



ANEXO I – MEMORIAIS DESCRITIVOS E PEÇAS GRÁFICAS



CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE TAUÁ

RUA CEL LOURENÇO FEITOSA, 211A, CENTRO, TAUÁ-CE



**CONSTRUÇÃO DE PASSAGENS MOLHADAS NÃO BARRÁVEIS EM
DIVERSAS LOCALIDADES NO MUNICÍPIO DE TAUÁ/CE**

PT 1073779-50

**VOLUME I
RELATÓRIO TÉCNICO**



PROJETO: GEOPAC ENGENHARIA E CONSULTORIA
AV. PADRE ANTÔNIO TOMÁS, 2420, SALAS 301/302, FORTALEZA-CE

ÍNDICE

- 1.0 APRESENTAÇÃO**
- 2.0 EQUIPE TÉCNICA**
- 3.0 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**
- 4.0 LOCALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS**
- 5.0 JUSTIFICATIVA PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**
- 6.0 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**
- 7.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS**
- 8.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS**
 - 8.1 Descarga Máxima Secular
 - 8.2 Determinação da Bacia Hidrográfica e Linha de Fundo
- 9.0 VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DA PASSAGEM MOLHADA**
- 10.0 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DA PASSAGEM MOLHADA**
- 11.0 CONCEPÇÃO DAS PASSAGENS MOLHADAS**
- 12.0 PROJETOS DESENVOLVIDOS**
 - 12.1 PASSAGEM MOLHADA DE ARRAIAL**
 - 12.1.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.1.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.1.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.1.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.1.5 Estudos geotécnicos
 - 12.1.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
 - 12.2 PASSAGEM MOLHADA DE CACIMBA DO FOGO**
 - 12.2.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.2.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.2.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.2.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.2.5 Estudos geotécnicos
 - 12.2.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
 - 12.3 PASSAGEM MOLHADA DE CATINGUEIRA**
 - 12.3.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.3.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.3.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.3.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.3.5 Estudos geotécnicos
 - 12.3.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
 - 12.4 PASSAGEM MOLHADA DE RIACHO DA ROÇA**
 - 12.4.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.4.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.4.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.4.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.4.5 Estudos geotécnicos
 - 12.4.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
 - 12.5 PASSAGEM MOLHADA DE SERROTE**
 - 12.5.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.5.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.5.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.5.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.5.5 Estudos geotécnicos
 - 12.5.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
 - 12.6 PASSAGEM MOLHADA DE VOLTA**
 - 12.6.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada
 - 12.6.2 Mapa de Situação da Passagem
 - 12.6.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
 - 12.6.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada
 - 12.6.5 Estudos geotécnicos
 - 12.6.6 Relatório fotográfico da área de intervenção
- 13.0 PREMISSAS PARA ELABORAÇÃO DOS ORÇAMENTOS**
 - 13.1 Orçamento Básico

13.2 Fonte de Preços e Tabelas utilizadas

13.3 Administração Local

13.5 Cronograma Físico Financeiro

13.6 Memória de Cálculo dos Quantitativos

13.7 Curva ABC

13.8 Composição do BDI

13.9 Encargos Sociais

13.10 Composições de Preços Unitários

14.0 CONDIÇÕES GERAIS PARA EXECUÇÃO DA OBRA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

15.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA OBRA

16.0 RELAÇÃO DE DESENHOS

ANEXO I - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ANEXO II - PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS



1.0 APRESENTAÇÃO

O presente Volume I (Relatório) tem por finalidade expor de maneira detalhada as normas, materiais, e acabamentos que definir os serviços da **CONSTRUÇÃO DE DIVERSAS PASSAGENS MOLHADAS NO MUNICÍPIO DE TAUÁ/CE** e foi orientado visando atender as exigências legais e técnicas desta Prefeitura Municipal bem como da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

A obra deverá ser executada observando-se as normas técnicas da ABNT vigentes, à Lei 8.666/93 e ao edital e seus anexos, compostos pelos projetos, especificações, planilha orçamentária e cronograma físico-financeiro.

O Relatório contém os seguintes capítulos:

- **Memorial Descritivo:**
 - Apresenta a estrutura do Relatório, o Resumo do Projeto e a Equipe que participou da Elaboração do Projeto, localiza e situa descreve os Estudos e Projetos desenvolvidos, Especificações Técnicas
- **Orçamentação:**
 - Descreve as definições e apresenta o Orçamento, Cronograma Físico-Financeiro, Memorial de Cálculo dos Quantitativos, Curva ABC, Fonte de Preços, Composições de Preço Unitário, Cotações de Preço, Composição do BDI, Composição dos Encargos Sociais.

2.0 EQUIPE TÉCNICA

Empresa: Geopac Engenharia e Consultoria Ltda. - EPP

Endereço e Contato: Avenida Padre Antônio Tomás, 2420, sala 301/ 302, Aldeota, Fortaleza - CE. Fone: 85 3241 3147 | e-mail: geopac@geopac.com.br

Engenheiro Responsável: Eng. Civil Leonardo Silveira Lima

Desenhistas:

3.0 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

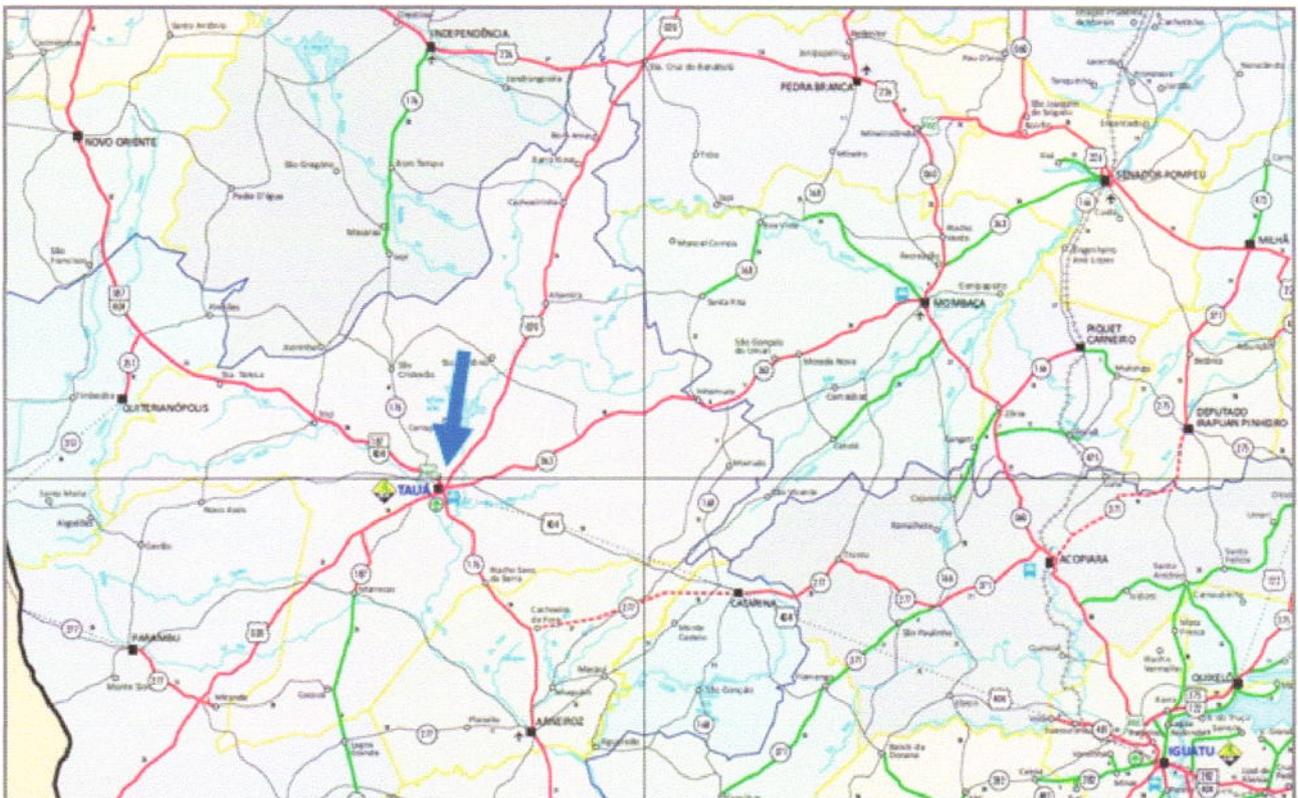
O Município está localizada conforme mapas abaixo:



Localização do Município



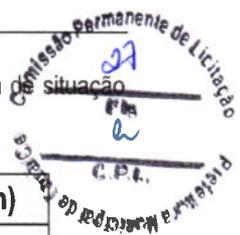
Situação do Município



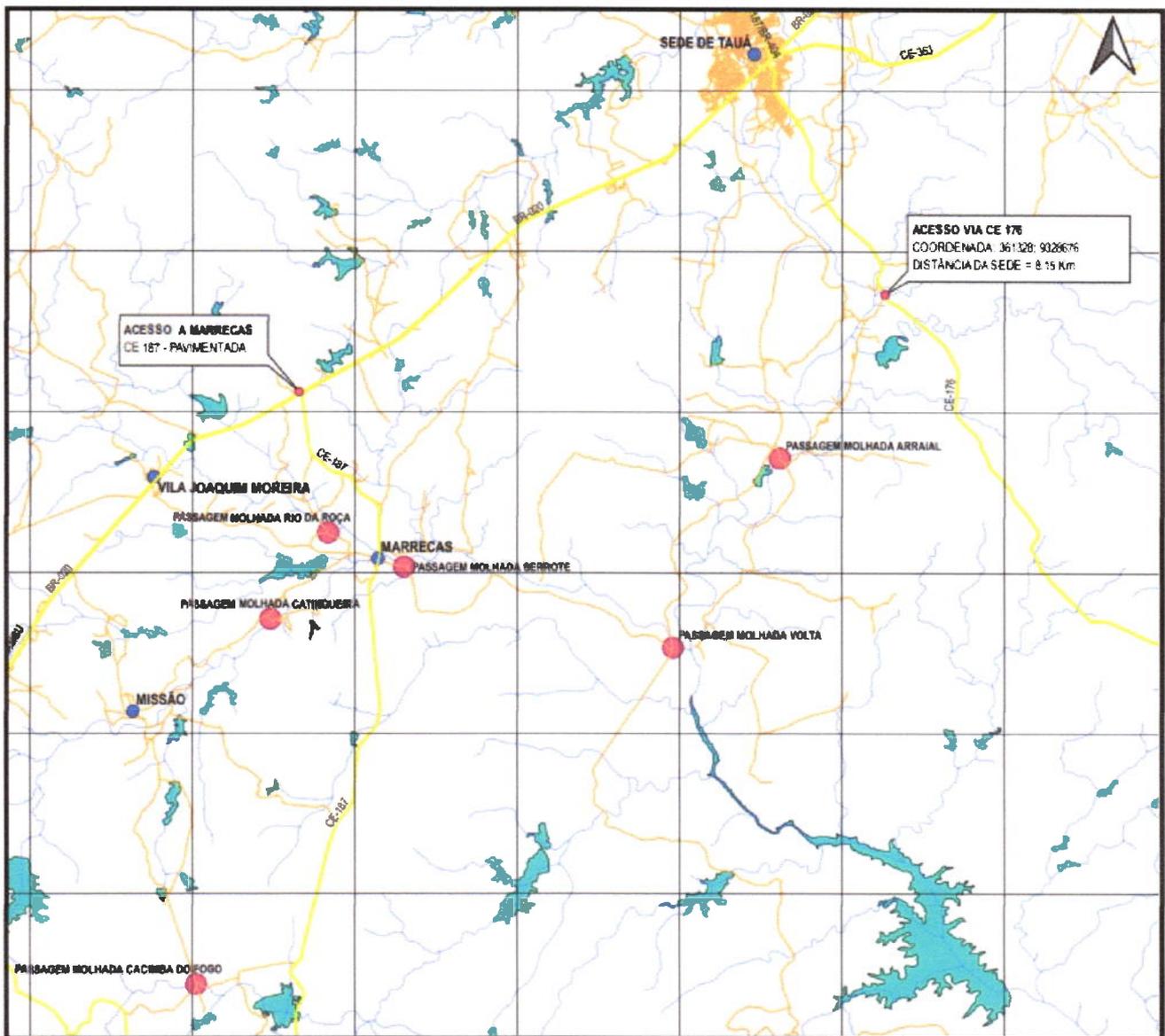
Acesso ao Município

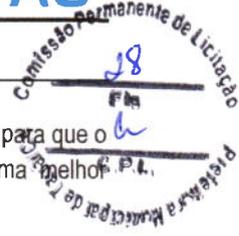
4.0 LOCALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS

Serão contempladas neste projeto as Passagens Molhadas localizadas nas seguintes coordenadas, conforme mapa de situação que segue:



| Descrição | Coordenadas | Extensão (m) |
|--|------------------------|--------------|
| Passagem Molhada não Barrável de Arraial | N:9323625; E:358136 | 126,00 |
| Passagem Molhada não Barrável de Cacimba do Fogo | N:9307143; E:340162 | 70,00 |
| Passagem Molhada não Barrável de Catingueira | N:9318605; E:342409 | 109,00 |
| Passagem Molhada não Barrável de Riacho da Roça | N:9321274; E:344314 | 112,00 |
| Passagem Molhada não Barrável de Serrote | N:9320230; E:346537 | 50,00 |
| Passagem Molhada não Barrável de Volta | N:9317807; E:354784 | 132,80 |





5.0 JUSTIFICATIVA PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

A Construção de diversas Passagens Molhadas não Barráveis é de alta necessidade para as localidades beneficiadas para que o dano provocado pelas chuvas combinadas com o tráfego local seja amenizado e as comunidades consigam uma melhor trafegabilidade em maiores períodos durante o ano.

Optou-se por esta solução, devido aos grandes transtornos causados pelas más condições da via, dificultando o acesso aos veículos que necessitam trafegar naquela região. Condições desconfortáveis como, lamaçais causados nos períodos chuvosos assim como outras situações difíceis de locomoção de meios de transportes levaram a se propor este tipo de projeto.

A construção de passagens molhadas se fazem necessárias, pois atualmente não é possível a passagem de veículos nos períodos chuvosos, pois a lâmina de água atinge valores superiores ao máximo possível para um trânsito seguro, ficando a população sujeita a um grande desvio para chegar à sede do município e a outras localidades, ainda assim após o período chuvoso o trecho fica intransitável. Com esta obra, a Prefeitura Municipal poderá oferecer mais segurança e conforto à população, permitindo seu deslocamento durante um maior período durante as grandes cheias.

Tratam-se de obras de vital importância para os moradores das comunidades rurais beneficiadas e adjacências, haja vista que no período invernos o tráfego de veículos fica interdito devido às cheias, trazendo inúmeros prejuízos à população que necessita se deslocar até o centro urbano para terem acesso às escolas, assistência médica, hospitalar, comércio, escoamento de produção dentre outras necessidades.

6.0 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos foram realizados pela equipe da prefeitura Municipal e encaminhados em meio magnético para a Geopac Engenharia.

7.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos Geotécnicos foram elaborados pela empresa Geólogo Marcos Cidrão e encontram-se nos anexos deste projeto.

8.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

8.1 Descarga Máxima Secular

A vazão máxima Secular para dimensionamento das Passagens Molhadas foi determinada com base no Método empírico do Engenheiro Aguiar. A fórmula abaixo foi empregada, pelo DNOCS, em mais de 1.000 barragens no semiárido do nordeste brasileiro.

$$Q_{95} = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

Q = descarga (m³/s)

A = Área da Bacia Hidrográfica (km²)

L = Linha de Fundo (km)

C = Fator de Variação da Velocidade de Escoamento

K = Fator de Rendimento superficial

Para a determinação dos valores de K e C, o Eng. Aguiar classificou em 8 tipos de bacia hidrográficas, atribuindo a cada, um coeficiente U de correção de rendimento superficial. Além deste coeficiente, Aguiar analisou as bacias segundo sua rede hidrométrica, adotando um fator K, função da ordem dos rios que existem na mesma bacia e fator C que chamou de fator de variação da velocidade média do escoamento superficial.

A tabela abaixo apresenta os vários tipos de bacia com os coeficientes de U, K e C.

| Tabela de Ryves | | | | |
|--|----------|-----------|-------|------|
| Coeficientes Hidrométricos: U, K, C | | | | |
| Característica da Bacia | Tipo (n) | U | K | C |
| Pequena, íngreme e rochosa | 1 | 1,3 a 1,4 | 0,123 | 0,85 |
| Acidentada sem depressões evaporativas | 2 | 1,20 | 0,156 | 0,95 |

| | | | | |
|---|---|------|-------|------|
| Média | 3 | 1,00 | 0,204 | 1,00 |
| Ligeiramente acidentada | 4 | 0,80 | 0,278 | 1,05 |
| Ligeiramente acidentada com depressões evaporativas | 5 | 0,70 | 0,400 | 1,15 |
| Quase plana, terreno argiloso | 6 | 0,65 | 0,625 | 1,30 |
| Quase Plana, terreno variável ou ordinário | 7 | 0,60 | 1,111 | 1,45 |
| Quase Plana, terreno arenoso | 8 | 0,5 | 2,500 | 1,60 |



8.2 Determinação da Bacia Hidrográfica e Linha de Fundo

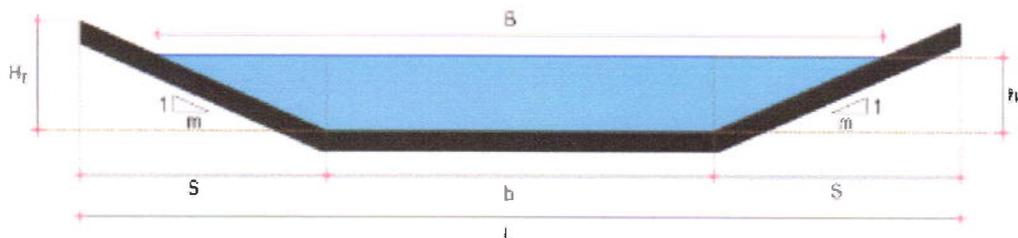
A área da bacia hidráulica, bem como sua linha de fundo foram determinados através das cartas topográficas da SUDENE com auxílio do aplicativo Qgis e Google Earth.

9.0 VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DA PASSAGEM MOLHADA

A capacidade hidráulica de cada passagem molhada foi realizada através do somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q_1) e a vazão que passa sobre a passagem (Q_2).

Foi concebida com uma altura mínima para que se possibilite a instalação do maior número de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, de forma que a estrutura seja NÃO BARRÁVEL em todas as épocas do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível (Q_1) será a vazão máxima que passa por todos os tubos abaixo da passagem.

A vazão que passa sobre cada Passagem Molhada (Q_2) foi determinada pelo dimensionamento como Canal Trapezoidal uma vez que a passagem foi concebida em toda extensão da calha do Rio ou Riacho (b) sendo considerado também o volume que passa pelas obreiras do riacho (Saías da passagem).



Cada passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura (h_1) durante o período mais crítico da Cheia de Projeto, de forma que a vazão vazão admissível que passa sobre a passagem (Q_2) acrescida da vazão que passa pela tubulação (Q_1) seja maior do que a vazão secular calculada pelo Método de Aguiar (Q_s), onde trabalhará em regime afogado.

Ressaltamos que não acontecerá estrangulamento da calha dos riachos onde serão construídas as passagens molhadas e que as mesmas foram projetadas mantendo a menor altura passível da implementação de tubulação para garantia de não barramento e vazão adequada para cada exutório.

Portanto, as passagens, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, não atenderão a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne a pelo menos 0,60m, neste período a ficará interdita de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.

10.0 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DA PASSAGEM MOLHADA

Foram realizados estudos de Estabilidade com relação ao Tombamento, Escorregamento e a Largura Mínima para que não ocorram esforços de tração sobre a alvenaria, sempre levando em consideração a altura máxima e a largura da passagem projetada.

11.0 CONCEPÇÃO DAS PASSAGENS MOLHADAS

11.1 Geometria

As passagens molhadas terão comprimentos variáveis tanto das suas saias de acesso (com declividade) quanto do seu corpo horizontal. O desnível entre a acesso da saia e a chegada no corpo da passagem foi calculado de acordo com a declividade do terreno, limitando-se ao máximo 10%. (1:10). O comprimento da Saia da Passagem também serão variáveis pois foram incluídas na verificação da capacidade hidráulica da passagem como canal.

11.2 Corpo das Passagens

A superestrutura do corpo das passagens será composta por Lajão em alvenaria de pedra argamassada com espessura de 30,0 cm acrescida de pavimento em de concreto armado (25 Mpa) com espessura de 15,0 cm e armada com tela em aço. O piso em concreto deverá ser concretado em placas em até 15m de extensão, devendo ser cortado e colocado juntas de contração devidamente seladas. Deverá ser colocada a tela de aço e barras de transferência entre as placas. Como as passagens não foram projetadas para barrar as águas do Rio ou Riacho, terão baterias de tubos em concreto armado para garantir a passagem de água em todas as épocas do ano. Os tubos serão assentados sobre berço em alvenaria de pedra argamassada. Os vazios entre os tubos em concreto serão preenchidos com aterro compactado. Os Montantes ou alvenarias de elevação serão em pedra argamassada poderão ser escalonados de acordo com a altura da passagem.

11.3 Saias de Acesso das Passagens

A superestrutura das saias das passagens será composta por Lajão em alvenaria de pedra argamassada com espessura de 30,0 cm acrescida de pavimento em de concreto armado (25 Mpa) com espessura de 15,0 cm e armada com tela em aço. Em passagens molhadas maiores parte da extensão das saias, em locais passíveis de remanso, ou seja, água com pouca velocidade e dispersa, será executada com calçamento em pedra tosca com rejuntamento em argamassa confinada com montantes em alvenaria de pedra para maior proteção do pavimento.

11.4 Infraestrutura (Fundações)

A infraestrutura das passagens Molhadas serão fundações executadas como trincheiras em alvenaria de pedra em cada lado (montante e jusante) e em altura variável de acordo com estudos geotécnicos.

Sinalização

A sinalização será feita com Balizadores colocados na borda da passagem com afastamento a cada 3,0 m.

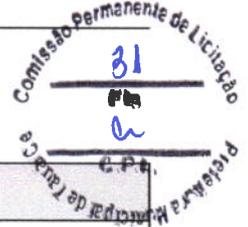
11.5 Proteção do Corpo da Passagem

Para proteção do corpo da passagem contra erosões será colocado enrocamento em pedra de mão a jusante da passagem conforme projeto.

12.0 PROJETOS DESENVOLVIDOS

12.1 PASSAGEM MOLHADA DE ARRAIAL

12.1.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada



| Quadro Resumo | |
|--|---|
| Localização | Arraial, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9323625; E:358136 |
| Riacho | Rio Jaguaribe |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 797,82 Km ² / 32,87 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,78 m |
| Extensão (Saia + Passagem + Saia) | 28 + 70 + 28 = 126 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 11 x Ø 1,00 m - Vazão Q ₁ = 18,70m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 790,65 m ³ |
| Lâmina Prevista (Cheia Máxima) | 2,80 m |

12.1.2 Mapa de Situação da Passagem



12.1.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Eng^o Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 32,87 km ou 32.873,95 m
- A = Área da Bacia Hidrográfica: = 797,82 km² ou 797.815.453,78 m²
- C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1,15
- k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,40

Tipo de Bacia em questão adotada: **5^o Ligeiramente Acidentada com Depressões Evaporativas**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 797,82}{\left(32,87 \times 1,15 \right)^{1,2} \times [120,00 + (0,40 \times 32,87 \times 1,15)]}$$

Qs = 1.104,33 m³/s

Considerações sobre a Bacia Hidrográfica Estudada

A bacia da Passagem Molhada abrange outras subbacias cuja exultória se dá em barragens de grande a pequeno porte monitoradas pela SRH, conforme tabela abaixo

| Subbacia | Bacia (km ²) | Capacidade (hm ³) | Vazão Regularizada (m ³ /s) |
|---|--------------------------|-------------------------------|--|
| Barragem Varea do Boi | 1.239,14 | 51,91 | 0,31 |
| Açude Faveias | 659,42 | 30,10 | 0,21 |
| Barragem Trici | 659,42 | 13,00 | 0,14 |
| Açude Broco | 83,00 | 11,88 | 0,00 |
| Vazão Regularizada dos Açudes contidos na Bacia a Montante da PM | | | 0,66 |

As bacias hidrográfica referentes as Barragens monitoradas pela COGERH não foram incluídas no cálculo da descarga Máxima Secular, por se tratarem de Grandes espelhos de água que na verdade amortecem as Cheias e possuem Vazão regularizada insignificante cuja vazão dificilmente chegará no exultório da passagem Molhada. Em contrapartida a Passagem Projetada garante o não barramento e vazão constante passando pela mesma.

Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

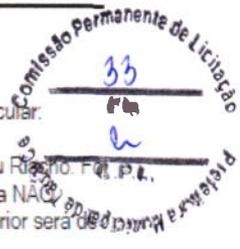
| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 11 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|------------------------------------|--------|---|
| Ø (m) | Lâmina (m) | cos(Ø/2) | Ø (rad) | Area Molhada (m ²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m ³ /s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m ³ /s) |
| 1 | 1 | -1 | 6,2832 | 0,7854 | 3,142 | 0,2500 | 2,16 | 1,70 | 0,69 | 18,70 |

Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | |
|-------|--------|-------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|--------|------------------|---------------------------|--------|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Area Molhada (m ²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m ³ /s) | Froude |
| 10,00 | 2,76 | 70,00 | 269,38 | 125,48 | 2,15 | 125,20 | 4,05 | 1.090,48 | 0,78 |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será: **QAdm = Q1 + Q2 = 18,7 + 1090,48 = 1.109,18 m³/s**

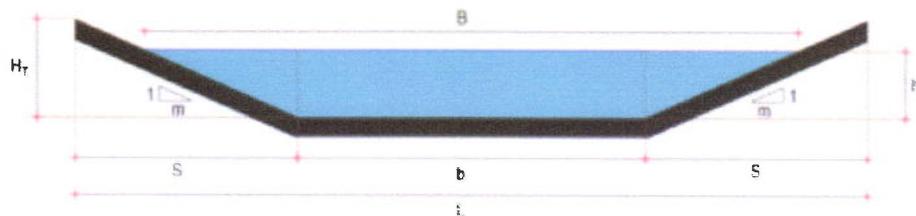




Conclusões e Considerações

1. (Qadm) 1109,18 > (Qs) 1104,33, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular.
2. A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da calha do Rio ou Riacho. Foi concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja NÃO BARRÁVEL em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 18,7 m³/s.
3. A capacidade Hidráulica das aberturas da Passagem Molhada é maior do que a vazão dos riachos perenizados da região e maior do que a vazão regularizável dos grandes Barragens monitoradas localizadas na mesma Bacia Hidrográfica
4. Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:
A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 2,76 m, durante a cheia máxima, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, passagem molhada não atenderá a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne a pelo menos 0,60m, neste período a ficará interditada de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.
5. As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.

Geometria da Passagem Molhada Projetada



| | |
|------------------------------|---|
| h1 = 2,76 m Calculado | b = 70,00 m |
| HT = 2,80 m Adotado | S = 28,00 m Sendo, 14m em laje de concreto e 14,0m em Pavimento em Pedra Tosca |
| m = 10,00 | L = 126,00 m |

12.1.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|---------------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada(h): | 1,78 m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kgf/m³ |
| Largura da base (b): | 5,60 m | Peso específico da água (ga): | 980 Kgf/m³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 2,76 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):

$H = h + l = 1,78 + 2,76 = 4,54 \text{ m}$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):

$Y = 1/3 H = 1/3 \times 4,54 = 1,51 \text{ m}$

Empuxo de água (F):

$F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2$ Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.

$A = 1 \times h = 1 \times 1,78 = 1,78 \text{ m}^2$

Então: $F = 0,5 \times 980 \times 4,54 \times 3,1684 = 7.048,42 \text{ Kgf}$

Peso da Alvenaria:

$P = b \times h \times g = 5,6 \times 1,78 \times 2250 = 22.428,00 \text{ Kgf}$

Ponto de Aplicação (X):

$X = 1/2 \times b = 1/2 \times 5,6 = 2,8 \text{ m}$



Momento Resistente (Mr):

$Mr = P \times X = 22428 \times 2,8 = 62.798,40 \text{ Kgf. m}$

Momento de Tombamento (Mt):

$Mt = F \times Y = 7048,42 \times 1,51 = 10.666,61 \text{ kgf. m}$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Mr / Mt > 1,5$

Então: $Mr / Mt = 62798,4 / 10666,61 = 5,89$ Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):

$Fa = P \times tg f = 10.627 \text{ kgf}$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Fa / F > 1,5$

Logo: $Fa / F = 10626,72 / 7048,42 = 1,51$ Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.

Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

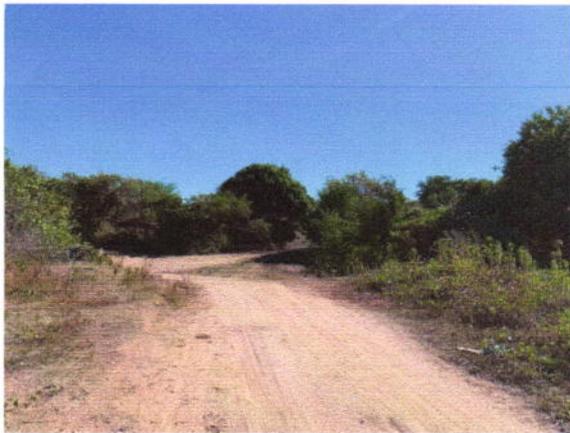
$b_{min} = H \times (g' / g) / 2 = 3,00 \text{ m}$

Largura empregada: $5,60 \text{ m}$ Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

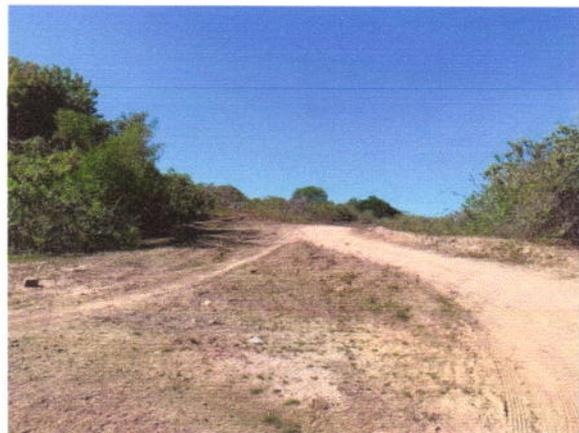
12.1.5 Estudos geotécnicos

Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.

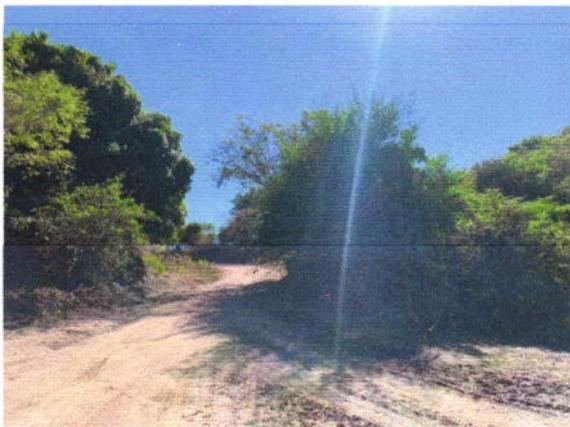
12.1.6 Relatório fotográfico da área de intervenção



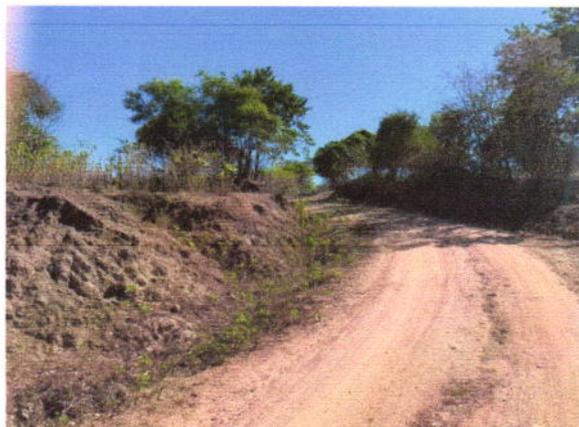
Início do Trecho Acesso na BR-020



Visão geral da via



Visão geral da via



Visão sobre a Ponte

12.2 PASSAGEM MOLHADA DE CACIMBA DO FOGO

12.2.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada

Comissão Permanente de Licitação
 35
 em
 2
 C. P. L.
 Prefeitura Municipal de Tauá - CE

| Quadro Resumo | |
|--|---|
| Localização | Cacimba do Fogo, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9307143; E:340162 |
| Riacho | Riacho SDO |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 47,27 Km ² / 16,41 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,40 m |
| Extensão do Corpo (Saia + Passagem + Saia) | 7,50+ 55 + 7,50 = 70 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 20 x Ø 0,80 m - Vazão Q ₁ = 18,60m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 471,94 m ³ |
| Lâmina Máxima Prevista (Cheia Máxima) | 0,75 m |

12.2.2 Mapa de Situação da Passagem



12.2.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Engº Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 16,41 km ou 16.411,03 m
- A = Área da Bacia Hidrográfica = 47,27 km² ou 47.270.041,58 m²
- C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1,15
- k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,40

Tipo de Bacia em questão adotada: **5 Ligeiramente Acidentada com Depressões Evaporativas**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 47,27}{\left((16,41 \times 1,15) \right)^2 \times [120,00 + (0,40 \times 16,41 \times 1,15)]}$$

Qs = 98,10 m³/s



Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 20 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| Ø (m) | Lâmina (m) | Cos(Ø/2) | Ø (rad) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m³/s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m³/s) |
| 0,8 | 0,8 | -1 | 6,2832 | 0,5027 | 2,513 | 0,2000 | 1,86 | 0,93 | 0,66 | 18,60 |

Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

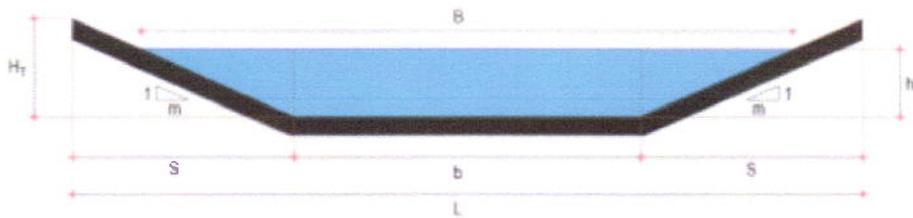
| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------|------------------|--------------|--------|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m³/s) | Froude |
| 10,00 | 0,72 | 55,00 | 44,78 | 69,47 | 0,64 | 69,40 | 1,82 | 81,29 | 0,68 |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será: **QAdm = Q1 + Q2 = 18,6 + 81,29 = 99,89 m³/s**

Conclusões e Considerações

- (Qadm) 99,89 > (Qs) 98,1, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular;
- A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da calha do Rio ou Riacho. Foi concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja NÃO BARRÁVEL em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 18,6 m³/s.
- Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:
 A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 0,72 m, durante a cheia máxima, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, passagem molhada não atenderá a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne a pelo menos 0,60m, neste período a ficará interdita de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.
- As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.

Geometria da Passagem Molhada Projetada



| | |
|--------------------------------|--------------------|
| h1 = 0,72 m (Calculado) | b = 55,00 m |
| HT = 0,75 m (Adotado) | S = 7,50 m |
| m = 10,00 | L = 70,00 m |

12.2.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|--|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada (h): | 1,40 m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kgf/m³ |
| Largura da base (b): | 4,50 m | Peso específico da água (ga): | 980 Kgf/m³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 0,72 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):

$$H = h + l = 1,4 + 0,72 = 2,12 \text{ m}$$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):

$$Y = 1/3 H = 1/3 \times 2,12 = 0,71 \text{ m}$$

Empuxo de água (F):

$$F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2 \quad \text{Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.}$$

$$A = 1 \times h = 1 \times 1,4 = 1,40 \text{ m}^2$$

$$\text{Então: } F = 0,5 \times 980 \times 2,12 \times 1,96 = 2.036,05 \text{ Kgf}$$

Peso da Alvenaria:

$$P = b \times h \times g = 4,5 \times 1,4 \times 2250 = 14.175,00 \text{ Kgf}$$

Ponto de Aplicação (X):

$$X = 1/2 \times b = 1/2 \times 4,5 = 2,25 \text{ m}$$

Momento Resistente (Mr):

$$Mr = P \times X = 14175 \times 2,25 = 31.893,75 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

Momento de Tombamento (Mt):

$$Mt = F \times Y = 2036,05 \times 0,71 = 1.438,81 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Mr / Mt > 1,5$

$$\text{Então: } Mr / Mt = 31893,75 / 1438,81 = 22,17 \quad \text{Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.}$$

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):

$$Fa = P \times \text{tg } f = 6.716 \text{ kgf}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Fa / F > 1,5$

$$\text{Logo: } Fa / F = 6716,32 / 2036,05 = 3,30$$

Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.

Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

$$b_{\text{min}} = H \times (g_a / g) \times 1/2 = 1,40 \text{ m}$$

$$\text{Largura empregada: } 4,50 \text{ m}$$

Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

12.2.5 Estudos geotécnicos

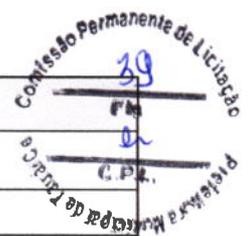
Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.



12.3 PASSAGEM MOLHADA DE CATINGUEIRA

12.3.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada

| Quadro Resumo | |
|--|---|
| Localização | Catingueira, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9318605; E:342409 |
| Riacho | Riacho Puiú |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 715,81 Km ² / 48,99 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,50 m |
| Extensão do Corpo (Saia + Passagem + Saia) | 24,50 + 60 + 24,50 = 109 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 11 x Ø 1,00 m - Vazão Q ₁ = 18,70m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 631,32 m ³ |
| Lâmina Máxima Prevista (Cheia Máxima) | 2,45 m |



12.3.2 Mapa de Situação da Passagem



12.3.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Engº Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 48,99 km ou 48.988,71 m
- A = Área da Bacia Hidrográfica = 715,81 km² ou 715.813.252,14 m²
- C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1,15
- k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,40

Tipo de Bacia em questão adotada: **5 Ligeiramente Acidentada com Depressões Evaporativas**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 715,81}{(48,99 \times 1,15)^{1/2} \times [120,00 + (0,40 \times 48,99 \times 1,15)]}$$

$$Q_s = 769,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerações sobre a Bacia Hidrográfica Estudada

A bacia da Passagem Molhada abrange outras subbacias cuja exultória se dá em barragens de grande a pequeno porte monitoradas pela SRH, conforme tabela abaixo:

| Subbacia | Bacia (km²) | Capacidade (hm³) | Vazão Regularizada (m³/s) |
|---|-------------|------------------|---------------------------|
| Barragem Várea do Boi | 1.239,14 | 51,91 | 0,31 |
| Açude Favelas | 659,42 | 30,10 | 0,21 |
| Barragem Trici | 659,42 | 13,00 | 0,14 |
| Açude Broco | 83,00 | 11,88 | 0,00 |
| Vazão Regularizada dos Açudes contidos na Bacia a Montante da PM | | | 0,66 |

As bacias hidrográfica referentes as Barragens monitoradas pela COGERH não foram incluídas no cálculo da descarga Máxima Secular, por se tratarem de Grandes espelhos de água que na verdade amortecem as Cheias e possuem Vazão regularizada insignificante cuja vazão dificilmente chegará no exultório da passagem Molhada. Em contrapartida a Passagem Projetada garante o não barramento e vazão constante passando pela mesma.

Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

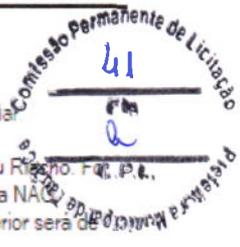
| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 17 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| Ø (m) | Lâmina (m) | Cos(Ø/2) | Ø (rad) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m³/s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m³/s) |
| 1 | 1 | -1 | 6,2832 | 0,7854 | 3,142 | 0,2500 | 2,16 | 1,70 | 0,69 | 28,90 |

Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|--------|------------------|--------------|--------|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m³/s) | Froude |
| 10,00 | 2,40 | 60,00 | 201,60 | 108,24 | 1,86 | 108,00 | 3,68 | 742,36 | 0,76 |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será: **QAdm = Q1 + Q2 = 28,9 + 742,36 = 771,26 m³/s**





Conclusões e Considerações

1. (Qadm) 771,26 > (Qs) 769,45, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular

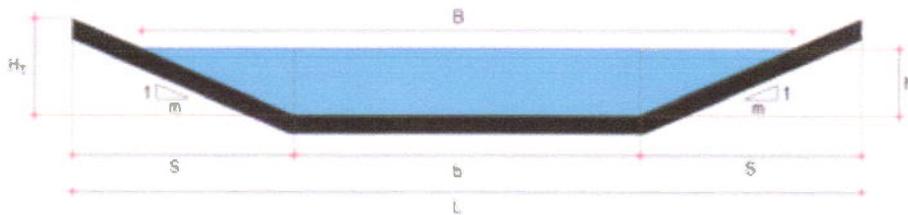
2. A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da calha do Rio ou Riacho, onde concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja **NÃO BARRÁVEL** em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 28,9 m³/s.

3. Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:

A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 2,4 m, durante a cheia máxima, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, passagem molhada não atenderá a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne a pelo menos 0,60m, neste período a ficará interdita de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.

4. As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.

Geometria da Passagem Molhada Projetada



| | |
|------------------------------|---|
| h1 = 2,40 m Calculado | b = 60,00 m |
| HT = 2,45 m Adotado | S = 24,50 m Sendo, 10m em laje de concreto e 14,50m em Pavimento em Pedra Tosa |
| m = 10,00 | L = 109,00 m |

12.3.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada(h): | 1,50¹ m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kgf/m³ |
| Largura da base (b): | 4,50 m | Peso específico da água (ga): | 980 Kgf/m³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 2,40 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):

$$H = h + l = 1,5 + 2,4 = 3,90 \text{ m}$$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):

$$Y = 1/3 H = 1/3 \times 3,9 = 1,30 \text{ m}$$

Empuxo de água (F):

$$F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2 \quad \text{Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.}$$

$$A = 1 \times h = 1 \times 1,5 = 1,50 \text{ m}^2$$

$$\text{Então: } F = 0,5 \times 980 \times 3,9 \times 2,25 = 4.299,75 \text{ Kgf}$$

Peso da Alvenaria:

$$P = b \times h \times g = 4,5 \times 1,5 \times 2250 = 15.187,50 \text{ Kgf}$$

Ponto de Aplicação (X):

$$X = 1/2 \times b = 1/2 \times 4,5 = 2,25 \text{ m}$$

Momento Resistente (Mr):

$$Mr = P \times X = 15187,5 \times 2,25 = 34.171,88 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

Momento de Tombamento (Mt):

$$Mt = F \times Y = 4299,75 \times 1,3 = 5.589,68 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Mr / Mt > 1,5$

Então: $Mr / Mt = 34171,88 / 5589,68 = 6,11$ Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

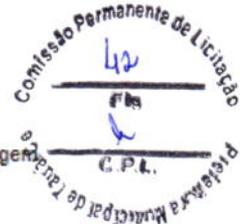
Força de Atrito (Fa):

$F_a = P \times tg \phi = 7.196 \text{ kgf}$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $F_a / F > 1,5$

Logo: $F_a / F = 7196,06 / 4299,75 = 1,67$

Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem



Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

$b_{min} = H \times (g \text{ a} / g) / 2 = 2,57 \text{ m}$

Largura empregada: **4,50 m**

Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

12.3.5 Estudos geotécnicos

Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.

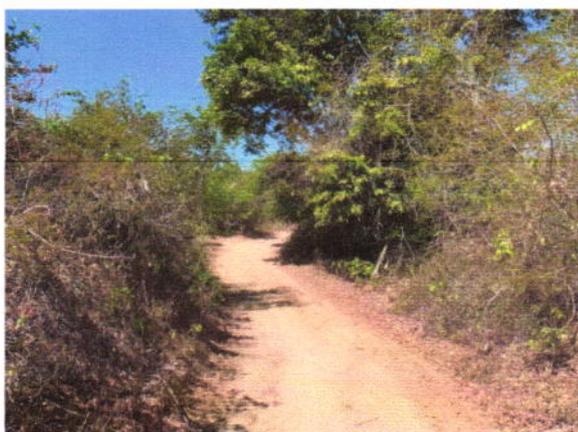
12.3.6 Relatório fotográfico da área de intervenção



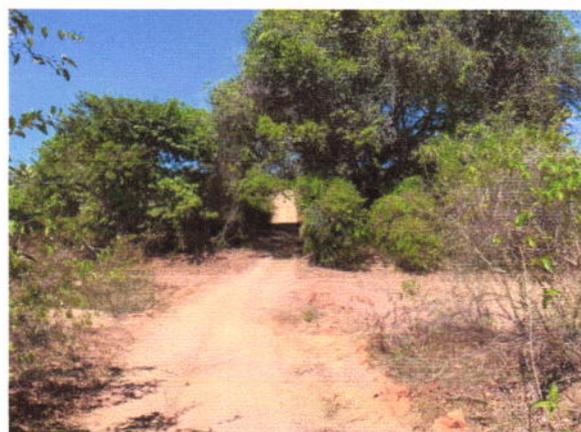
Início do Trecho Acesso na CE-187



Visão geral da via



Visão geral da via



Visão sobre a Ponte

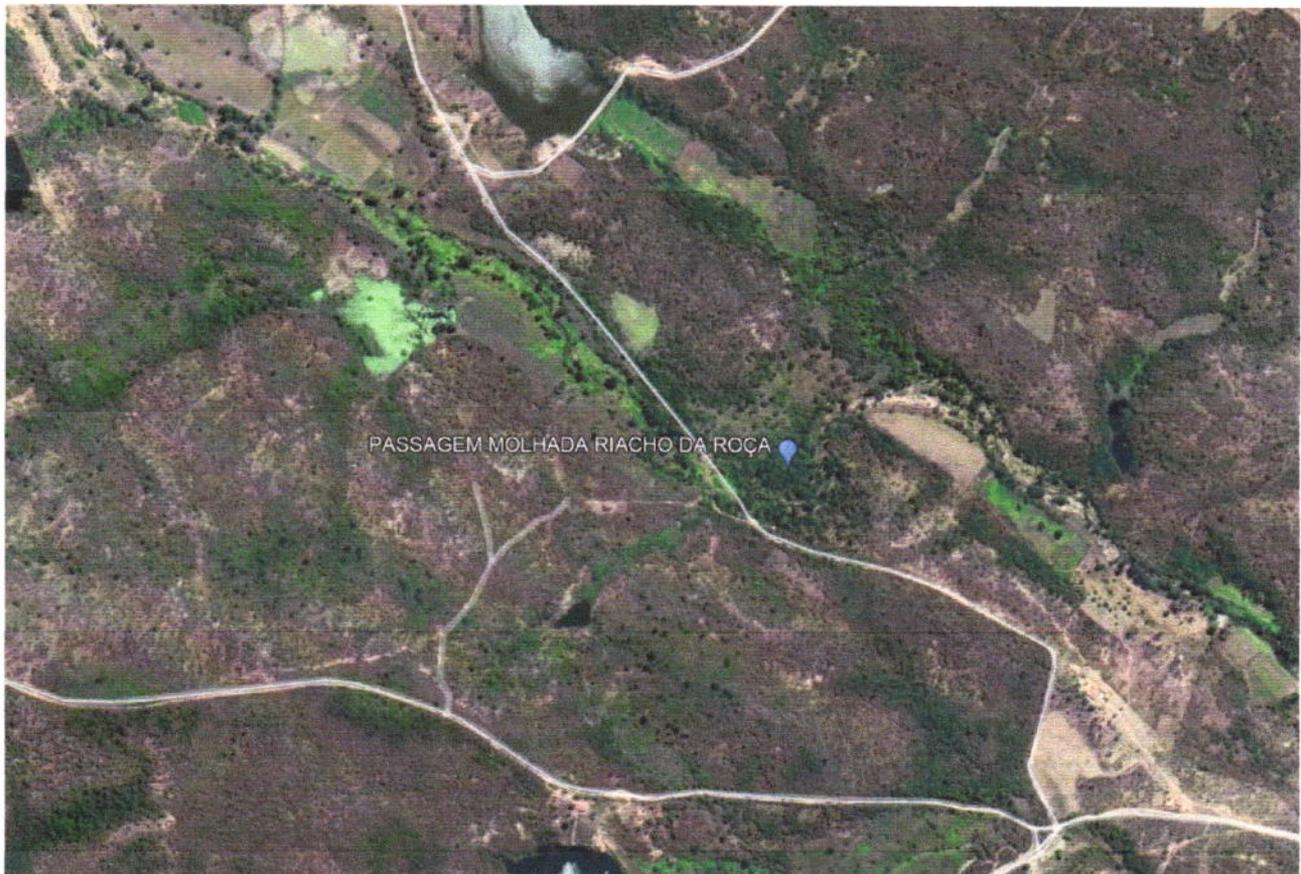
12.4 PASSAGEM MOLHADA DE RIACHO DA ROÇA

12.4.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada

Comissão Permanente de Licitação
 43
 E.M.
 C.P.L.
 Prefeitura Municipal de Tauá/CE

| Quadro Resumo | |
|---|---|
| Localização | Riacho da roça, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9321274; E:344314 |
| Riacho | Riacho do Salgado |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 480,08 Km ² / 55,51 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,50 m |
| Extensão do Corpo (Saia + Passagem + Saia) | 16 + 80 + 16 = 112 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 20 x Ø 1,00 m - Vazão Q ₁ = 34,00 m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 798,92 m ³ |
| Lâmina Máxima Prevista (Cheia Máxima) | 1,60 m |

12.4.2 Mapa de Situação da Passagem



12.4.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Engº Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 55,51 km ou 55.507,91 m
- A = Área da Bacia Hidrográfica: = 480,08 km² ou 480.076.982,14 m²
- C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1,15
- k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,40

Tipo de Bacia em questão adotada: **5 Ligeiramente Acidentada com Depressões Evaporativas**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 480,08}{\left(\left(55,51 \times 1,15 \right)^2 \times [120,00 + (0,40 \times 55,51 \times 1,15)] \right)^{0,5}}$$

Qs = 474,81 m³/s

Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 20 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| θ (m) | Lâmina (m) | Cos(θ/2) | θ (rad) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m³/s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m³/s) |
| 1 | 1 | -1 | 6,2832 | 0,7854 | 3,142 | 0,2500 | 2,16 | 1,70 | 0,69 | 34,00 |

Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|--------|------------------|--------------|--------|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m³/s) | Froude |
| 10,00 | 1,57 | 80,00 | 150,25 | 111,56 | 1,35 | 111,40 | 2,97 | 445,74 | 0,76 |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será: **QAdm = Q1 + Q2 = 34 + 445,74 = 479,74 m³/s**

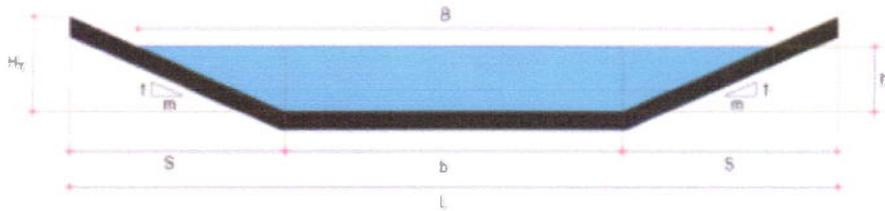
Conclusões e Considerações

1. (Qadm) 479,74 > (Qs) 474,81, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular.
2. A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da calha do Rio ou Riacho. Foi concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja NÃO BARRÁVEL em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 34 m³/s.
3. Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:

A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 1,57 m, durante a cheia máxima, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, passagem molhada não atenderá a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne a pelo menos 0,60m, neste período a ficará interdita de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.
4. As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.



Geometria da Passagem Molhada Projetada



h₁ = 1,57 m (Calculado) **b = 80,00 m**
HT = 1,60 m (Adotado) **S = 16,00 m** Sendo, 10m em laje de concreto e 6,0 m em Pavimento em Pedra Tosca
m = 10,00 **L = 112,00 m**

12.4.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|--|--------|--|-----------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada (h): | 1,55 m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kgf/m ³ |
| Largura da base (b): | 4,50 m | Peso específico da água (g _a): | 980 Kgf/m ³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 1,57 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):

$$H = h + l = 1,55 + 1,57 = 3,12 \text{ m}$$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):

$$Y = 1/3 H = 1/3 \times 3,12 = 1,04 \text{ m}$$

Empuxo de água (F):

$$F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2 \quad \text{Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.}$$

$$A = 1 \times h = 1 \times 1,55 = 1,55 \text{ m}^2$$

$$\text{Então: } F = 0,5 \times 980 \times 3,12 \times 2,4025 = 3.672,94 \text{ Kgf}$$

Peso da Alvenaria:

$$P = b \times h \times g = 4,5 \times 1,55 \times 2250 = 15.693,75 \text{ Kgf}$$

Ponto de Aplicação (X):

$$X = 1/2 \times b = 1/2 \times 4,5 = 2,25 \text{ m}$$

Momento Resistente (Mr):

$$M_r = P \times X = 15693,75 \times 2,25 = 35.310,94 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

Momento de Tombamento (Mt):

$$M_t = F \times Y = 3672,94 \times 1,04 = 3.819,86 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $M_r / M_t > 1,5$

$$\text{Então: } M_r / M_t = 35310,94 / 3819,86 = 9,24 \quad \text{Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.}$$

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):

$$F_a = P \times \text{tg } f = 7.436 \text{ kgf}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $F_a / F > 1,5$

$$\text{Logo: } F_a / F = 7435,93 / 3672,94 = 2,02$$

Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.

Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

$$b_{\text{min}} = H \times (g_a / g) \times 1/2 = 2,06 \text{ m}$$

$$\text{Largura empregada: } 4,50 \text{ m}$$

Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

12.4.5 Estudos geotécnicos

Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.

12.4.6 Relatório fotográfico da área de intervenção

Comissão Permanente de Licitação
Lio
C.P.L.
Prestadora Municipal de Serviços



Início do Trecho Acesso na CE-187



Visão geral da via



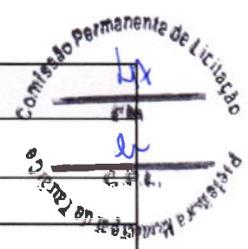
Visão geral da via



Visão sobre a Ponte

12.5 PASSAGEM MOLHADA DE SERROTE

12.5.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada



| Quadro Resumo | |
|---|---|
| Localização | Serrote, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9320230; E:346537 |
| Riacho | Riacho do Puiú |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 7,26 Km ² / 6,84 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,07 m |
| Extensão do Corpo (Saia + Passagem + Saia) | 5 + 40 + 5 = 50 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 10 x Ø 0,60 m - Vazão Q ₁ = 4,30 m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 424,91 m ³ |
| Lâmina Máxima Prevista (Cheia Máxima) | 0,50 m |

12.5.2 Mapa de Situação da Passagem



12.5.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Engº Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 6,84 km ou 6.839,19 m
 - A = Área da Bacia Hidrográfica: = 7,26 km² ou 7.258.064,65 m²
 - C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1
 - k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,20
- Tipo de Bacia em questão adotada: **3 Média**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 7,26}{(6,84 \times 1,00)^{1/2} \times [120,00 + (0,20 \times 6,84 \times 1,00)]}$$

Qs = 26,30 m³/s

Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 10 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| θ (m) | Lâmina (m) | Cos(θ/2) | θ (rad) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m³/s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m³/s) |
| 0,6 | 0,6 | -1 | 6,2832 | 0,2827 | 1,885 | 0,1500 | 1,54 | 0,43 | 0,63 | 4,30 |

Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------|------------------|--------------|--------|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m³/s) | Froude |
| 10,00 | 0,41 | 40,00 | 18,08 | 48,24 | 0,37 | 48,20 | 1,26 | 22,86 | 0,63 |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será: **QAdm = Q1 + Q2 = 4,3 + 22,86 = 27,16 m³/s**

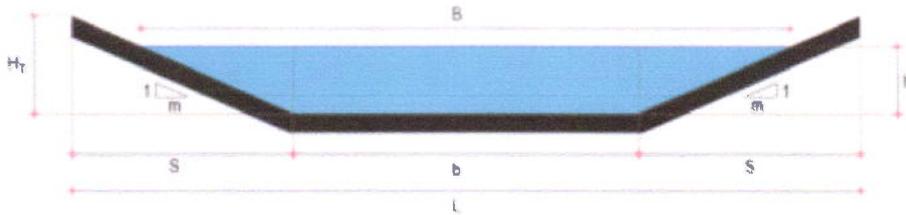
Conclusões e Considerações

- (Qadm) 27,16 > (Qs) 26,3, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular.
- A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da calha do Rio ou Riacho. Foi concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja NÃO BARRÁVEL em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 4,3 m³/s.
- Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:

A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 0,41 m, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto para a passagem molhada atenderá a população durante todos os períodos do Ano.
- As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.



Geometria da Passagem Molhada Projetada



h1 = 0,41 m (Calculado) **b = 40,00 m**
HT = 0,50 m (Adotado) **S = 5,00 m** Sendo, 5,0m em laje de concreto
m = 10,00 **L = 50,00 m**

12.5.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada(h): | 1,07 ^m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kgf/m ³ |
| Largura da base (b): | 4,50 m | Peso específico da água (ga): | 980 Kgf/m ³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 0,41 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):

$$H = h + l = 1,07 + 0,41 = 1,48 \text{ m}$$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):

$$Y = 1/3 H = 1/3 \times 1,48 = 0,49 \text{ m}$$

Empuxo de água (F):

$$F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2 \quad \text{Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.}$$

$$A = 1 \times h = 1 \times 1,07 = 1,07 \text{ m}^2$$

$$\text{Então: } F = 0,5 \times 980 \times 1,48 \times 1,1449 = 830,28 \text{ Kgf}$$

Peso da Alvenaria:

$$P = b \times h \times g = 4,5 \times 1,07 \times 2250 = 10.833,75 \text{ Kgf}$$

Ponto de Aplicação (X):

$$X = 1/2 \times b = 1/2 \times 4,5 = 2,25 \text{ m}$$

Momento Resistente (Mr):

$$Mr = P \times X = 10833,75 \times 2,25 = 24.375,94 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

Momento de Tombamento (Mt):

$$Mt = F \times Y = 830,28 \times 0,49 = 409,60 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Mr / Mt > 1,5$

Então: $Mr / Mt = 24375,94 / 409,6 = 59,51$ Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):

$$Fa = P \times \text{tg } f = 5.133 \text{ kgf} \quad \text{Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: } Fa / F > 1,5$$

Logo: $Fa / F = 5133,19 / 830,28 = 6,18$ Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.

Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

$$b_{\text{min}} = H \times (g_a / g) / 2 = 0,98 \text{ m}$$

Largura empregada: **4,50 m** Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

12.5.5 Estudos geotécnicos

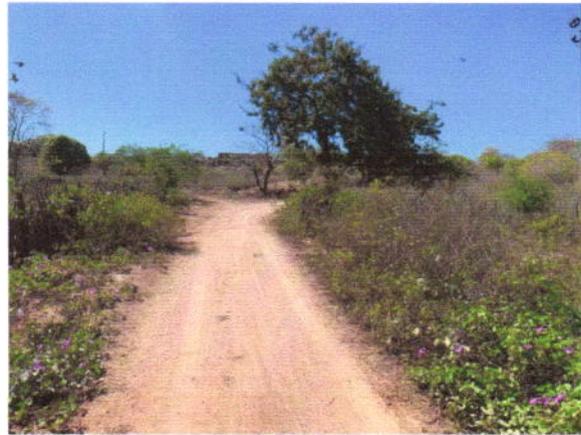
Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.

12.5.6 Relatório fotográfico da área de intervenção

Comissão Permanente de Licitação
C.P.L.
PREFEITURA MUNICIPAL DE CASARÉ



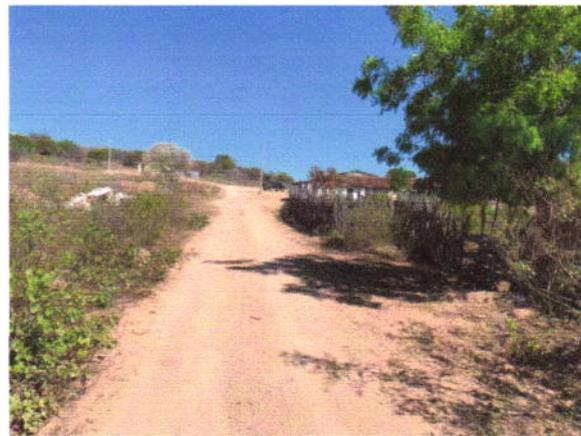
Início do Trecho Acesso na CE-187



Visão geral da via



Visão geral da via

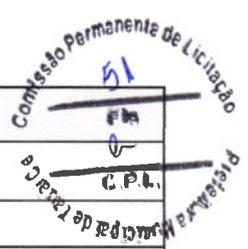


Visão sobre a Ponte

12.6 PASSAGEM MOLHADA DE VOLTA

12.6.1 Ficha Técnica da Passagem Molhada

| Quadro Resumo | |
|--|---|
| Localização | Volta, Tauá/CE |
| Coordenadas UTM | N:9317807; E:354784 |
| Riacho | Rio Jaguaribe |
| Área da Bacia Hidrográfica / Linha de Fundo | 1387,84 Km ² / 71,67 km |
| Precipitação Média Anual | 527,20 mm |
| Características | Fundações e corpo da passagem em Alvenaria de Pedra, capeamento em Lastro de concreto com espessura de 15,0cm e galerias em tubos de concreto |
| Altura Máxima da Passagem | 1,68 m |
| Extensão do Corpo (Saia + Passagem + Saia) | 38,90 + 55 + 38,90 = 132,80 m (Declividade das Saias = 1:10) |
| Aberturas para Garantia de Vazão | 10 x Ø 1,00 m - Vazão Q ₁ = 17 m ³ /s (Tubos em concreto armado) |
| Volume da Passagem | 772,46 m ³ |
| Lâmina Máxima Prevista (Cheia Máxima) | 3,15 m |



12.6.2 Mapa de Situação da Passagem



12.6.3 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

Cálculo da Descarga Máxima Secular (Qs)

Para o cálculo da Descarga Máxima Secular utilizaremos a fórmula consagrada do Engº Aguiar:

$$Q_s = \frac{1.150 \times A}{\sqrt{L \times C \times [120 + (K \times L \times C)]}}$$

Onde:

- L = Linha de fundo = 71,67 km ou 71.673,83 m
- A = Área da Bacia Hidrográfica: = 1387,84 km² ou 1.387.841.734,82 m²
- C = Coeficiente em função do tipo da bacia = 1,15
- k = Coeficiente em função do tipo da bacia = 0,40

Tipo de Bacia em questão adotada: **5 Ligeiramente Acidentada com Depressões Evaporativas**

Então:

$$Q_s = \frac{1.150,00 \times 1387,84}{(71,67 \times 1,15)^{1,2} \times [120,00 + (0,40 \times 71,67 \times 1,15)]}$$

Qs = 1.149,22 m³/s



Considerações sobre a Bacia Hidrográfica Estudada

A bacia da Passagem Molhada do Arraial abrange outras subbacias cuja exultória se dá em barragens de grande a pequeno porte monitoradas pela SRH, conforme tabela abaixo:

| Subbacia | Bacia (km²) | Capacidade (hm³) | Vazão Regularizada (m³/s) |
|---|-------------|------------------|---------------------------|
| Barragem Parambu | 117,75 | 9,04 | 0,20 |
| Açude Fagundes | 26,00 | 1,75 | 0,00 |
| Vazão Regularizada dos Açudes contidos na Bacia a Montante da PM | | | 0,20 |

As bacias hidrográfica referentes as Barragens monitoradas pela COGERH não foram incluídas no cálculo da descarga Máxima Secular, por se tratarem de Grandes espelhos de água que na verdade amortecem as Cheias e possuem Vazão regularizada insignificante cuja vazão dificilmente chegará no exultório da passagem Molhada. Em contrapartida a Passagem Projetada garante o não barramento e vazão constante passando pela mesma.

Verificação da Capacidade Hidráulica da Passagem Molhada - Vazão Admissível (Qadm)

A capacidade hidráulica da passagem molhadas será o somatório da vazão que passa pelas galerias (aberturas) inferiores (Q1) com a vazão que passa sobre a passagem (Q2). Portanto,

Vazão admissível que passará pelas galerias da Passagem Molhada nos tubos em concreto (Q1)

| i (%) | 0,0050 | n | 0,013 | Quant Tubos | 10 | | | | | |
|-------|------------|----------|---------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| Ø (m) | Lâmina (m) | Cos(Θ/2) | Θ (rad) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | Velocidade (m/s) | Vazão por Tubo (m³/s) | Froude | Vazão Total dos Tubos (m³/s) |
| 1 | 1 | -1 | 6,2832 | 0,7854 | 3,142 | 0,2500 | 2,16 | 1,70 | 0,69 | 17,00 |

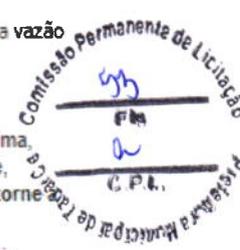
Vazão admissível que passará sobre a Passagem Molhada como Canal Trapezoidal (Q2)

| i (%) | 0,0010 | n | 0,013 | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|--------|------------------|--------------|--------|--|
| m (m) | h1 (m) | b (m) | Área Molhada (m²) | Perímetro Molhado (m) | Raio Hidráulico (m) | B (m) | Velocidade (m/s) | Vazão (m³/s) | Froude | |
| 12,35 | 3,03 | 55,00 | 280,03 | 130,09 | 2,15 | 129,84 | 4,06 | 1.135,68 | 0,74 | |

A Vazão Admissível da Passagem Molhada será **QAdm = Q1 + Q2 = 17 + 1135,68 = 1.152,68 m³/s**

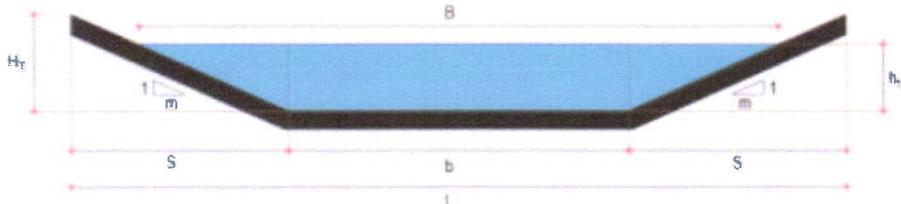
Conclusões e Considerações

- (Qadm) 1152,68 > (Qs) 1149,22, Portanto a Vazão Admissível da Passagem Projetada é capaz de suportar a Vazão da Cheia Secular;
- A Passagem Molhada foi dimensionada como Canal Trapezoidal uma vez que será construída em toda extensão da caixa do Rio ou Riacho. Foi concebida com uma altura mínima para possibilitar a instalação de Galerias paralelas em Tubos de Concreto, para que a estrutura seja **NÃO BARRÁVEL** em todas as época do ano. Durante todas as estações do ano a Vazão Afluente Admissível que passa pela tubulação inferior será de 17 m³/s.



3. A capacidade Hidráulica das aberturas da Passagem Molhada é maior do que a vazão dos riachos perenizados da região e maior do que a vazão regularizável dos grandes Barragens monitoradas localizadas na mesma Bacia Hidrográfica
4. Consideramos a Passagem Molhada Trafegável até uma Lâmina Máxima com altura de 0,6 m, então, temos que:
 A passagem foi dimensionada de forma que a lâmina máxima possa chegar a uma altura de 3,03 m, durante a cheia máxima, onde trabalhará em regime afogado, conforme demonstrado no cálculo do Canal Trapezoidal. Portanto, esporadicamente, Durante as Cheias Seculares, passagem molhada não atenderá a população até que a altura da Lâmina da passagem retorne pelo menos 0,60m, neste período a ficará interditada de forma que em maior parte do tempo o trecho ficará transitável.
5. As Saias da passagem molhada deverão ser prolongadas até uma cota que promova a segurança e estabilidade da mesma durante a cheia máxima.

Geometria da Passagem Molhada Projetada



h1 = 3,03 m (Calculado) b = 55,00 m
HT = 3,15 m (Adotado) S = 38,90 m Sendo, 19,45m em laje de concreto e 19,45m em Pavimento em Pedra Tosca
m = 12,35 L = 132,80 m

12.6.4 Verificação da Estabilidade da Passagem Molhada

Dados Iniciais

| | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Altura Máxima da Passagem Molhada (h): | 1,68^m | Peso específico do material (g): | 2.250,00 Kg/m³ |
| Largura da base (b): | 5,60 m | Peso específico da água (ga): | 980 Kg/m³ |
| Lâmina máxima de água (l): | 3,03 m | Ângulo de atrito do solo (f): | 35 ° |

Estabilidade com Relação ao Tombamento

Altura total da água (H):
 $H = h + l = 1,68 + 3,03 = 4,71 \text{ m}$

Ponto de aplicação do empuxo de água (Y):
 $Y = 1/3 H = 1/3 \times 4,71 = 1,57 \text{ m}$

Empuxo de água (F):
 $F = 1/2 \times g_a \times H \times A^2$ Sendo "A" a área correspondente a uma faixa de 1 metro de largura.

$A = 1 \times h = 1 \times 1,68 = 1,68 \text{ m}^2$
 Então: $F = 0,5 \times 980 \times 4,71 \times 2,8224 = 6.513,82 \text{ Kg}$

Peso da Alvenaria:
 $P = b \times h \times g = 5,6 \times 1,68 \times 2250 = 21.168,00 \text{ Kg}$

Ponto de Aplicação (X):
 $X = 1/2 \times b = 1/2 \times 5,6 = 2,8 \text{ m}$

Momento Resistente (Mr):
 $Mr = P \times X = 21168 \times 2,8 = 59.270,40 \text{ Kg} \cdot \text{m}$

Momento de Tombamento (Mt):
 $Mt = F \times Y = 6513,82 \times 1,57 = 10.226,70 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Mr / Mt > 1,5$
 Então: $Mr / Mt = 59270,4 / 10226,7 = 5,80$ Temos então que não existe risco de tombamento da passagem.

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):
 $Fa = P \times \text{tg } f = 21.168 \times \text{tg } 35 = 10.030 \text{ kgf}$ Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $Fa / F > 1,5$
 Logo: $Fa / F = 10029,71 / 6513,82 = 1,54$ Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.

Estabilidade em Relação ao Escorregamento

Força de Atrito (Fa):

$F_a = P \times tg \phi = 10.030 \text{ kgf}$

Para uma estabilidade aceitável devemos ter que: $F_a / F > 1,5$

Logo: $F_a / F = 10029,71 / 6513,82 = 1,54$

Portanto não deve ocorrer problema de deslizamento na passagem.



Largura Mínima para que não ocorram Esforços de Tração sobre a Alvenaria

Para que a resultante das forças esteja aplicada no terço médio da seção a largura mínima da base deve ser:

$b_{min} = H \times (g \text{ a}' / g) / 2 = 3,11 \text{ m}$

Largura empregada: $5,60 \text{ m}$

Podemos concluir que não haverá esforços de tração na alvenaria.

12.6.5 Estudos geotécnicos

Dos estudos geotécnicos, foram obtidas as informações relativas ao comportamento do subleito, dos empréstimos, das ocorrências, areal e pedreira. Com os resultados obtidos nestes ensaios será possível escolher a solução a ser empregada na pavimentação deste segmento de rodovia.

12.6.6 Relatório fotográfico da área de intervenção

