_{EEA}$$

$$M_{ET} = 46,00 \text{ t.m/m}$$

6.0 FATOR DE SEGURANÇA QUANTO AO TOMBAMENTO (F.S.)

$$F.S. = M_{ET} / M_T$$

$$F.S. = 29,449 > 1,5 \text{ (OK!)}$$

ESTADO DO PIAUÍ
PREFEITURA MUNICIPAL DE BREJO DO PIAUÍ

CONVÊNIO Nº 966434/2024
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS
LOCAL DA OBRA: ZONA RURAL - BREJO DO PI

DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM MOLHADA
LOC. CALDEIRÃO DO HENRIQUE

7.0 EXCENRICIDADE (e)

$$\Delta M = M_{ET} - M_T$$
$$\Delta M = 44,44 \text{ t.m/m}$$

$$e' = \Delta M / (W + E_{AV})$$
$$e' = 1,932 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - e'$$
$$e = 0,068 \text{ m}$$

8.0 TENSÕES MÁXIMA E MÍNIMA NAS BORDAS

$$\sigma_{MÁX} = W * (1 + 6e/B) / B$$
$$\sigma_{MÁX} = 6,337 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_{MÁX} = 0,634 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{MÍN} = W * (1 - 6e/B) / B$$
$$\sigma_{MÍN} = 5,164 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_{MÍN} = 0,516 \text{ kgf/cm}^2$$

A tensão admissível do solo é superior à tensão máxima, e a tensão mínima é maior que zero (OK!)

9.0 ESTABILIDADE QUANTO AO ESCORREGAMENTO

$$\sum R_h / \sum R_v < \phi_{ADM} \quad F_s: \text{Força de subpressão}$$
$$\sum R_h = E_{AH} \quad m: \text{Coeficiente de subpressão}$$
$$\sum R_v = W + E_{AV} - F_s \quad \phi_{ADM}: \text{Coeficiente de escorregamento admissível}$$
$$F_s = \gamma_{\text{água}} * m * H * B / 2$$
$$\sum R_h = 1,875 \text{ t/m} \quad m = 1,00 \text{ (sem esforços longitudinais)}$$
$$W = 23,000 \text{ t/m} \quad \phi_{ADM} = 0,57 \text{ (concreto ciclópico - terra)}$$
$$E_{AV} = 0,000 \text{ t/m}$$
$$F_s = 3 \text{ t/m}$$
$$\sum R_h / \sum R_v = 0,09 < 0,57$$

A parede é estável quanto ao escorregamento, pois o coeficiente calculado é maior que o admissível (OK!)