PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS RUAS DUÍLIO SCARTON E JOÃO SACCANI NOS BAIRROS OSÉIAS E SANTO ANTÔNIO, FUNDÃO/ES

VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO

Consultoria:

avantec
Soluções em Engenharia

Vitória | ES

2025

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 11
2 MAPA DE SITUAÇÃO / LOCALIZAÇÃO 13
3 ESTUDOS 15
3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS 16
3.1.1 IMPLANTAÇÃO DE REDE DE APOIO BÁSICO COM MARCOS DE CONCRETO 16
3.1.2 PROCESSAMENTO DE VETORES 17
3.1.3 AJUSTAMENTO DE VETORES 17
3.1.4 IRRADIAÇÃO DOS PONTOS 20
3.1.5 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO 21
3.1.6 APRESENTAÇÃO 24
3.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 25
3.2.1 INTRODUÇÃO 25
3.2.2 FASE PRELIMINAR: COLETA E CARACTERIZAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA 28
3.2.3 FASE DEFINITIVA: PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS 45
3.2.4 CONCLUSÃO 64
3.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS 65
3.3.1 INTRODUÇÃO 65
3.3.2 COLETA E PESQUISA DE DADOS 65
3.3.3 DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO 65
3.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS 74
3.4.1 ESTUDO DO SUBLEITO – SONDAGEM A TRADO 74
3.4.2 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO 76
3.4.3 ESTUDO DE OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS 77
3.4.4 APRESENTAÇÃO 77
4 PROJETOS 98

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO 99
4.1.1 CRITÉRIOS DE PROJETO 99
4.1.2 APRESENTAÇÃO 100
4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM 101
4.2.1 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA 101
4.2.2 METODOLOGIA 101
4.2.3 APRESENTAÇÃO 105
4.3 PROJETO DE DRENAGEM 110
4.3.1 DRENAGEM SUPERFICIAL 110
4.3.2 OBRAS DE ARTE CORRENTE (OAC): BUEIROS DE TRAVESSIA DE TALVEGUES 117
4.3.3 APRESENTAÇÃO 121
4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO 122
4.4.1 INTRODUÇÃO 122
4.4.2 PARÂMETROS DE PROJETO 122
4.4.3 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS 123
4.4.4 VANTAGENS DO PAVIMENTO COM BLOCOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO 128
4.4.5 RESULTADO FINAL 129
4.4.6 APRESENTAÇÃO 130
4.5 PROJETO DE SINALIZAÇÃO 131
4.5.1 GENERALIDADES 131
4.5.2 DESCRIÇÃO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E MATERIAIS 131
4.5.3 SINALIZAÇÃO VERTICAL 131
4.5.4 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL 137
4.5.5 APRESENTAÇÃO 141
4.6 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES 142

4.6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 142
4.6.2 APRESENTAÇÃO 142
5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO 143
5.1.1 ESPECIFICAÇÕES DE TERRAPLENAGEM 143
5.1.2 ESPECIFICAÇÕES DE DRENAGEM 144
5.1.3 ESPECIFICAÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO 145
5.1.4 ESPECIFICAÇÕES DE SINALIZAÇÃO 163
6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 165

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - Representação da captação de sinais dos satélites..... 16

Figura 2 - Representação da captação de irradiações. 20

Figura 3- Mapa de Localização e Hidrografia..... 27

Figura 4 – Mapa de sub-bacias..... 29

Figura 5 - Mapa Pedológico 32

Figura 6 - Mapa do uso e ocupação do Solo..... 34

Figura 7 – Mapa climático do Espírito Santo, segundo a classificação de Koppen. Destaque para o município de Fundão. 36

Figura 8 – Médias Mensais de Temperatura na área de influência do empreendimento. 37

Figura 9 - Estações Pluviométricas próximas do empreendimento 39

Figura 10 – Curvas de altura x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão. 50

Figura 11 – Curvas de intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão. 50

Figura 12 – Histograma de Distribuição de Precipitação e Número Médio Mensal de Dias Chuvosos no período de 1949 a 2024 na estação Fundão. 51

Figura 13 – Precipitação Total Anual do período de 1949 a 2024, na estação pluviométrica Fundão. 52

Figura 14 – Precipitação Máxima Mensal em 1 dia para o período de 1949 a 2024 na estação pluviométrica Fundão..... 53

Figura 15 - Histograma da distribuição mensal do número de dias de chuva (mínimos, médios e máximos) período de 1949 a 2024 na estação pluviométrica Fundão. 54

Figura 16 – Mapa Pedológico 68

Figura 17 – Mapa Geomorfológico do Espírito Santo. Destaque para o Município de Fundão 70

Figura 18 – Recorte do Mapa Geológico. CPRM (2004). 72

Figura 20 - Prioridade de utilização dos procedimentos de dimensionamento 124

Figura 21 - Espessura necessária de sub-base. 125

Figura 22 - Espessura da base cimentada em função do número N. 126

Figura 23 – Padrões posicionamento dos blocos 146

Figura 24 - Posicionamento de blocos em espinha de peixe 147

Figura 25 – Sequência de assentamento blocos 148

Figura 26 - Sequência de assentamento blocos 148

Figura 27 – Assentamento de blocos em espinha de peixe 149

Figura 28 - Assentamento blocos seguindo alinhamento 150

Figura 29 – Execução preliminar de locação eixo 150

Figura 30 - Locação eixo da via 151

Figura 31 – Instalação marcações para verificação ângulos retos 151

Figura 32 - Detalhe da instalação manual blocos 152

Figura 33 – Detalhe do transporte dos blocos 152

Figura 34 - Detalhe instalação blocos intertravados 153

Figura 35 - Detalhe juntas entre blocos 153

Figura 36 – Procedimento para execução junta 154

Figura 37 – Detalhe golpeamento bloco 154

Figura 38 - Corte manual dos blocos 155

Figura 39 - Corte mecânico dos blocos 155

Figura 40 - Detalhe peça de ajuste 156

Figura 41 – Detalhe preenchimento com argamassa 156

Figura 42 - Detalhe compactação blocos 157

Figura 43 – Detalhe sentido de compactação blocos 157

Figura 44 - Limite de compactação 158

Figura 45 – Detalhe retirada de blocos danificados 158

Figura 46 - Detalhe material para preenchimento de juntas 159

Figura 47 – Detalhe peneiramento areia para rejuntamento blocos 159

Figura 48 - Detalhe compactação final 160

Figura 49 – Detalhe manutenção blocos intertravaods 161

Figura 50 - Detalhe de manutenção em rede sob pavimento de bloco 162

Figura 51 – Detalhe de ondulações no pavimento 162

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas dos vértices do IBGE. 17

Tabela 2 - Coordenadas UTM dos Pontos de Apoio no Sistema SIRGAS 2000. 18

Tabela 3 – Características morfométricas da sub-bacia estudada. 28

Tabela 4 – Características dos postos pluviométricos instalados em até 10km do traçado. . 38

Tabela 5 – Histórico da precipitação mensal para o período de 1949 a 2024, na estação Fundão. 40

Tabela 6 – Histórico do número de dias chuvosos para o período de 1948 a 2024, na estação Fundão. 42

Tabela 7 – Precipitações máximas de 1 dia anuais medidas na estação Fundão entre os anos 1949 e 2024. 46

Tabela 8 – Média, desvio padrão e distribuição de Gumbel para as máximas de 1 dia. 47

Tabela 9 – Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão. 48

Tabela 10 – Precipitações máximas (em mm), para a estação Pluviométrica Fundão, associadas a diferentes períodos de retorno e durações. 48

Tabela 11 – Intensidades máximas (em mm/min), para a estação Pluviométrica Fundão, associadas a diferentes períodos de retorno e durações. 49

Tabela 12 – Período de Recorrência para travessias de talvegues. 54

Tabela 13 – Período de Recorrência para Drenagem Urbana 55

Tabela 14 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: Manual de hidrologia do DNIT 57

Tabela 15 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: KNOX COUNTY TENNESSEE (2014)..... 58

Tabela 16 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras. 59

Tabela 17 – Diretrizes para escolha do método de cálculo de Vazões. 60

Tabela 18 - Vazões de projeto. 63

Tabela 19 – Análise Estatística 75

Tabela 20 - Massas Específicas referenciais dos materiais, solos e agregados 103

Tabela 21 - Massas específicas das misturas de materiais..... 104

Tabela 24 – Fórmulas para o dimensionamento hidráulico de bueiros funcionando como orifícios. 119

Tabela 25 – Dimensionamento hidráulico dos bueiros de travessia de talvegues. 120

Tabela 26 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego. 123

Tabela 27 - Espessura e resistência dos blocos de revestimento 126

ÍNDICE DE REVISÕES									
CLIENTE:	PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO								
PROJETO:	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS RUAS DUÍLIO SCARTON E JOÃO SACCANI, NOS BAIRROS OSÉIAS E SANTO ANTÔNIO, FUNDÃO/ES								
TÍTULO:	VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO								
TIPOLOGIA:	INFRAESTRUTURA								
REV.	**DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS**								
00	Emissão inicial								
01	Revisão								
02	Revisão								
03	Revisão								
	Rev. 0	**Rev. 1**	**Rev. 2**	**Rev. 3**	**Rev. 4**	**Rev. 5**	**Rev. 6**	**Rev. 7**	**Rev. 8**
DATA:	28/10/25	19/11/25	05/12/25	15/12/25					
ELABORAÇÃO:	BEATRIZ	BEATRIZ	BEATRIZ	BEATRIZ					
VERIFICAÇÃO:	TAMIRIS	TAMIRIS	TAMIRIS	TAMIRIS					
APROVAÇÃO:	TAMIRIS	TAMIRIS	TAMIRIS	TAMIRIS					
FORMULÁRIO PERTENCENTE À AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA									

1 APRESENTAÇÃO

A **AVANTEC Engenharia Ltda.**, sediada na Avenida Fernando Ferrari, nº 1080, Centro Empresarial América, Torre Norte, sala 503, Mata da Praia, Vitória-ES, inscrita sob o CNPJ n° 05.844.663/0001-06, em atendimento às atribuições que lhe são devidas, conforme contrato firmado com a **Prefeitura Municipal de Fundão,** vem por meio deste encaminhar o **Projeto Executivo de Engenharia de Pavimentação e Drenagem das Ruas Duílio Scarton e João Saccani, nos Bairros Oséias e Santo Antônio, Fundão/ES,** contendo os seguintes itens:

- Estudos Topográficos;
- Estudos Hidrológicos;
- Estudos Geológicos;
- Estudos Geotécnicos;
- Projeto Geométrico;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Drenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Projeto de Sinalização;
- Projeto de Obras Complementares.

No **Projeto Executivo de Engenharia de Pavimentação e Drenagem das Ruas Duílio Scarton e João Saccani, nos Bairros Oséias e Santo Antônio, Fundão/ES,** foram contempladas as seguintes ruas:

RUA	ESTACAS						EXTENSÃO (m)
	INICIAL			FINAL			
Ramo 0 - Rua Duílio Scarton	0	+	0,00	30	+	15,948	615,95
Ramo 100 - Rua João Saccani	100	+	0,00	108	+	19,401	179,40
						EXTENSÃO TOTAL (m)	795,35

O presente Projeto é constituído pelo(s) seguinte(s) volume(s):

- **VOLUME 01 – RELATÓRIO DO PROJETO, contendo as metodologias, critérios e normas utilizados na elaboração dos estudos e projetos.**
- VOLUME 02 – PROJETO DE EXECUÇÃO, contendo os desenhos relativos ao projeto, detalhes e informações necessárias à execução da obra.
- VOLUME 03 – ORÇAMENTO, contendo orçamento da obra.

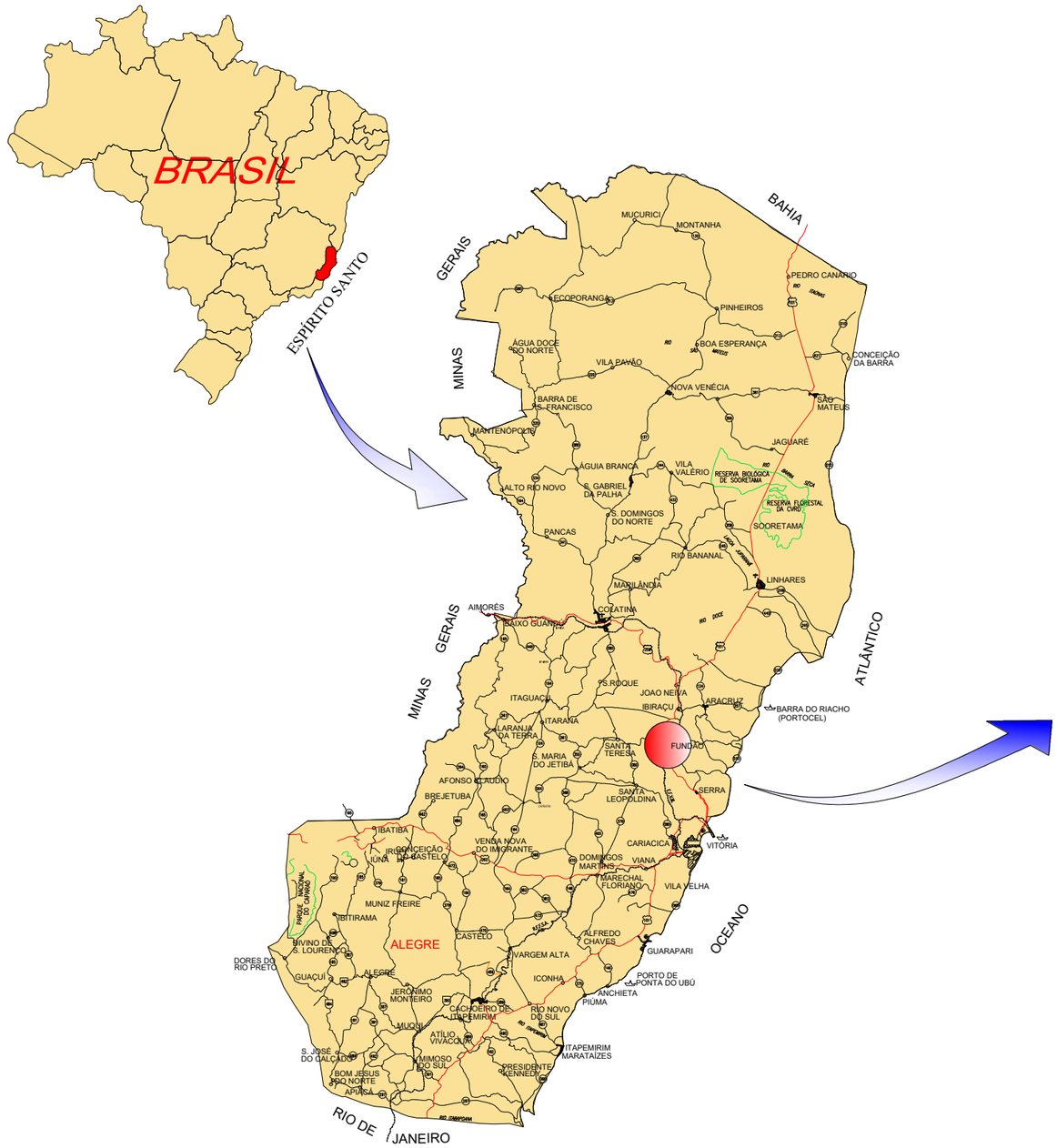
THIAGO GOMES BONOMO:05772065750

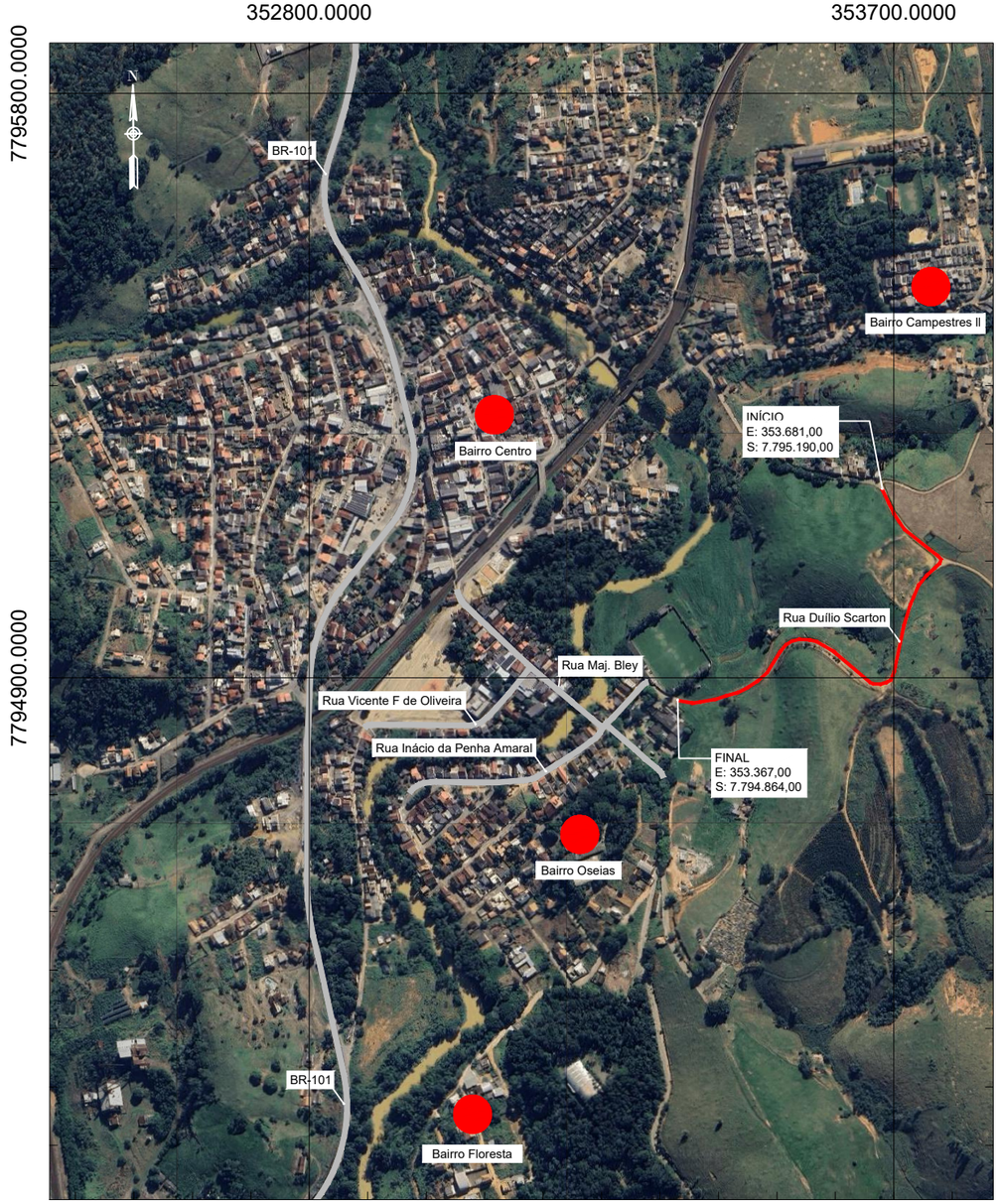
Assinado de forma digital por THIAGO GOMES BONOMO:05772065750
Dados: 2025.12.15 18:13:35 -03'00'

AVANTEC ENGENHARIA LTDA
Engº Thiago Gomes Bonomo
CREA: ES-018427/D

2 MAPA DE SITUAÇÃO / LOCALIZAÇÃO

Apresenta-se a seguir o *Mapa de Situação / Localização* destacando o presente empreendimento no contexto nacional e estadual, bem como a região de inserção, principais localidades e a rede de transporte no entorno das ruas Duílio Scarton e João Saccani nos bairros Oséias e Santo Antônio, Fundão/ES.





PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO

CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

TÍTULO: MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LOCAL: RUA DUÍLIO SCARTON, BAIRRO OSEIAS, FUNDÃO/ES

COORDENADOR : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	ESCALA: S/ESCALA	FORMATO: A3	PRANCHA: **MAP-01**
AUTOR DO PROJETO : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	REVISÃO: R. 0	DATA: 2025	

3 ESTUDOS

Adiante está sendo apresentada toda metodologia adotada nos estudos preliminares aos projetos executivos.

- Estudos Topográficos;
- Estudos Hidrológicos;
- Estudos Geológicos;
- Estudos Geotécnicos;

3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

O estudo topográfico objetivou a preparação da base planialtimétrica cadastral suficientemente detalhada para permitir o desenvolvimento do projeto geométrico e demais projetos correlatos.

Adiante está apresentado descritivo no que tange a poligonal base e marcos georreferenciados, base para a irradiação dos pontos, levantamento cadastral e do sistema de drenagem de greide e grotas existente.

3.1.1 IMPLANTAÇÃO DE REDE DE APOIO BÁSICO COM MARCOS DE CONCRETO

Em Outubro de 2025 as equipes foram mobilizadas para a Rua Duilio Scarton no **município de Fundão**, e após análise e planejamento dos serviços foram iniciados os trabalhos de campo. Para o presente levantamento topográfico foi necessário implantar, próximo à área de levantamento, um marco com GPS Geodésico (Base).

O transporte de coordenadas para o marco Base, foi feito através de uma triangulação geodésica medida com o equipamento GPS Prexiso (dupla frequência – L1 e L2) da marca Prexiso, modelo Prexiso, e o equipamento Trimble NetR5 da base de referência GNSS da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC): CEFE (RBMC- 93960).

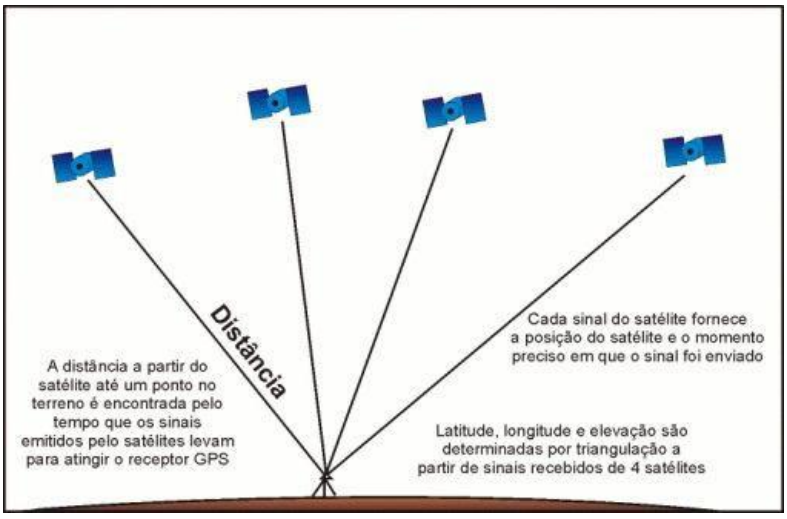


Figura 1 - Representação da captação de sinais dos satélites

Foi feita uma sessão de rastreio no modo estático com duração média de 1 hora para todos os marcos.

OBS.: RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – É a rede de vértices Geodésicos Brasileira, dotada de receptores GNSS (GPS e GLONASS) rastreando a constelação de satélites GPS e GLONASS, vinte quatro horas e sete dias por semana, ininterruptamente. Os dados observados pelos receptores da RBMC são disponibilizados no site do IBGE (www.ibge.gov.br).

3.1.2 PROCESSAMENTO DE VETORES

O processamento foi feito usando o programa TopconTolls da Topcon. A solução do processamento de todos os vetores foi feita com fixação da ambigüidade.

3.1.3 AJUSTAMENTO DE VETORES

O ajustamento dos vetores processados foi feito com o programa Topcon Tools. A injunção do ajustamento foi feita a partir do vértice CEFE (RBMC- 93960) cujas monografias foram baixadas do site do IBGE (www.ibge.gov.br). As coordenadas dos vértices do IBGE são mostradas na **Tabela 1**, a seguir.

Tabela 1 - Coordenadas dos vértices do IBGE.

SISTEMA DE REFERENCIA SIRGAS 2000 (WGS-84)					
Vértice	LATITUDE	LONGITUDE	ESTE	NORTE	ALT. ELIPS.
CEFE	20º 18' 38,8600" S	40º 19' 10,0376" W	362.241,724	7.753.574,912	14,314

O processamento e o ajustamento foram feitos no sistema de referência WGS-84.

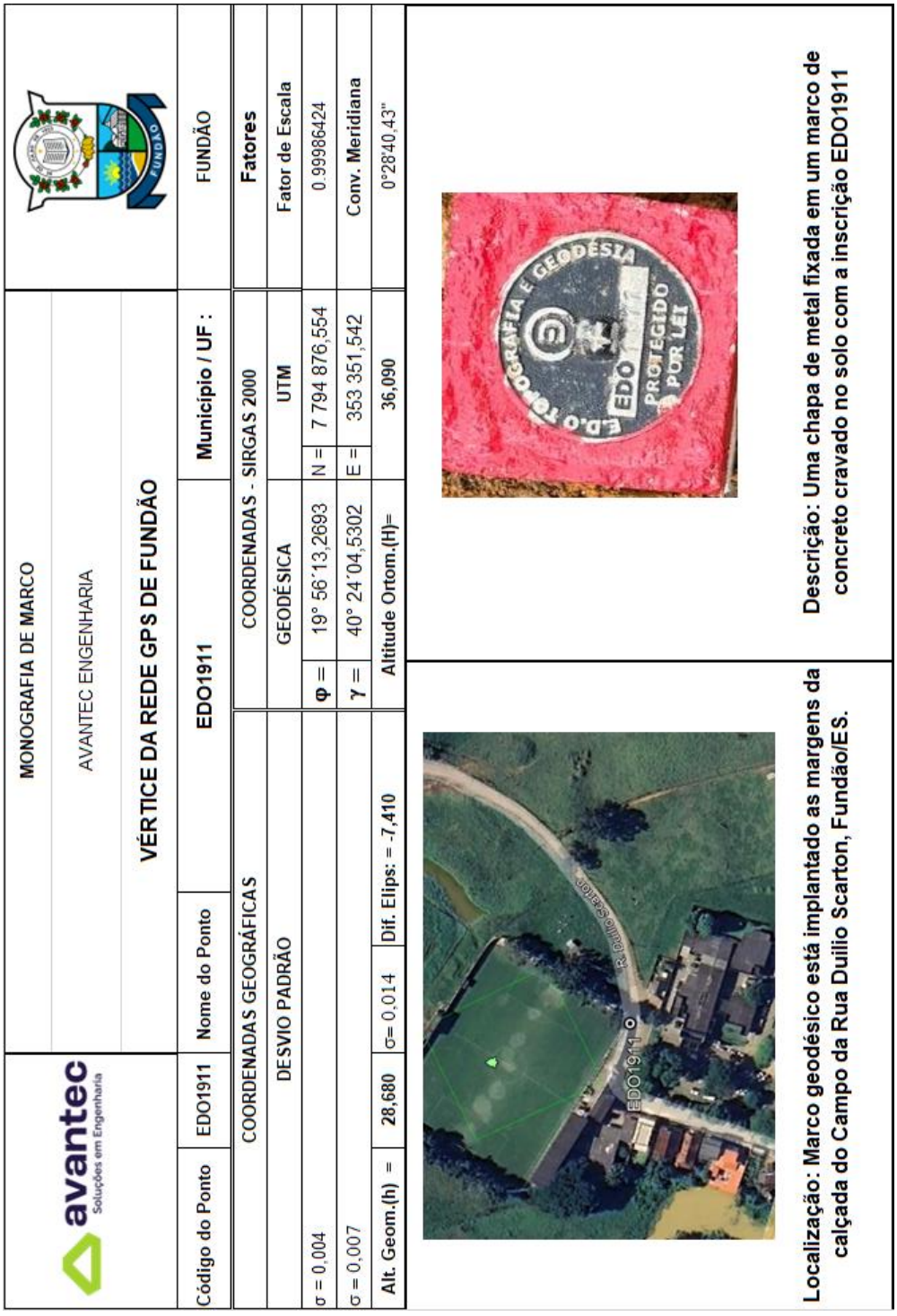
OBS.: As altitudes ortométricas (“altitudes reais”) foram calculadas com o programa MAPGEO-2015 do IBGE, que apresentam uma incerteza de +/- 17 cm.

As coordenadas dos marcos utilizados para o cálculo da área estão apresentadas abaixo no sistema SIRGAS 2000, **Tabela 2** a seguir.

O Datum Planimétrico adotado foi o **SIRGAS-2000** – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. O sistema de projeção adotado foi o **UTM** – Universal Transverso Mercator, fuso **24** – MC – **39o WGr**.

Tabela 2 - Coordenadas UTM dos Pontos de Apoio no Sistema SIRGAS 2000.

PONTO	NORTE	ESTE	COTA
EDO1911	7794876.554	353351.542	36,090



avantec Soluções em Engenharia	MONOGRAFIA DE MARCO AVANTEC ENGENHARIA VÉRTICE DA REDE GPS DE FUNDÃO																				
Código do Ponto	EDO1912	Nome do Ponto	EDO1912			Município / UF :															FUNDÃO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS						COORDENADAS - SIRGAS 2000															Fatores
DESVIO PADRÃO						GEODÉSICA						UTM									Fator de Escala
σ = 0,006						Φ =	19° 56'12,40"S					N =	7 794 904,462								0,9998637
σ = 0,006						γ =	40° 23'59,77"W					E =	353 489,836								Conv. Meridiana
Alt. Geom.(h) =	29,948	σ= 0,036	Dif. Elips: = -7,522			Altitude Ortom.(H)=							37,470								0°28'40,43"

Localização: Marco geodésico está implantado as margens do pasto proximo ao Campo da Rua Duilio Scarton, Fundão/ES.

Descrição: Uma chapa de metal fixada em um marco de concreto cravado no solo com a inscrição EDO1912

3.1.4 IRRADIAÇÃO DOS PONTOS

O levantamento topográfico da nuvem de pontos consistiu em pontos irradiados a partir da poligonal acima citada, utilizando a Estação Total TS02. Esse método consiste em cadastrar irradiações a partir dos pontos de apoio georreferenciados lançados em campo por meio do cadastro da poligonal e marcos geodésicos. A extensão da Poligonal para o levantamento topográfico foi de 366.625 m.

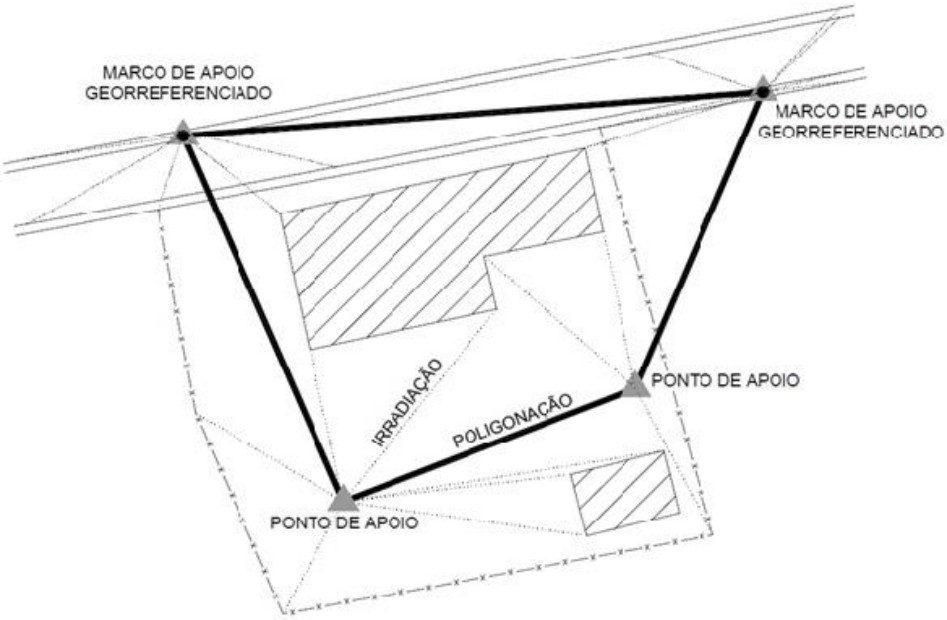
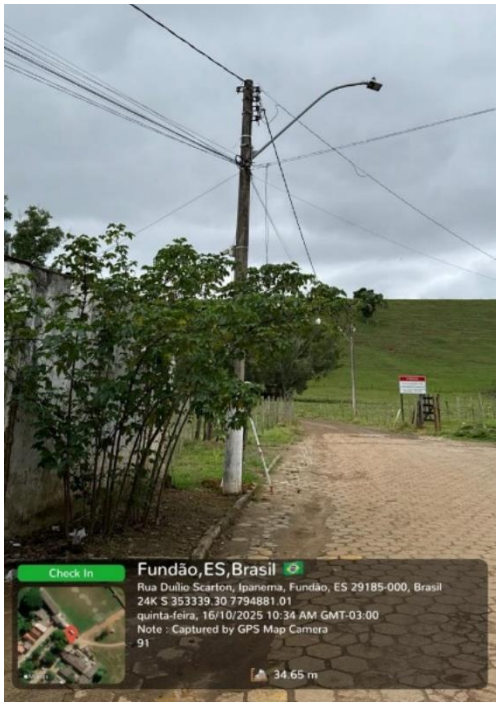
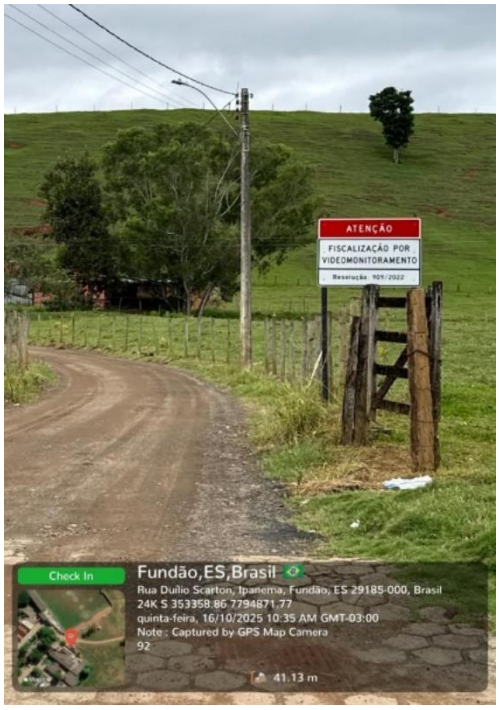
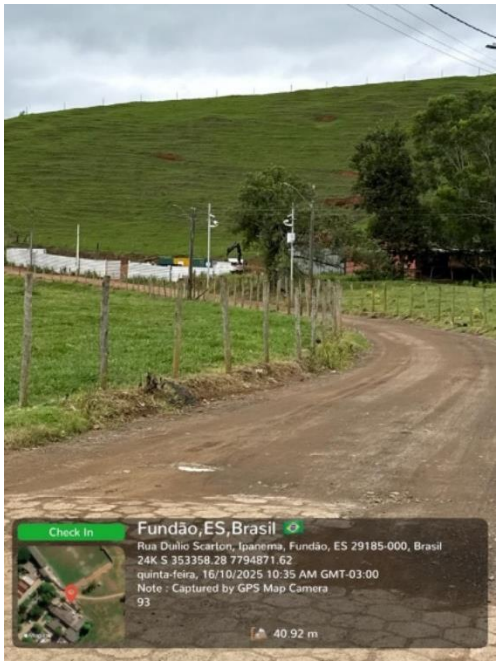


Figura 2 - Representação da captação de irradiações.

3.1.5 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO





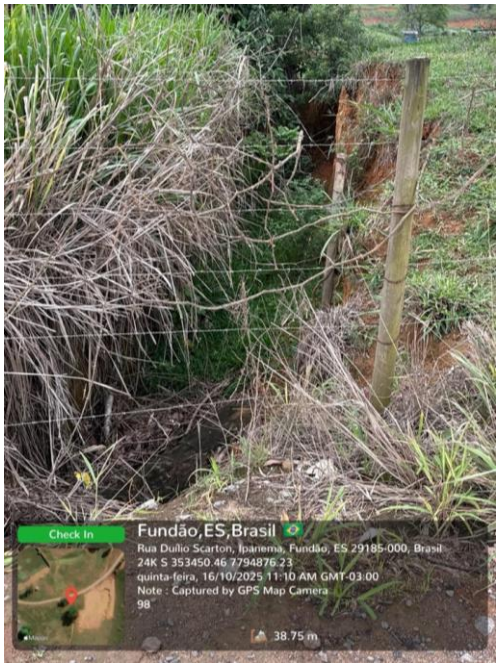




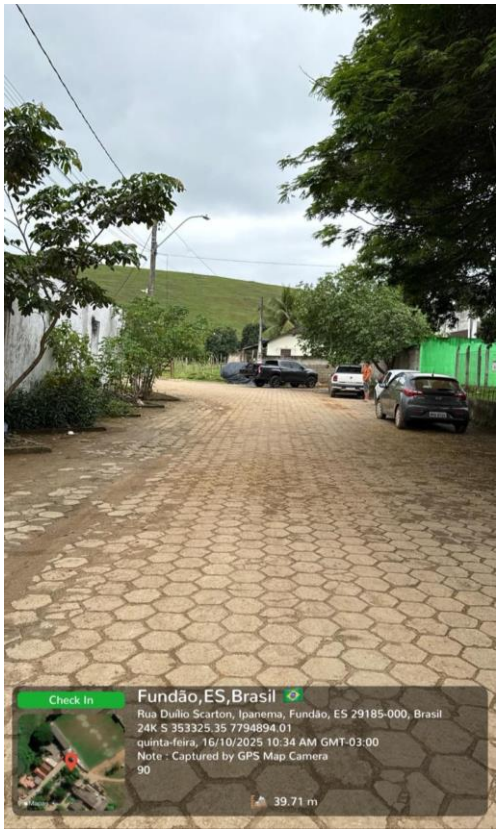

Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353492.80 7794902.92
quinta-feira, 16/10/2025 11:09 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
95
39.71 m

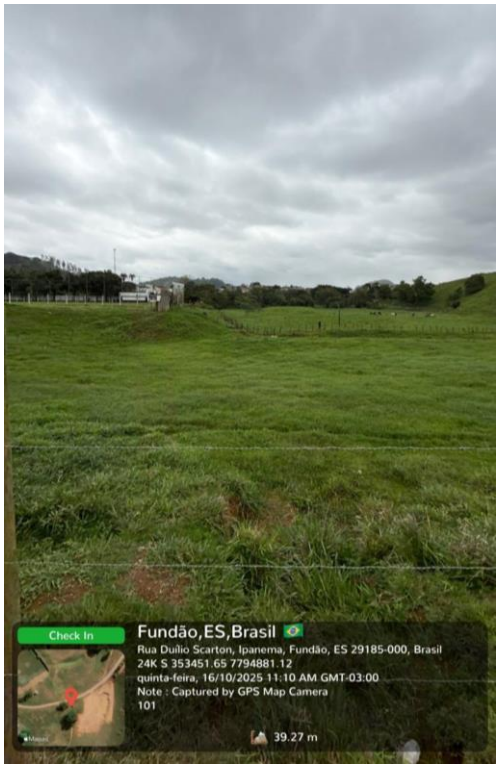

Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353446.82 7794876.80
quinta-feira, 16/10/2025 11:10 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
102
38.82 m

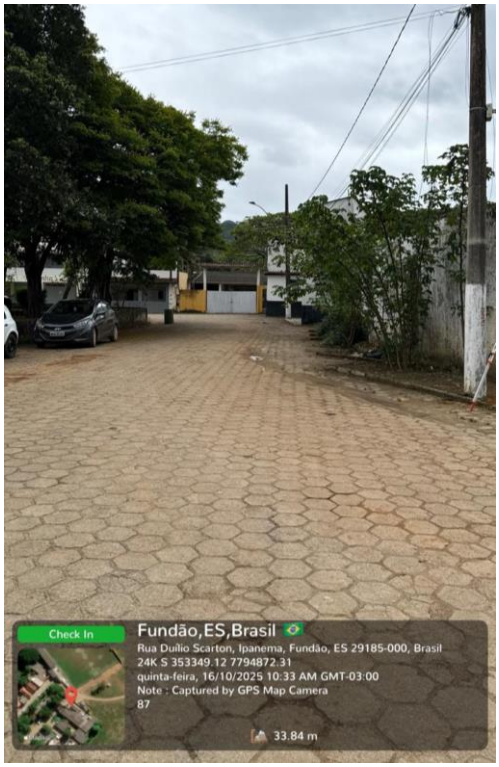

Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353475.06 7794886.81
quinta-feira, 16/10/2025 11:09 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
97


Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353450.46 7794876.23
quinta-feira, 16/10/2025 11:10 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
98
38.75 m


Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353451.93 7794881.18
quinta-feira, 16/10/2025 11:10 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
100
38.77 m


Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353325.35 7794894.01
quinta-feira, 16/10/2025 10:34 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
90
39.71 m


Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353451.65 7794881.12
quinta-feira, 16/10/2025 11:10 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
101
39.27 m


Check In
Fundão,ES,Brasil
Rua Duílio Scarton, Ipanema, Fundão, ES 29185-000, Brasil
24K S 353349.12 7794872.31
quinta-feira, 16/10/2025 10:33 AM GMT-03:00
Note : Captured by GPS Map Camera
87
33.84 m

3.1.6 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir o Relatório de Poligonal e no ***Volume 02 – Projeto de Execução***, o Levantamento Planialtimétrico em formato A1 e/ou A3 (ABNT), o resultado do levantamento executado.

3.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.2.1 INTRODUÇÃO

O ambiente de uma região é o resultado de interações complexas e dinâmicas entre diversos fatores físicos e bióticos que evoluíram ao longo do tempo. A intervenção humana, como a implantação de infraestrutura viária, altera o equilíbrio natural, demandando a busca por um novo estado de equilíbrio em um ambiente modificado.

Nesse contexto, o regime hídrico se destaca como um dos principais fatores modeladores, dada sua influência direta sobre os demais elementos físicos e bióticos. Para garantir a sustentabilidade de qualquer intervenção, é essencial que ela esteja alinhada ao regime hídrico local. Isso torna imprescindível a compreensão de fatores como fluviometria, padrões de chuva, regimes de cheias e outras variáveis hidrológicas.

Infraestruturas lineares, como as que compõem a malha viária, frequentemente interceptam as linhas de drenagem naturais. Para que as estruturas de transposição, como bueiros e pontes, sejam adequadamente dimensionadas e não sofram comprometimento durante eventos pluviométricos, é fundamental compreender os regimes hídricos das áreas interceptadas. Enquanto para rios com séries históricas de dados, a previsão de cheias se baseia em distribuições estatísticas, para cursos d'água com poucos ou nenhum dado, a modelagem matemática que transforma chuva em vazão torna-se a alternativa técnica preferencial.

Os estudos hidrológicos do Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da rua Duílio Scarton foram desenvolvimentos em consonância com os seguintes documentos:

- Instrução de Serviço IS-203 – Estudos Hidrológicos, constante na publicação IPR nº 726 do DNIT;
- Manual de Hidrologia Básica para estruturas de drenagem. Publicação IPR nº 715 do DNIT;
- Manual de Drenagem de Rodovias. Publicação IPR nº 724 do DNIT.

3.2.1.1 OBJETIVO

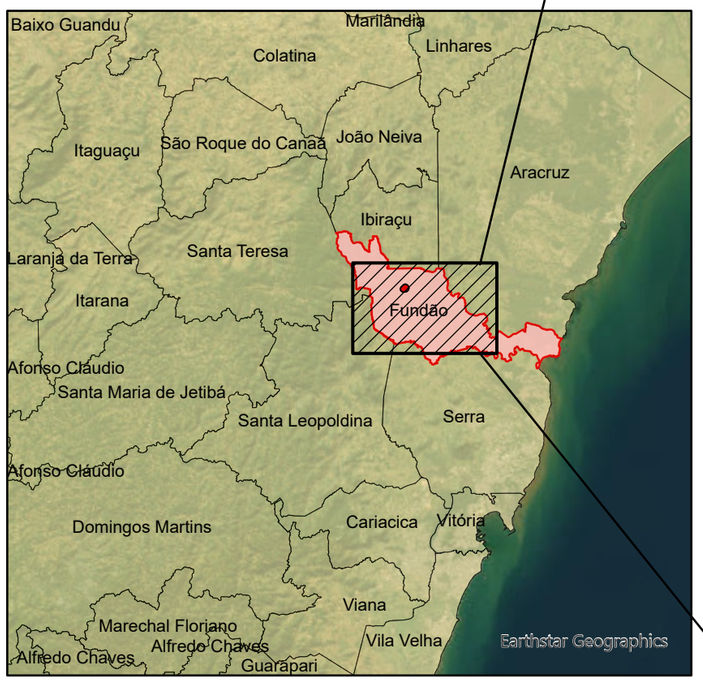
Este Estudo Hidrológico tem por objetivo principal a apresentação dos métodos e procedimentos a serem usados no dimensionamento dos dispositivos de drenagem envolvendo, entre outros, as obra-de-arte correntes (bueiros e galerias), as obras de drenagem

superficial (sarjetas, valetas, canaletas etc), além da fixação das seções de vazão das obras-de-arte especiais (pontes e pontilhões).

3.2.1.2 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA

A Figura 3 apresenta o mapa de localização do trecho em estudo. Este mapa destaca a localização do traçado no contexto local, estadual e nacional, evidenciando as principais vias e localidades. Além disso, apresenta a hidrografia básica que sob influência do traçado. Além disso, apresenta a hidrografia básica que está sob influência do traçado.







N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Fundão
- Hidrografia
- Rodovias Estaduais

Documentação e Referências

AGERH. Hidrografia. 2022.
ESRI. Imagery basemap. 2022.
IDAF. Limites Municipais. 2018.
DER-ES. Rodovias Estaduais. 2021.

ø	Emissão original	2025
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título:
Mapa de Localização

Responsável técnico:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Elaboração:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Escala: 1:6.000
0 45 90 180 m

Folha: 1 de 1
Local: Fundão/ES
Papel: A3
Nº: EH-01

Contratante:
Contratada: avantec Soluções em Engenharia

3.2.2 FASE PRELIMINAR: COLETA E CARACTERIZAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA

Os estudos hidrológicos na fase preliminar têm como objetivos:

- Coletar dados hidrológicos;
- Definir as bacias de contribuição;

Para a realização dos estudos da fase preliminar, foram realizadas as seguintes ações:

- Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais, estudos existentes, que permitiram a caracterização climática, pluviométrica e fluviométrica da região, e mais especificamente, da área em que se localiza o empreendimento em tela.
- Coleta de elementos que permitiram a definição das dimensões e demais características físicas das bacias de contribuição (forma, declividade, tipo de solo, recobrimento vegetal) tais como: levantamentos aerofotogramétricos, cartas geográficas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos e/ou outras cartas disponíveis.
- Coleta de elementos que permitam a identificação das modificações futuras que ocorrerão nas bacias tais como projetos, planos diretores e tendências de ocupação.

3.2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A partir do cruzamento do traçado de projeto com mapeamentos hidrográficos locais e com informações do Modelo Digital de Terreno – MDT disponibilizado pelo IEMA (2018) e de topografia, foi realizada a delimitação das bacias de contribuição, por meio de operações de geoprocessamento no *software ArcMap* 10.8.1, resultando no mapa que se encontra apresentado na Figura 4. Assim também foram apropriadas as características morfométricas das sub-bacias que compõem a área em estudo (Tabela 3).

Tabela 3 – Características morfométricas da sub-bacia estudada.

Sub-Bacia	Curso d'Água	Área (Km²)	L (Km)	Desnível (m)	i (%)
SB01	Córrego A	0,11	1,30	6,00	0,46



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Sub-bacia
- Hidrografia

Documentação e Referências

AGERH. Hidrografia. 2022
ESRI. Imagery basemap. 2022.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto:
Projeto de Engenharia de Drenagem
e Pavimentação da Rua Dulío Scarton

Título:
Mapa de Sub-bacia

Coordenador:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Autor do Projeto:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Escala: 1:5.000
0 37,5 75 150 m

Folha: 1/3
Local: Fundão/ES

Papel: A3
Nº: EH-02

Contratante:

Contratada:
avantec
Soluções em Engenharia

3.2.2.1.1 Pedologia

O mapeamento pedológico da área de estudo foi realizado a partir da revisão de trabalhos correlatos já publicados e da análise dos mapas de solos existentes. A região foi contemplada em dois estudos pedológicos oficiais, que resultaram em cartas de solos nas escalas 1:5.000.000 (IBGE, 198?) e 1:250.000 (RADAMBRASIL, 1983). Esses mapeamentos foram atualizados por Cunha e colaboradores (2016), que correlacionaram as unidades de mapeamento de solos com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), produzindo um mapa atualizado de solos do Espírito Santo, digitalizado na escala de 1:400.000. Este último foi utilizado como base cartográfica para o presente estudo.

As informações cartográficas e da literatura consultada foram complementadas com dados de uso e ocupação dos solos e de relevo, permitindo a análise da distribuição dos solos em função das condições geomorfológicas. As informações foram consolidadas em ambiente computacional, possibilitando a elaboração do Mapa Pedológico apresentado na Figura 5.

Foi identificado no município de Fundão, conforme a classificação do SiBCS, a presença de Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho; Cambissolo Háplico; Espodossolo Humilúvico; Gleissolo Háplico; Gleissolo Melânico; Latossolo Amarelo; Latossolo Vermelho-Amarelo; Neossolo Flúvico; Neossolo Quartzarênico; e Neossolo Litólico.

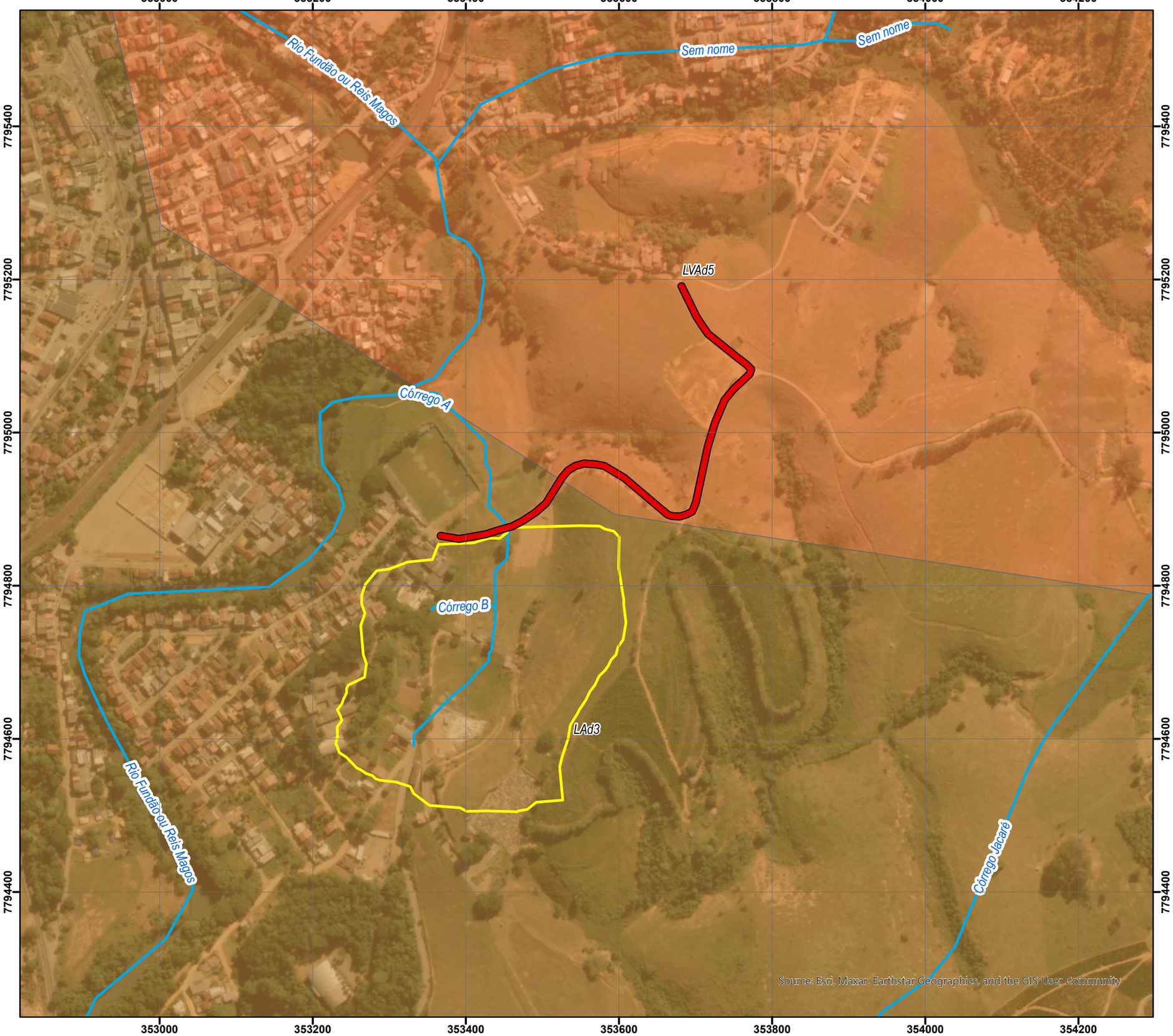
Especificamente, na região do empreendimento foram encontrados: Latossolo Amarelo, e associação de Latossolo Vermelho-amarelo, Argissolo Vermelho e Afloramento Rochoso.

Latossolos

Solos de intemperização intensa chamados popularmente de solos velhos, sendo definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) pela presença de horizonte diagnóstico latossólico e características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases.

Apresentam normalmente baixa fertilidade, exceto quando originados de rochas mais ricas em minerais essenciais às plantas, acidez e teor de alumínio elevados. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, associadas a uma boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura mais grosseira em climas mais secos.

- Latossolo Amarelo: Solos desenvolvidos de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica relacionados à Formação Alter-do-Chão, podendo também ocorrer fora destes ambientes quando atenderem aos requisitos de cor definidos pelo SiBCS. A cor amarelada é uniforme em profundidade, o mesmo ocorrendo com o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa. Outro aspecto de campo refere-se à elevada coesão dos agregados estruturais (solos coesos) (Embrapa, 2021).
- Latossolo Vermelho-Amarelo: são solos profundamente intemperizados, característicos de regiões tropicais úmidas, apresentando coloração que varia entre o vermelho e o amarelo em função da proporção entre óxidos de ferro e de alumínio. Possuem textura predominantemente argilosa, estrutura granular bem desenvolvida e boa permeabilidade, o que favorece a drenagem interna. Apesar disso, são solos de baixa fertilidade natural devido à intensa lixiviação de nutrientes, exigindo práticas adequadas de manejo e correção da acidez para uso agrícola sustentável. Esses solos ocorrem, em geral, sobre materiais geológicos diversos e em relevo suave ondulado a plano, sendo amplamente distribuídos no território brasileiro (Embrapa, 2021).



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Sub-bacia
- Hidrografia

Pedologia

- LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico,G02 Latossolos Vermelho-Amarelos
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico,G02 Latossolos Vermelho-Amarelos

Documentação e Referências

AGERH. Hidrografia. 2022
EMBRAPA. Pedologia. 2016
ESRI. Imagery basemap. 2022.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto: Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título: Mapa de Pedologia

Coordenador:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Autor do Projeto:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Escala: 1:5.000

0 37,5 75 150 m

Folha: 1/1

Local: Fundão/ES

Papel: A3

Nº: EH-03

Contratante:

Contratada: avantec Soluções em Engenharia

3.2.2.1.2 Uso e Ocupação do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias foi elaborado por meio de corte do mapa do Uso do Solo do Espírito Santo (IEMA, 2017), que tem por base os registros efetuados no sobrevoo ocorrido em 2012 e 2015, em escala 1:10.000. Foram identificadas as seguintes categorias de uso do solo:

- Área Edificada: 12% da área;
- Cultivo Agrícola: Café;
- Pastagem;

A Figura 6 apresenta o Mapa do uso do solo para a região em estudo.



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Sub-bacia
- Hidrografia

Uso e Ocupação do Solo

- Cultivo Agrícola - Café
- Pastagem
- Área Edificada 12%

Documentação e Referências

AGERH. Hidrografia. 2022
ESRI. Imagery basemap. 2022.
IEMA. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo. 2015

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto: Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título: Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Coordenador:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Autor do Projeto:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Escala: 1:6.000 — 0 45 90 180 m

Folha: 1/1

Local: Fundão/ES

Papel: A3

Nº: EH-04

Contratante:

Contratada: avantec Soluções em Engenharia

3.2.2.1.3 Caracterização Climática

A área do empreendimento se enquadra na seguinte zona climática, segundo a classificação climática de Koppen (EMBRAPA, 2006):

Am: Clima tropical chuvoso de monção. A média da temperatura do mês mais frio é superior a 18ºC e a média da precipitação do mês mais seco inferior à 60mm.

Aw: Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18ºC. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm.

Cfa: Clima temperado úmido com verão quente. Estações de verão e inverno bem definidas. Nesse tipo de clima as temperaturas são superiores a 22ºC no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês seco.

Cfb: Clima temperado, com verão moderadamente quente. Nesse tipo de clima ocorrem chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C. Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C.

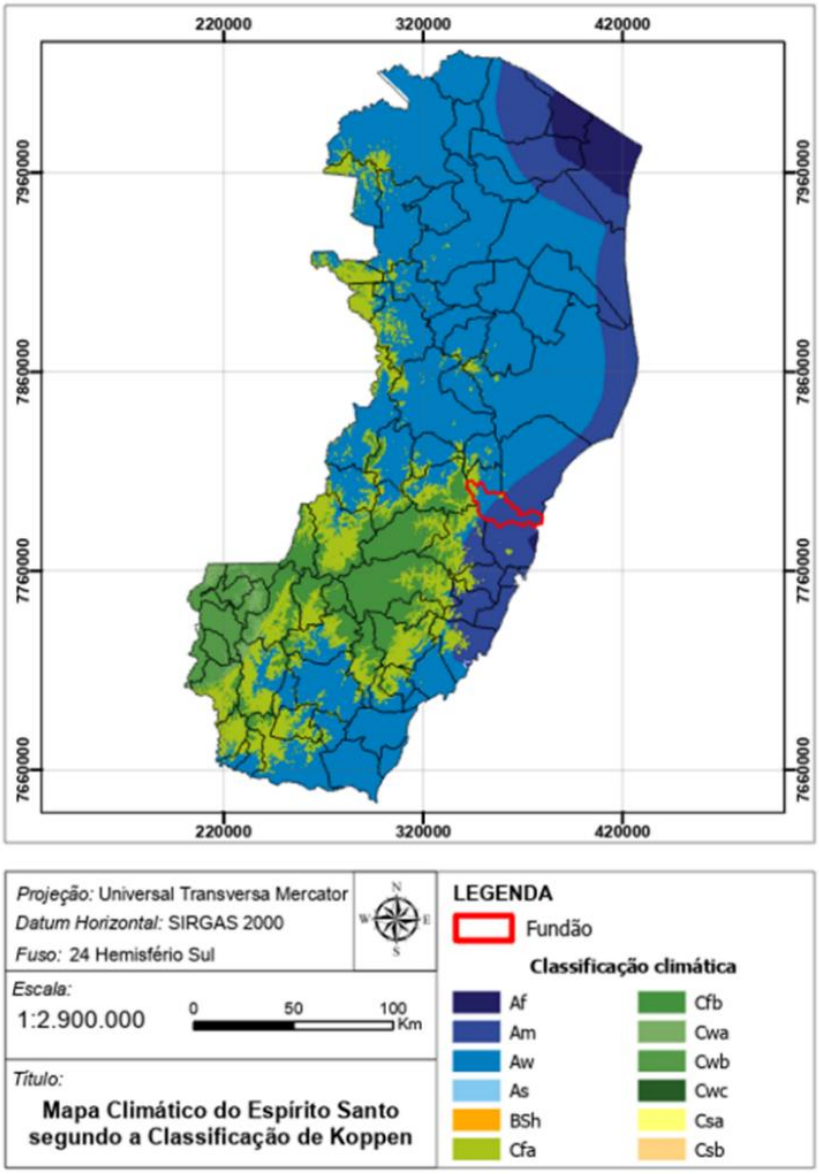


Figura 7 – Mapa climático do Espírito Santo, segundo a classificação de Koppen. Destaque para o município de Fundão.

A Figura 8 apresenta o gráfico de temperaturas médias para o município de Fundão estimadas pelo Incaper (2023). A temperatura média anual é de 24,1 °C, com a maior média ocorrendo no mês de fevereiro, com 26,8 °C, caracterizando como um mês típico de verão e a menor média ocorre no mês de julho 21,4 °C, período em que ocorrem temperaturas amenas na região (INCAPER, 2023).

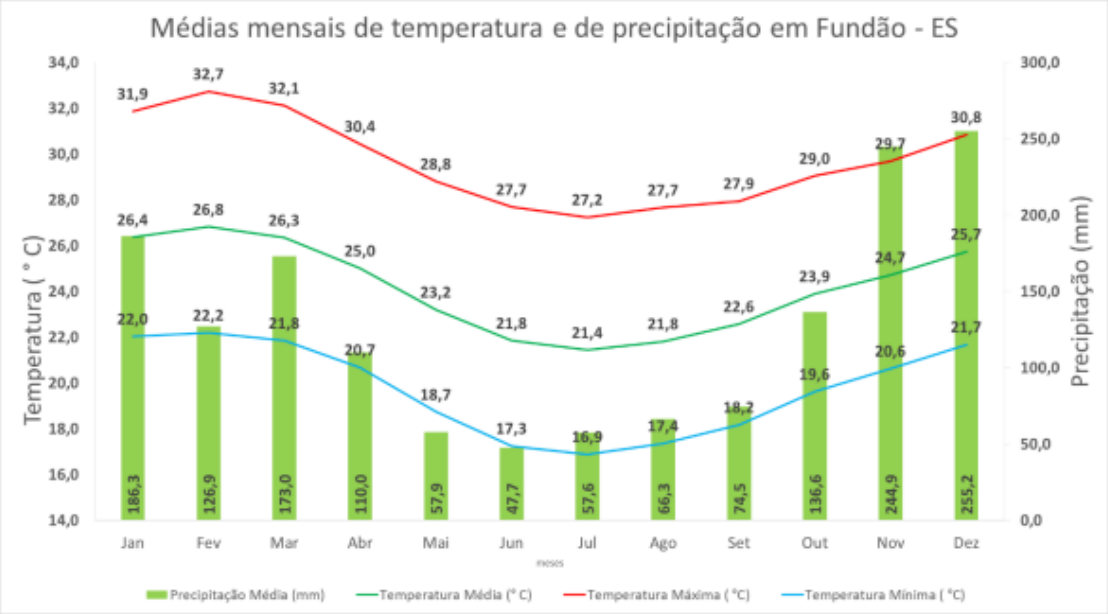


Figura 8 – Médias Mensais de Temperatura na área de influência do empreendimento.

Fonte: Incaper, 2023.

Em relação as temperaturas máximas, os valores oscilam entre 27,2 °C em julho e 32,7 °C em fevereiro. Em relação as temperaturas mínimas, os valores oscilam entre 16,9 °C em julho e 22,2 °C em fevereiro. Considerando os aspectos sazonais de temperatura, o trimestre mais quente do ano normalmente ocorre entre os meses de janeiro, fevereiro e março, sendo observada a maior amplitude térmica no mês de fevereiro.

Por outro lado, o trimestre mais frio ocorre normalmente entre os meses de junho, julho e agosto, porém, a menor amplitude térmica é observada apenas no mês de novembro.

3.2.2.1.4 Caracterização Pluviométrica

3.2.2.1.4.1 Escolha do Posto Pluviométrico

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), disponível no portal oficial do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Este sistema oferece acesso a um banco de dados abrangente, que reúne todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), incluindo dados sobre níveis fluviais, vazões, precipitação, climatologia, qualidade da água e sedimentos.

Na escolha da estação pluviométrica foram adotados os seguintes parâmetros:

- Série histórica mínima de 30 anos;
- Dados pluviométricos recentes;
- Medição constante;
- Localização da estação em relação ao trecho.

Ressalta-se que as estações não operadas pela ANA, geralmente, não possuem dados consistidos de medição, além de apresentarem defasagem ou falhas na disponibilização. Assim, preferencialmente, optou-se por coletar dados de estações sob responsabilidade da ANA, mais próximas da região de interesse, devido a consistência dos dados e da constância de medição, fatores que influenciam nos resultados das estatísticas de chuvas.

A Figura 9 apresenta um mapa com a localização de estações pluviométricas em um raio de 10 km do local de interesse, enquanto a Tabela 4 apresenta as características destas.

Conforme Tabela 4, existe uma estação com série histórica superior a 30 anos: a estação Fundão (código 1940007). Já a estação Fundão – SÃO JOSÉ (código 2041125) não possui registros de precipitação disponíveis.

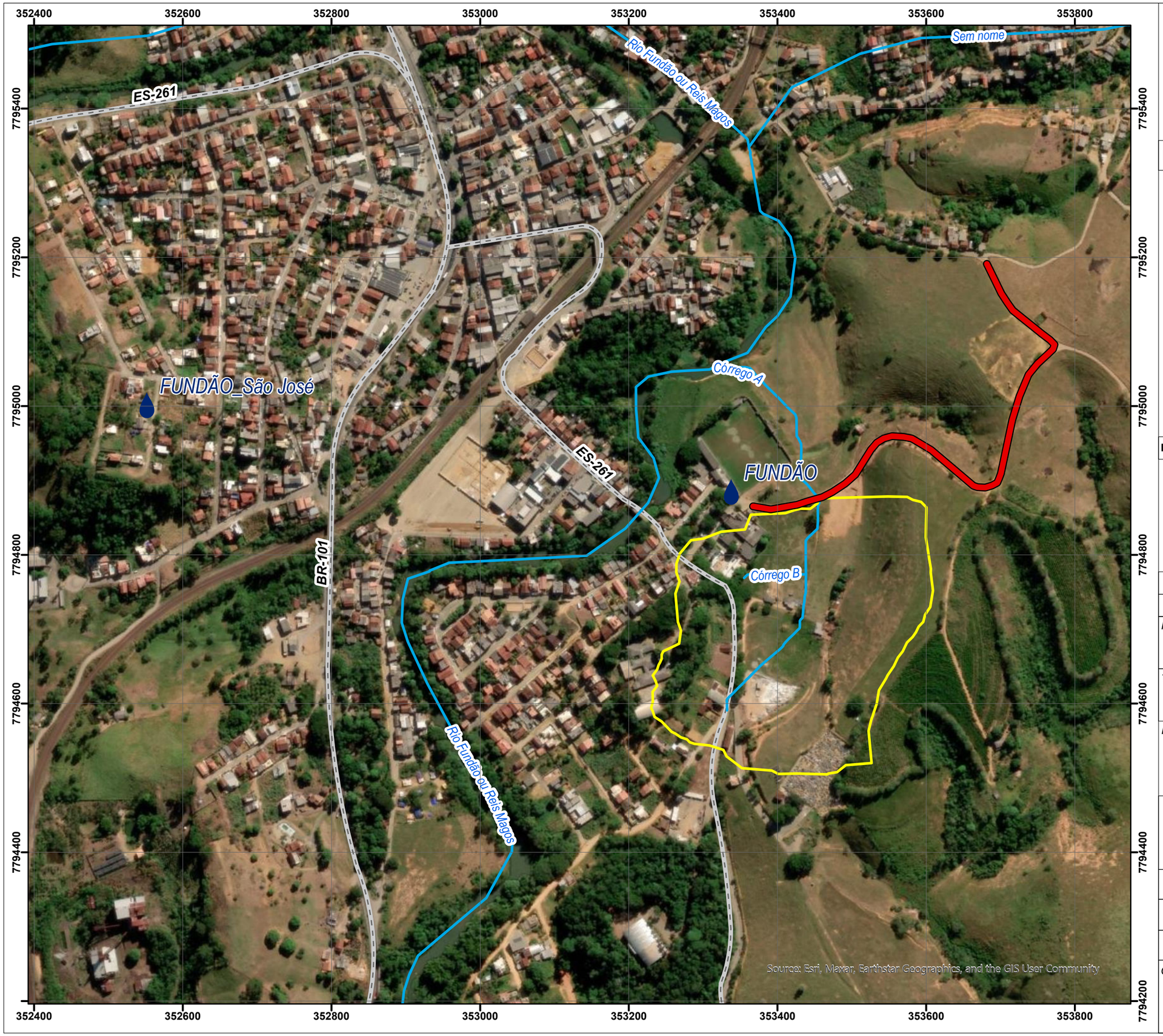
Por esse motivo, optou-se por utilizar a estação Fundão - 1940007, que possui dados mais recentes, abrangendo o período de 1948 até os dias atuais.

Tabela 4 – Características dos postos pluviométricos instalados em até 10km do traçado.

Código	Estação	Dist (km)	Resp.	Op.	Município	Lat.	Long.	Período de Observ	Obs.*
1940007	Fundão	0,127	Ana	SBG-CPRM	Fundão	-19.9369	-40.4014	Jan-1948 - Dias atuais	Apta
2041125	Fundão - SÃO JOSÉ	0,975	Cemaden	Cemaden	Fundão	-19.9358	-40.4089	Sem dados disp.	Inapta

Fonte: Hidroweb/Ana (2025) adaptado pelos autores (2025).

*Situação da estação com relação aos critérios de escolha (Apto ou Inapto).



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Sub-bacia
- Estações Pluviométricas
- Hidrografia
- Rodovias Estaduais

Documentação e Referências

ANA. Rede Hidrometeorológica. 2022.
ESRI. Imagery basemap. 2022.
DER-ES. Rodovias Estaduais. 2021.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto:
Projeto de Engenharia de Drenagem
e Pavimentação da Rua Dulílio Scarton

Título:
Estações Pluviométricas próximas a área de Projeto

Responsável técnico:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Elaboração:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Escala: 1:5.000
0 40 80 160 m

Folha: 1 de 1
Local: Fundão/ES
Papel: A3
Nº: EH-05

Contratante:
Contratada:
avantec
Soluções em Engenharia

3.2.2.1.4.2 *Apresentação dos dados de precipitação*

A Tabela 5 apresenta os totais mensais de precipitação medidos na estação Fundão -1940007 juntamente com os valores de máximas, mínimas e médias mensais e anuais.

Tabela 5 – Histórico da precipitação mensal para o período de 1949 a 2024, na estação Fundão.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Máx	Min	Méd
1949	404,2	331,5	170,0	84,0	29,8	78,1	16,3	79,9	12,7	188,1	164,2	355,5	1.914,3	404,2	12,7	160,0
1950	109,1	137,6	105,0	184,0	85,8	224,0	71,1	22,6	35,6	36,9	327,1	330,7	1.669,5	330,7	22,6	139,0
1951	121,7	155,4	178,7	97,9	57,6	202,8	64,0	95,3	64,0	136,0	27,8	398,0	1.599,2	398,0	27,8	133,0
1952	479,3	78,3	191,2	118,0	73,0	33,4	153,9	65,7	87,9	46,0	548,4	471,6	2.346,7	548,4	33,4	196,0
1953	73,2	116,3	84,8	113,2	20,7	25,5	36,6	23,8	36,6	69,3	318,6	426,7	1.345,3	426,7	20,7	112,0
1954	28,8	84,6	124,9	56,7	39,5	35,0	106,4	58,0	48,0	60,0	173,8	128,0	943,7	173,8	28,8	79,0
1955	123,8	66,5	75,8	236,4	72,5	8,4	24,0	33,3	41,6	132,0	277,2	214,1	1.305,6	277,2	8,4	109,0
1956	10,8	144,3	224,1	29,0	70,4	68,4	59,8	78,4	60,0	117,2	212,0	170,0	1.244,4	224,1	10,8	104,0
1957	124,4	94,6	258,0	202,6	236,8	91,8	44,6	7,6	57,8	50,0	332,6	180,0	1.680,8	332,6	7,6	140,0
1958	208,8	158,0	259,4	326,8	131,6	44,2	117,4	30,0	153,2	218,8	100,8	103,2	1.852,2	326,8	30,0	154,0
1959	108,0	24,0	166,2	120,8	89,8	12,2	52,0	23,5	202,0	124,2	191,2	340,0	1.453,9	340,0	12,2	121,0
1960	500,4	164,1	590,4	32,2	28,0	32,6	122,0	76,2	54,6	167,3	207,0	79,0	2.053,8	590,4	28,0	171,0
1961	418,8	99,8	59,8	88,0	116,6	258,0	110,5	7,2	14,8	89,8	41,6	262,6	1.567,5	418,8	7,2	131,0
1962	236,6	105,8	115,6	26,0	61,8	46,4	53,6	3,6	49,4	103,8	107,8	370,0	1.280,4	370,0	3,6	107,0
1963	36,2	151,6	65,8	20,1	34,8	81,2	54,0	32,8	3,2	39,4	112,2	76,6	707,9	151,6	3,2	59,0
1964	331,1	174,4	181,0	141,6	6,6	30,5	82,4	116,8	151,3	163,2	222,6	246,2	1.847,7	331,1	6,6	154,0
1965	196,6	177,8	58,2	77,0	227,8	78,6	58,0	9,8	53,8	161,0	272,8	14,4	1.385,8	272,8	9,8	115,0
1966	213,0	36,2	23,6	86,4	82,2	20,4	128,8	18,4	119,6	128,6	265,6	59,8	1.182,6	265,6	18,4	99,0
1967	64,0	174,6	146,2	120,8	166,8	40,2	45,8	53,0	36,9	98,0	201,5	238,6	1.386,4	238,6	36,9	116,0
1968	126,5	320,1	179,4	34,3	16,7	64,5	107,3	131,1	112,0	187,3	168,3	117,6	1.565,1	320,1	16,7	130,0
1969	80,9	65,7	88,2	38,4	21,4	280,7	48,3	19,3	47,4	155,4	184,6	226,7	1.257,0	280,7	19,3	105,0
1970	356,8	119,3	45,7	144,4	10,0	44,0	284,2	77,7	66,3	258,5	269,3	272,3	1.948,5	356,8	10,0	162,0
1971	19,8	22,9	45,6	33,1	15,4	151,1	89,7	129,5	169,6	247,0	563,1	208,1	1.694,9	563,1	15,4	141,0
1972	97,6	98,0	55,2	38,6	117,0	42,6	106,4	63,2	161,3	43,4	365,7	352,9	1.541,9	365,7	38,6	128,0
1973	119,6	67,2	350,0	95,7	23,8	5,8	41,0	14,1	42,6	227,7	106,3	238,2	1.332,0	350,0	5,8	111,0
1974	365,0	208,5	301,1	46,0	141,0	10,3	15,9	6,0	52,6	330,0	116,0	124,3	1.716,7	365,0	6,0	143,0
1975	328,0	212,9	168,4	66,8	85,0	111,5	73,4	21,1	109,6	179,7	179,4	67,1	1.602,9	328,0	21,1	134,0
1976	34,4	82,8	113,6	30,5	56,0	2,8	112,2	38,3	126,7	170,2	330,2	338,5	1.436,2	338,5	2,8	120,0
1977	165,7	85,3	6,9	89,8	86,5	45,3	40,0	1,2	60,0	257,6	332,0	249,4	1.419,7	332,0	1,2	118,0
1978	67,3	249,7	163,1	75,6	40,0	23,2	264,3	52,2	245,3	116,4	105,4	168,1	1.570,6	264,3	23,2	131,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Máx	Min	Méd
1979	574,0	334,8	269,3	52,5	51,7	21,8	75,7	11,3	28,7	114,2	268,6	229,4	2.032,0	574,0	11,3	169,0
1980	378,8	308,3	77,2	234,0	70,2	35,6	34,5	45,0	24,6	66,1	169,9	568,9	2.013,1	568,9	24,6	168,0
1981	176,4	211,6	288,9	176,8	113,7	61,6	22,1	66,2	13,4	172,3	429,9	86,2	1.819,1	429,9	13,4	152,0
1982	203,7	70,4	236,3	99,0	89,0	25,6	47,7	121,4	57,9	91,6	43,8	90,6	1.177,0	236,3	25,6	98,0
1983	354,3	181,9	108,0	66,7	54,2	36,5	27,6	14,6	362,1	183,9	441,0	295,0	2.125,8	441,0	14,6	177,0
1984	46,8	116,8	287,7	173,7	21,7	33,5	26,4	91,2	85,8	214,1	197,2	284,8	1.579,7	287,7	21,7	132,0
1985	504,8	28,0	106,9	56,9	38,7	11,4	42,7	67,7	105,5	270,0	200,4	289,5	1.722,5	504,8	11,4	144,0
1986	103,4	136,2	32,2	46,3	38,5	31,9	19,9	97,8	57,4	20,7	98,0	153,8	836,1	153,8	19,9	70,0
1987	178,5	89,1	248,1	130,4	34,1	35,3	19,1	14,0	65,4	41,9	457,4	280,3	1.593,6	457,4	14,0	133,0
1988	178,9	75,9	75,5	53,2	25,6	54,4	33,7	47,7	112,1	136,3	127,2	254,6	1.175,1	254,6	25,6	98,0
1989	105,5	101,8	197,8	57,0	52,5	56,4	23,4	161,2	8,6	47,5	355,4	493,9	1.661,0	493,9	8,6	138,0
1990	16,2	49,8	10,4	178,5	16,7	15,9	43,1	59,4	36,6	218,6	151,0	188,9	985,1	218,6	10,4	82,0
1991	160,3	155,0	171,8	49,9	126,6	66,4	202,3	133,6	118,9	101,5	186,4	187,1	1.659,8	202,3	49,9	138,0
1992	462,2	135,5	80,6	47,5	27,4	65,8	124,5	72,9	116,8	167,9	270,9	196,7	1.768,7	462,2	27,4	147,0
1993	117,2	55,7	21,5	156,6	59,1	47,0	38,8	45,2	25,9	51,0	92,9	177,0	887,9	177,0	21,5	74,0
1994	166,5	72,6	280,6	117,5	136,3	12,8	50,7	9,0	32,9	68,7	114,1	107,3	1.169,0	280,6	9,0	97,0
1995	42,1	84,1	155,8	62,2	31,3	34,7	142,2	145,2	76,8	155,8	163,8	443,6	1.537,6	443,6	31,3	128,0
1996	92,4	91,7	91,2	131,0	33,3	54,5	43,2	29,7	124,8	216,7	415,1	161,9	1.485,5	415,1	29,7	124,0
1997	238,6	240,2	520,0	137,5	43,3	13,0	4,5	10,0	25,4	89,5	264,0	273,0	1.859,0	520,0	4,5	155,0
1998	230,0	102,0	76,0	88,0	11,0	29,0	15,2	21,0	37,0	295,7	132,5	194,4	1.231,8	295,7	11,0	103,0
1999	55,6	16,6	233,5	49,5	9,2	92,2	76,3	39,5	8,9	115,6	300,2	281,3	1.278,4	300,2	8,9	107,0
2000	309,2	116,3	177,6	164,0	32,9	59,3	28,4	48,9	125,7	15,1	286,7	429,4	1.793,5	429,4	15,1	149,0
2001	85,9	79,2	80,0	44,2	112,5	49,0	33,6	97,6	115,5	163,5	525,1	333,1	1.719,2	525,1	33,6	143,0
2002	164,9	292,8	55,9	69,5	66,3	31,0	37,4	102,3	132,2	38,3	84,7	151,1	1.226,4	292,8	31,0	102,0
2003	221,1	28,0	32,0	127,4	57,3	0,9	52,7	27,9	18,8	111,9	37,9	324,2	1.040,1	324,2	0,9	87,0
2004	272,9	211,1	426,0	163,0	15,6	68,1	40,4	36,4	25,9	110,8	168,5	291,5	1.830,2	426,0	15,6	153,0
2005	115,8	349,0	230,7	63,3	349,0	257,2	89,9	38,7	96,0	13,5	319,0	191,8	2.113,9	349,0	13,5	176,0
2006	54,8	65,0	350,9	160,1	1,0	88,9	36,5	56,4	58,6	190,4	258,4	264,3	1.585,3	350,9	1,0	132,0
2007	152,0	173,2	71,5	137,7	16,8	28,4	6,3	46,1	104,0	16,5	281,2	100,2	1.133,9	281,2	6,3	94,0
2008	96,3	215,1	154,7	31,2	56,0	24,0	13,9	29,5	56,2	113,6	551,7	195,2	1.537,4	551,7	13,9	128,0
2009	444,1	58,9	191,8	311,3	20,7	45,4	68,3	42,8	32,5	540,7	198,8	138,9	2.094,2	540,7	20,7	175,0
2010	3,0	43,6	287,5	71,2	59,3	8,2	143,2	4,8	26,8	85,3	373,2	270,8	1.376,9	373,2	3,0	115,0
2011	152,9	35,7	466,4	180,3	39,3	32,9	33,5	10,1	69,3	271,4	280,9	219,7	1.792,4	466,4	10,1	149,0
2012	291,3	85,5	51,9	143,0	87,3	137,8	37,2	362,6	30,2	63,9	165,8	114,0	1.570,5	362,6	30,2	131,0
2013	200,7	35,4	225,7	159,4	55,1	77,9	19,3	90,4	40,8	88,2	267,1	789,6	2.049,6	789,6	19,3	171,0
2014	46,7	84,3	93,0	103,1	24,1	45,5	75,2	195,3	16,3	121,7	106,3	144,6	1.056,1	195,3	16,3	88,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Máx	Min	Méd
2015	16,5	163,5	39,0	79,0	135,3	114,1	36,5	78,2	9,2	42,8	39,9	77,8	831,8	163,5	9,2	69,0
2016	174,5	24,0	104,0	18,5	14,4	51,9	43,0	10,0	37,7	93,5	369,2	82,7	1.023,4	369,2	10,0	85,0
2017	30,5	137,1	48,7	24,0	164,5	96,6	196,2	11,2	77,4	31,0	102,6	178,7	1.098,5	196,2	11,2	92,0
2018	114,9	214,3	135,0	242,7	178,4	50,8	10,5	82,6	11,7	237,9	258,1	111,8	1.648,7	258,1	10,5	137,0
2019	3,5	162,0	97,0	161,5	81,1	64,0	50,5	55,9	54,0	119,5	548,5	159,5	1.557,0	548,5	3,5	130,0
2020	277,0	123,5	247,4	44,0	117,8	45,0	89,0	49,7	42,0	249,0	183,0	308,0	1.775,4	308,0	42,0	148,0
2021	104,0	416,7	279,0	86,8	17,5	69,0	14,5	56,7	39,0	284,4	351,5	129,0	1.848,1	416,7	14,5	154,0
2022	163,0	376,0	36,0	29,5	51,0	0,0	18,0	18,0	24,0	81,0	532,5	537,5	1.866,5	537,5	0,0	156,0
2023	352,5	67,0	38,0	144,0	142,0	10,0	100,0	190,0	15,0	79,5	14,5	113,0	1.265,5	352,5	10,0	105,0
2024	139,0	327,0	120,0	106,0	60,0	18,0	2,0	65,5	24,0	229,0	326,0	160,0	1.576,5	327,0	2,0	131,0
Máx	574,0	416,7	590,4	326,8	349,0	280,7	284,2	362,6	362,1	540,7	563,1	789,6				
Min	3,0	16,6	6,9	18,5	1,0	0,0	2,0	1,2	3,2	13,5	14,5	14,4				
Méd	183,2	138,8	160,6	103,7	69,5	59,2	66,6	58,8	69,4	137,9	241,8	240,1				

Fonte: Fonte: Hidroweb/Ana (2025) adaptado pelos autores (2025).

Verifica-se que o trimestre chuvoso na Estação Fundão ocorre entre outubro e dezembro, com destaque para o mês de novembro, que apresentou a maior média pluviométrica do período analisado, de 192,7 mm. O maior valor mensal registrado em toda a série histórica foi de 512,1 mm, observado em novembro de 1986, configurando um evento extremo de precipitação.

A estação seca estende-se entre junho e agosto, sendo o mês de junho o de menor média pluviométrica, com 49,1 mm. A precipitação média anual calculada para o período de 1948 a 2000 é de 1.524,5 mm, refletindo um regime pluviométrico típico do litoral centro-norte do Espírito Santo, caracterizado por chuvas concentradas na primavera e início do verão e um período de estiagem mais acentuado no inverno.

3.2.2.1.4.3 Apresentação de dados de número de dias de chuva

A Tabela 6 apresenta os totais de número de dias de chuva medidos na estação Fundão - 1940007 juntamente com os valores de máximas, mínimas e médias.

Tabela 6 – Histórico do número de dias chuvosos para o período de 1948 a 2024, na estação Fundão.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Máx	Min	Méd
1949	25	20	11	17	21	16	15	12	11	29	17	19	213	29	11	18
1950	17	20		18	13	17	10	3	7	9	24	21				
1951	16	12	12	13		17	15	9			6	21				
1952	23	13	17	15	11	8	13	6	12	3	21	24	166	24	3	14
1953	6	11	10	13	7	5	5	6	7	4	21	19	114	21	4	10
1954	10	5	13		8		14	8	7		18					
1955	15	10	10	24	10	3	3	11	4	17	16	19	142	24	3	12
1956	1	18	16	4	8	7	4	10	4	6						
1957	7	8	15	10	19	11	7	2	9	4	15	21	128	21	2	11
1958	16	12	10	16	14	8	18	4	12	17	7	6	140	18	4	12
1959	10	2	15	11	11	6	15	7	12	16	22	20	147	22	2	12
1960	22	16	21	8	4	11	22	16	6	22	20	11	179	22	4	15
1961	24	7	15	11	11	15	11	5	4	14	9	18	144	24	4	12
1962	15	11	21	6	10	14	12	6	12	16	8					
1963	4	13	9		7	12	5	4	1	10	9	14				
1964	24	15	15	11	4	5	16	19	17	22	15	21	184	24	4	15
1965	17	14	13	12	13	14	10	6	7	17	16	6	145	17	6	12
1966	18	6	5	13	16	9	22	9	9	12	20	13	152	22	5	13
1967	12	13	10	12	15	12	6	11	6	15	18	23	153	23	6	13
1968	12	17	12		7	11	23	21	12	19	13	16				
1969	13	6	8	6	5	15	11	3	11	11	14	17	120	17	3	10
1970	23	10	5	12	4	6	18	17	12	19	22	11	159	23	4	13
1971	4	5	11	7	1	8	9	14	16	24	24	15	138	24	1	12
1972	9	10	11	4	7	5	17	10	16	12	15	16	132	17	4	11
1973	10	9	17	13	7	4	14	5	12	19	17	16	143	19	4	12
1974	20	13	24	7	14	2	7	6	12	21	9	16	151	24	2	13
1975	14	8	19	10	9	13	12	11	9	17	18	13	153	19	8	13
1976	9	12	10	8	11	2	14	10	20	14	15	19	144	20	2	12
1977	16	15	3	17	15	12	13	1	13	15	20	14	154	20	1	13
1978	12	16	17	16	9	11	23	12	18	11	13	16	174	23	9	15
1979	22	13	13	9	7	9	9	9	9	9	14	13	136	22	7	11
1980	19	18	10	16	13	13	5	11	6	14	15	15	155	19	5	13
1981	13	18	17	16	14	12	7	12	4	18	21	9	161	21	4	13
1982	23	13	20	15	18	5	11	11	8	9	8	17	158	23	5	13
1983	22	16	11	14	8	4	8	3	15	19	14	17	151	22	3	13

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Máx	Min	Méd
1984	9	14	14	16	7	5	5	10	15	8	14	21	138	21	5	12
1985	26	6	8	8	5	2	10	8	9	9	13	18	122	26	2	10
1986	9	8	5	9	4	8	7	6	15	8	10	14	103	15	4	9
1987	8	10	17	13			9	5	12	9	13	16				
1988	10	9	13	8	5	6	7	13	7	15	14	16	123	16	5	10
1989	9	6	16	8	10	12	2	12	4	16	19	22	136	22	2	11
1990	5	11	2	10	4	4	8	10	8	17	10	13	102	17	2	9
1991	19	14	17	9	14	14	12	15	10	17	18	12	171	19	9	14
1992	29	15	8	5	4	9	11	8	15	15	16	15	150	29	4	13
1993	6	5	4	9	10	7	6	6	6	6	8	14	87	14	4	7
1994	14	9	16	14	11	7	6	5	6	10	9	8	115	16	5	10
1995	5	4	8	7	9	3	14	4	9	11	11	18	103	18	3	9
1996	3	4	7	11	5	5	8	7	9	13	20	9	101	20	3	8
1997	11	15	13	7	7	1	2	2	6	7	9	11	91	15	1	8
1998	9	5	6	4	2	7	3	1	8	18	12	11	86	18	1	7
1999	8	2	10	5	3	4	11	4	3	9	15	19	93	19	2	8
2000	14	10	15	14	6	9	6	7	10	3	15	13	122	15	3	10
2001	10	7	7	4	11	11	3	11	14	16	18	17	129	18	3	11
2002	11	9	4	11	5	3	5	7	10	4	6	6	81	11	3	7
2003	11	4	5	8	5	2	8	7	4	8	8	15	85	15	2	7
2004	18	11	15	11	5	7	8	6	4	10	8	15	118	18	4	10
2005	11	15	16	8	14	15	5	5	11	2	21	10	133	21	2	11
2006	7	3	17	13	1	11	6	7	10	16	16	16	123	17	1	10
2007	11	12	5	11	5	4	2	7	8	4	9	10	88	12	2	7
2008	8	8	12	3	3	3	5	5	3	7	20	16	93	20	3	8
2009	15	8	9	12	7	4	5	6	5	8	7	7	93	15	4	8
2010	1	7	14	8	8	4	13	1	3	4	14	11	88	14	1	7
2011	13	6	17	14	2	4	3	3	8	18	15	17	120	18	2	10
2012	14	11	4	8	10	6	5	23	3	7	15	4	110	23	3	9
2013	9	6	8	9	4	5	3	7	6	10	15	18	100	18	3	8
2014	9	9	5	5	2	5	10	5	3	7	8	8	76	10	2	6
2015	2	6	6	9	12	9	5	9	2	4	5	5	74	12	2	6
2016	12	1	5	3	3	4	3	1	2	11	11	8	64	12	1	5
2017	3	10	5	6	10	7	19	5	13	2	10	8	98	19	2	8
2018	9	12	7	13	8	2	2	5	2	8	13	7	88	13	2	7
2019	1	7	9	9	5	6	6	6	3	10	16	9	87	16	1	7

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Máx	Min	Méd
2020	9	10	9	4	6	4	5	5	3	12	6	7	80	12	3	7
2021	6	12	7	5	2	3	1	3	1	10	11	7	68	12	1	6
2022	7	15	2	2	4	0	3	1	3	5	11	15	68	15	0	6
2023	13	3	3	9	8	3	5	7	2	4	2	4	63	13	2	5
2024	9	8	2	6	3	1	1	3	2	8	12	7	62	12	1	5
Máx	29	20	24	24	21	17	23	23	20	29	24	25				
Min	1	1	2	2	1	0	1	1	1	2	2	4				
Méd	12	10	11	10	8	7	9	8	8	12	14	14				

3.2.2.1.5 Caracterização Fluviométrica

Os cursos d'água a serem interceptados pelo traçado estudado não possuem estações fluviométricas instaladas, conforme busca realizada no sítio eletrônico oficial do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (https://www.snirh.gov.br/hidroweb/), por essa razão, não há disponibilidade de dados fluviométricos adequados para processamento e análise.

3.2.3 FASE DEFINITIVA: PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

3.2.3.1 PROCESSAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

3.2.3.1.1.1 Curvas de Altura e Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

Para localidades desprovidas de dados pluviográficos de longa duração, o método Chow-Gumbel tem sido utilizado de maneira eficiente para a determinação da relação intensidade-duração-frequência. A metodologia para obtenção da equação de intensidade-duração-frequência de chuvas está apresentada em Almeida, Reis e Mendonça (2017) e resumida a seguir.

- Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia;
- Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de 1 dia, estimando as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de 24 horas;

- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de durações menores. Para o caso em apreço, foram consideradas durações de precipitação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas;
- Apropriação das intensidades pluviométricas a partir da relação entre alturas pluviométricas e durações;
- Definição de equações de chuvas intensas no formato estabelecido pela Equação 1:

$$i = \frac{kT^m}{(t + t_0)^n} \qquad \textbf{Equação 1}$$

Onde:

i representa a intensidade máxima de chuva (mm/min);

t é a duração da chuva (minutos),

T é o tempo de retorno (anos),

k, m, t_0 e n são os parâmetros que se deseja determinar com base nos dados pretéritos de chuva de uma determinada estação pluviométrica.

O ajuste do modelo estabelecido por meio da Equação 1 é realizado com auxílio da Programação Não Linear (PNL), aplicada com a ferramenta Solver, disponível na planilha do Microsoft Excel, com a seguinte função objetivo (Equação 2):

$$\min f_o = \sum_T \sum_t \left(i_{método} - i_{equação}\right) \qquad \textbf{Equação 2}$$

A Tabela 7 apresenta as precipitações diárias máximas anuais medidas na estação Fundão entre os anos 1949 e 2024. Esta estação apresenta dados consistidos até o ano de 2002 e dados não consistidos até o ano de 2025. Os anos com falhas de registro foram excluídos da análise de chuvas.

Tabela 7 – Precipitações máximas de 1 dia anuais medidas na estação Fundão entre os anos 1949 e 2024.

Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)
1949	80	1968		1987		2006	102,7

Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)
1950		1969	132,4	1988	56	2007	126
1951		1970	122	1989	130	2008	100,7
1952	150,4	1971	109	1990	99	2009	230
1953	72,6	1972	116,3	1991	74	2010	97
1954		1973	81,6	1992	75	2011	135
1955	64,4	1974	110	1993	87,5	2012	87,5
1956		1975	100	1994	73	2013	159
1957	116	1976	102,4	1995	125	2014	95,5
1958	144,2	1977	73,6	1996	59	2015	113,7
1959	89	1978	59,2	1997	148	2016	89
1960	122	1979	141	1998	60	2017	60,5
1961	85,2	1980	105,2	1999	90,8	2018	104,3
1962		1981	130,8	2000	206,2	2019	126
1963		1982	57,6	2001	125,2	2020	140
1964	67,4	1983	134	2002	88,5	2021	100
1965	145,6	1984	113,2	2003	93,3	2022	165
1966	84,2	1985	72,2	2004	98,5	2023	90
1967	93,2	1986	42,4	2005	161	2024	163

A partir das precipitações máximas de 1 dia (Tabela 7), ajustou-se a distribuição de Gumbel aos dados (Tabela 8), resultando em chuvas máximas de 1 dia para diferentes períodos de retorno (Tabela 9).

Tabela 8 – Média, desvio padrão e distribuição de Gumbel para as máximas de 1 dia.

Estação	
Código	1940007
Nome	Fundão
Série Histórica	
Extensão (N)	68
Média	106,6
Desvio Padrão	35,6
Parâmetros da Variável Reduzida de Gumbel	
Média Y_n	0,5543
Desvio Padrão S_n	1,1834
Variável Auxiliar	

Tabela 9 – Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão.

Período de retorno (anos)	Máxima (mm)
2	100,99
5	135,12
10	157,71
15	170,46
25	186,26
50	207,44
75	219,74
100	228,46

A Tabela 10 e a Tabela 11 apresentam, respectivamente, as alturas e intensidades pluviométricas associadas a diferentes períodos de retorno e durações, estimadas para a estação Fundão. Essas estimativas foram obtidas a partir da transformação das precipitações máximas de 1 dia em precipitações máximas de 24 horas e então em precipitações de durações menores (12h, 10h, 8h, 6h, 1h, 30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos), utilizando os fatores de frequência propostos por Ven Te Chow e adaptados para o Brasil pelo DAEE (1986).

Tabela 10 – Precipitações máximas (em mm), para a estação Pluviométrica Fundão, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração (min)		Período de Retorno (anos)							
		2	5	10	15	20	25	50	100
1440	24h	115,13	154,03	179,79	194,32	204,50	212,33	236,48	260,44
720	12h	97,86	130,93	152,82	165,17	173,82	180,48	201,01	221,37
600	10h	94,41	126,31	147,43	159,34	167,69	174,11	193,91	213,56
480	8h	89,80	120,15	140,24	151,57	159,51	165,62	184,45	203,14
360	6h	82,90	110,90	129,45	139,91	147,24	152,88	170,26	187,52
60	1h	48,36	64,69	75,51	81,62	85,89	89,18	99,32	109,39
30	30 min	35,78	47,87	55,88	60,40	63,56	65,99	73,50	80,94
25	25 min	32,56	43,57	50,85	54,96	57,84	60,05	66,88	73,66
20	20 min	28,98	38,78	45,26	48,92	51,48	53,45	59,53	65,57
15	15 min	25,05	33,51	39,12	42,28	44,49	46,20	51,45	56,66
10	10 min	19,32	25,85	30,17	32,61	34,32	35,64	39,69	43,71
5	5min	12,17	16,28	19,00	20,53	21,61	22,44	24,99	27,52

Tabela 11 – Intensidades máximas (em mm/min), para a estação Pluviométrica Fundão, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração (min)		Período de Retorno (anos)							
		2	5	10	15	20	25	50	100
1440	24h	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18
720	12h	0,14	0,18	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28	0,31
600	10h	0,16	0,21	0,25	0,27	0,28	0,29	0,32	0,36
480	8h	0,19	0,25	0,29	0,32	0,33	0,35	0,38	0,42
360	6h	0,23	0,31	0,36	0,39	0,41	0,42	0,47	0,52
60	1h	0,81	1,08	1,26	1,36	1,43	1,49	1,66	1,82
30	30 min	1,19	1,60	1,86	2,01	2,12	2,20	2,45	2,70
25	25 min	1,30	1,74	2,03	2,20	2,31	2,40	2,68	2,95
20	20 min	1,45	1,94	2,26	2,45	2,57	2,67	2,98	3,28
15	15 min	1,67	2,23	2,61	2,82	2,97	3,08	3,43	3,78
10	10 min	1,93	2,59	3,02	3,26	3,43	3,56	3,97	4,37
5	5min	2,43	3,26	3,80	4,11	4,32	4,49	5,00	5,50

A Figura 10 e Figura 11 apresentam, respectivamente, as curvas de altura versus duração e de intensidade versus duração para diferentes períodos de retorno na estação Fundão.

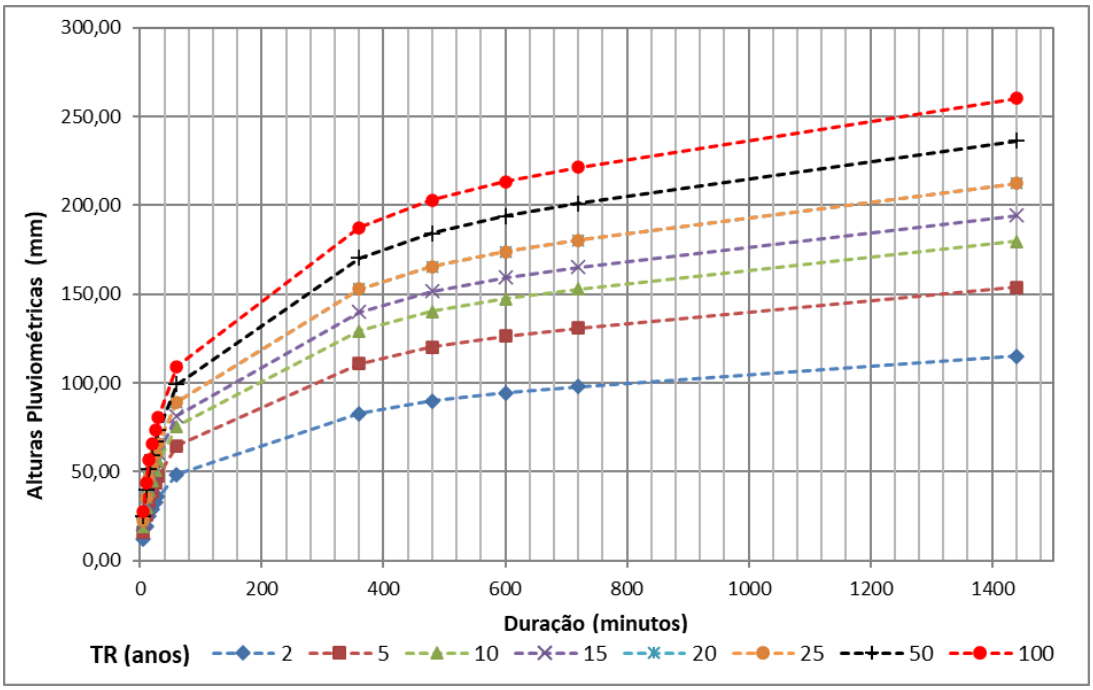


Figura 10 – Curvas de altura x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão.

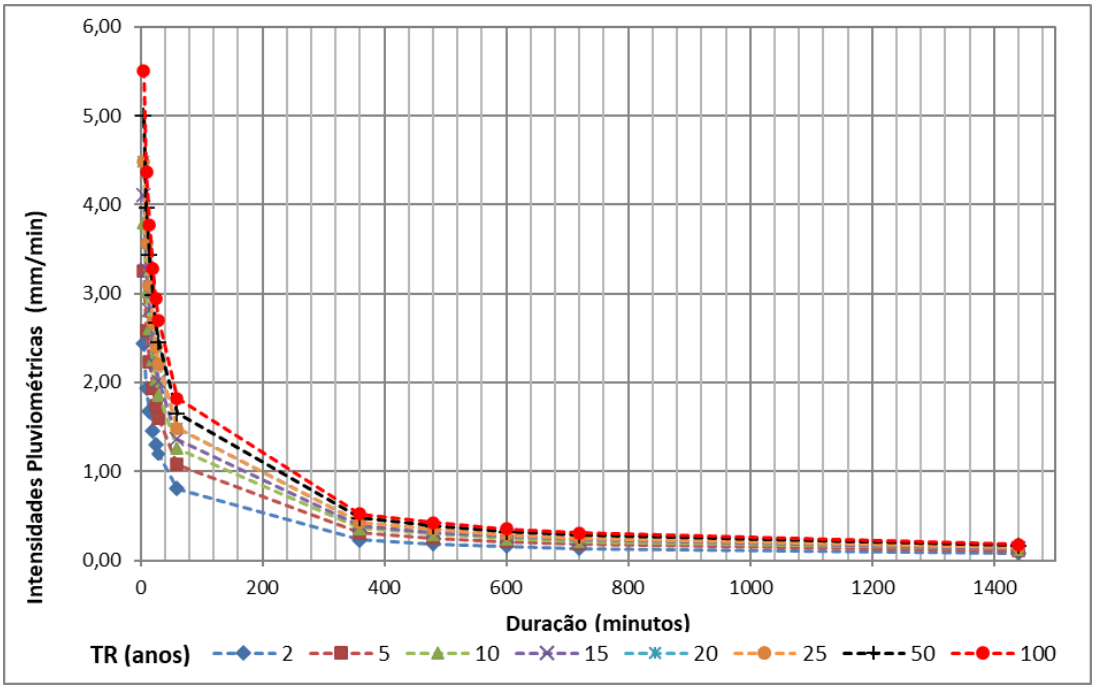


Figura 11 – Curvas de intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Fundão.

A equação final que define a relação intensidade-duração-frequência das chuvas para a região de interesse, baseada nos dados da estação Fundão, é:

$$i = \frac{19{,}935T^{0{,}174}}{(t + 11{,}099)^{0{,}749}}$$ **Equação 3**

Sendo:

i: intensidade da chuva em mm/min

T: Tempo de retorno, em anos;

t: Tempo de duração, em minutos.

3.2.3.1.1.2 Histogramas de Precipitações

A Figura 12 apresenta o histograma de distribuição das precipitações pluviométricas mensais, bem como o número médio mensal de dias chuvosos para o período de 1949 a 2024 na estação pluviométrica Fundão.

Verifica-se, a partir do gráfico, que o regime pluviométrico apresenta comportamento sazonal bem definido, com maiores volumes de precipitação concentrados entre os meses de outubro e março e redução expressiva entre maio e agosto. O mês de dezembro se destaca como o mais chuvoso, com precipitação máxima de 789,6 mm e média de 240,1 mm, seguido de janeiro, com 574,0 mm de máxima e 183,2 mm de média. Por outro lado, os menores índices ocorrem entre maio e agosto, com totais médios inferiores a 70 mm e meses de mínima praticamente nula, evidenciando o período de estiagem. A linha correspondente ao número de dias chuvosos médios (NDC) reforça essa tendência, com valores mais elevados no trimestre novembro a janeiro e queda acentuada nos meses centrais do ano.

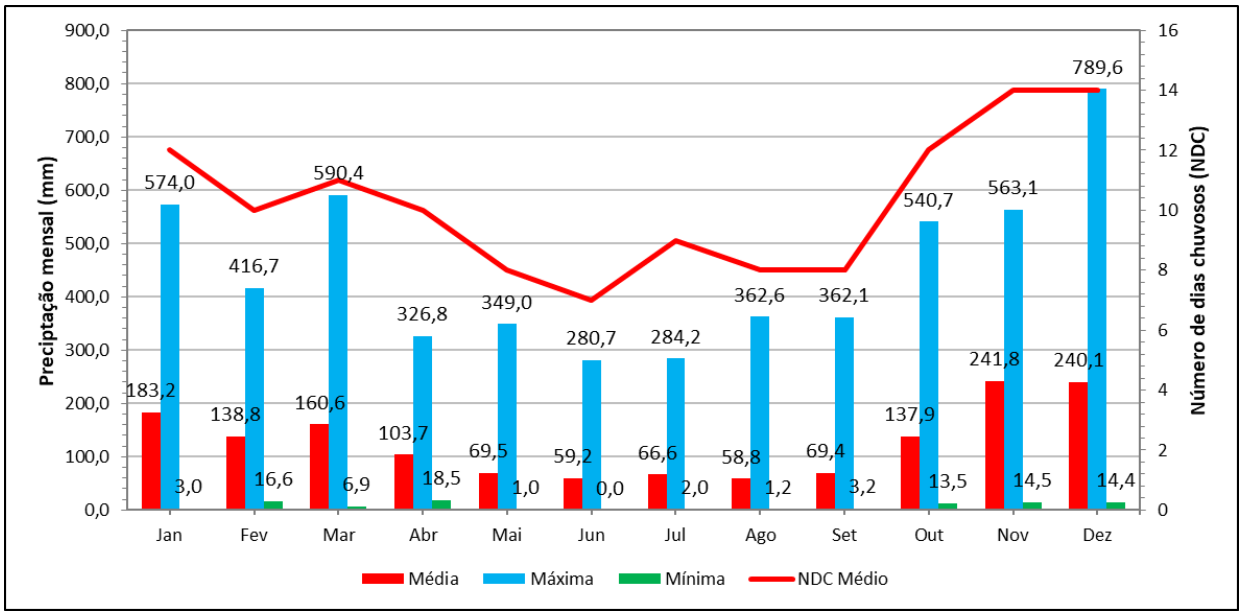


Figura 12 – Histograma de Distribuição de Precipitação e Número Médio Mensal de Dias Chuvosos no período de 1949 a 2024 na estação Fundão.

A Figura 13 apresenta a precipitação total anual na estação pluviométrica Fundão, no período de 1949 a 2024. A precipitação total média para o período foi de 1.524,5 mm por ano.

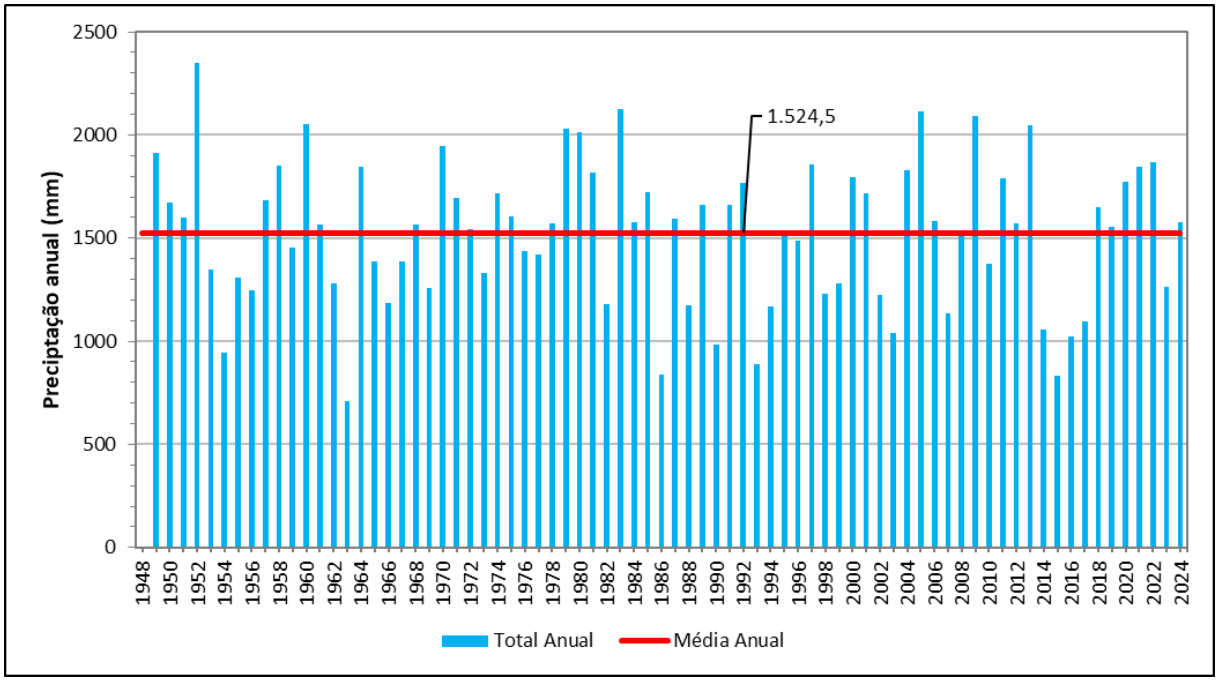


Figura 13 – Precipitação Total Anual do período de 1949 a 2024, na estação pluviométrica Fundão.

A Figura 14 apresenta a precipitação máxima mensal em 1 dia para o período de 1949 a 2024 na região de estudo. Observa-se, a partir do gráfico, que os maiores valores de precipitação máxima diária concentram-se nos meses de janeiro e dezembro, com 230,0 mm e 206,2 mm, respectivamente, caracterizando o ápice do período chuvoso. Entre fevereiro e maio, as precipitações máximas mantêm-se elevadas, variando entre 136,2 mm e 163,0 mm, enquanto o trimestre mais seco ocorre entre julho e setembro, quando os valores caem significativamente, atingindo o mínimo de 74,0 mm em julho. A partir de outubro, verifica-se o início da retomada das chuvas intensas, com aumento progressivo até dezembro.

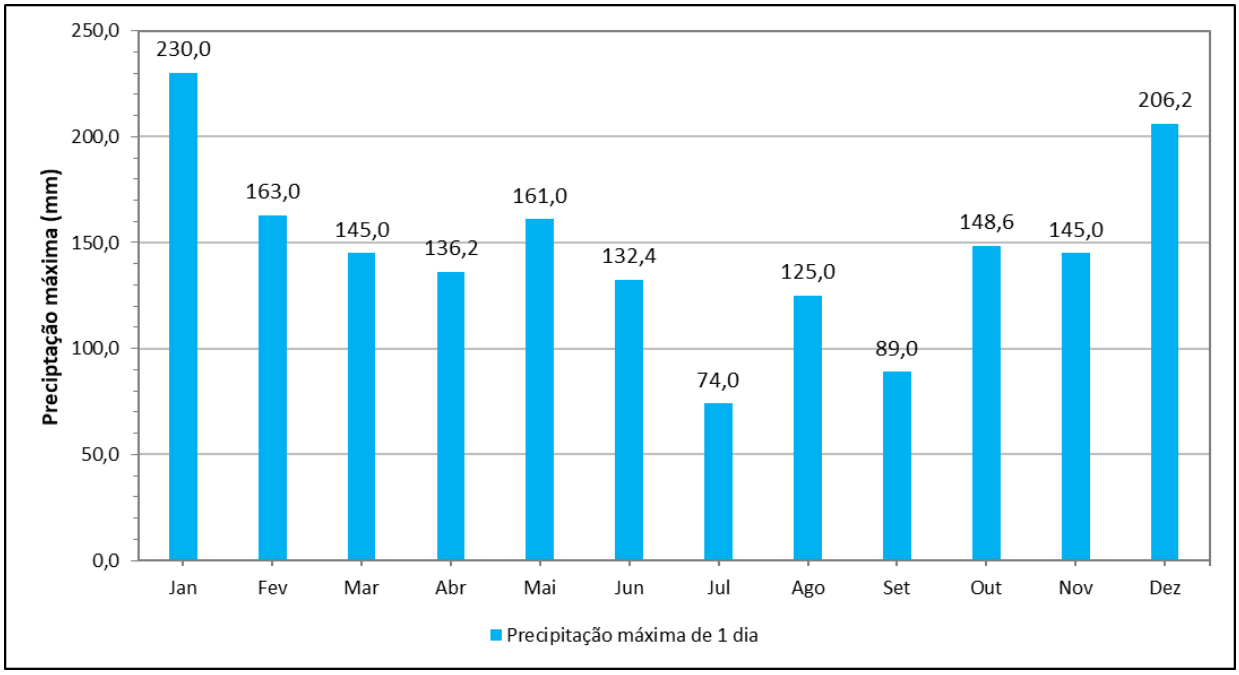


Figura 14 – Precipitação Máxima Mensal em 1 dia para o período de 1949 a 2024 na estação pluviométrica Fundão.

3.2.3.1.1.3 Histograma do Número de Dias de Chuva

A Figura 15 apresenta o número de dias chuvosos para o período de 1949 a 2024 na região de estudo.

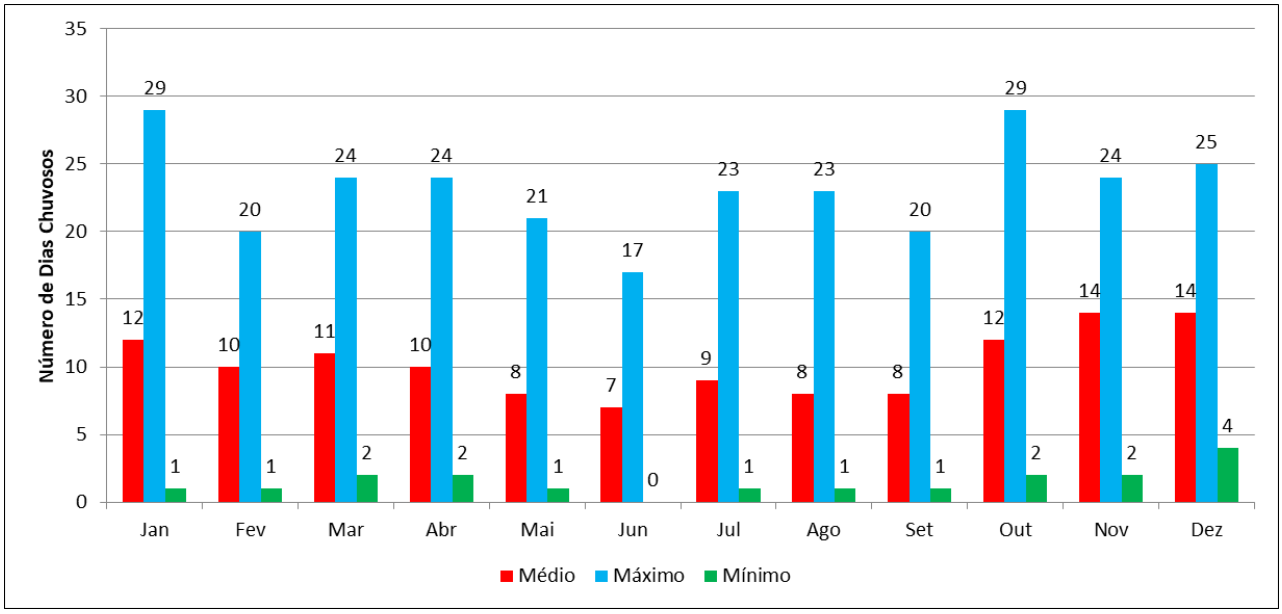


Figura 15 - Histograma da distribuição mensal do número de dias de chuva (mínimos, médios e máximos) período de 1949 a 2024 na estação pluviométrica Fundão.

Verifica-se, a partir do gráfico, que o número de dias chuvosos apresenta variação significativa ao longo do ano, com predomínio de maiores valores entre os meses de outubro e janeiro, indicando o período mais úmido da região. Os meses de janeiro e outubro se destacam por registrarem o maior número máximo de dias com precipitação (29 dias), enquanto dezembro também apresenta elevado índice, com 25 dias. Em contrapartida, os meses de junho e julho configuram o período mais seco, com valores médios inferiores a 10 dias e mínimos próximos de zero, evidenciando a sazonalidade característica do regime pluviométrico. Observa-se, portanto, uma concentração das chuvas no último trimestre do ano e início do seguinte, seguida de uma expressiva redução durante o inverno, o que reflete a influência do regime climático tropical, marcado por verões chuvosos e invernos secos.

3.2.3.2 ANÁLISE DOS DADOS PROCESSADOS

3.2.3.2.1.1 Período de Recorrência

Os períodos de recorrência adotados para os estudos das descargas de pico das bacias foram definidos em função do tipo de obra previsto para o escoamento de tais descargas.

Em linhas gerais, foram adotados os valores descritos na Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12 – Período de Recorrência para travessias de talvegues.

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Drenagem Sub-superficial	1
Drenagem Superficial	5 a 10
Bueiro Tubular	15 (Canal) e 25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (Canal) e 50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: Manual de Drenagem do DNIT.

Tabela 13 – Período de Recorrência para Drenagem Urbana

Característica do Sistema	Período de Recorrência (anos)
Microdrenagem	10
Macrodrenagem	25 a 50

Fonte: Manual de Drenagem da Cidade de São Paulo (2012).

3.2.3.2.1.2 Tempo de Concentração

O tempo de concentração (TC) de uma bacia hidrográfica é o tempo de percurso que o escoamento leva para atingir a saída, desde o ponto mais remoto até o ponto de interesse. Esse é o intervalo de tempo em que todos os pontos da bacia irão contribuir com vazão para o seu exutório (DNIT, 2005).

Ao longo dos anos foram desenvolvidos uma variedade de expressões para a determinação do tempo de concentração. Isso porque, há inúmeros fatores envolvidos em sua análise que irão influenciar na determinação da descarga de projeto. Em linhas gerais, a descarga máxima da bacia é proporcional ao inverso do seu tempo de concentração (DNIT, 2005; SILVEIRA, 2005).

As formulações são obtidas, de modo geral, pelas características da bacia hidrográfica como área, comprimento do talvegue, rugosidade do córrego ou canal e a declividade deles; e algumas possuem algum parâmetro que leva em conta a ocupação da bacia (DNIT, 2005; KIBLER, 1982).

Para o presente trabalho foi considerada a utilização da Fórmula de Kirpich devido à sua aplicação prática e adequação a bacias de menores dimensões, com escoamento prediminantemente superficial em áreas rurais ou com baixa intervenção urbana (DNIT, 2005), como no caso do estudo em tela.

A Fórmula de Kirpich, publicado no "Califórnia Culverts Practice", foi desenvolvida originalmente para bacias menores que 0,8 km²,

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$ **Equação 4**

sendo TC = tempo de concentração, em minutos,

L = comprimento do curso d'água, em km, e

H = desnível máximo, em m.

A aplicação da fórmula de Kirpich Modificada é indicada para uma grande faixa de áreas. Estudos em bacias médias e grandes, com dados de enchentes observadas, demonstraram que a aplicação do fluviograma unitário triangular do U.S. Soil Conservation Service fornece resultados pertinentes às observações, se forem adotados tempos de concentração 50% maiores do que os calculados pela expressão proposta por KIRPICH. Assim propõe-se a seguinte formulação (DNIT, 2005):

$$T_c = 85{,}2 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$$ **Equação 5**

sendo, TC = tempo de concentração, em minutos,

L = comprimento do talvegue, em km, e

H = desnível máximo do talvegue, em m.

Tabela 14 – Tempo de Concentração da Sub-bacia em estudo.

Sub-Bacia	Curso d'Água	Área (Km²)	L (Km)	Desnível (m)	i (%)	TC Médio (min)
SB01	Córrego A	0,11	1,30	6,00	0,46	38,77

3.2.3.2.1.3 Coeficiente de Deflúvio (Runoff)

O coeficiente de escoamento, no método racional, é um parâmetro que assimila a quantidade de chuva de uma determinada bacia que irá escoar na superfície do solo, o qual é função do tipo de solo, uso e ocupação e declividade da bacia em análise. A determinação precisa deste

parâmetro é fundamental para a aplicação do método racional (ASARE-KYEI; FORKUOR; VENUS, 2015).

O Manual de Hidrologia Básica (2005) desenvolvidas pelo DNIT disponibiliza alguns valores para o coeficiente de runoff, os quais se encontram apresentados na Tabela 14. No entanto, estas tabelas são limitadas quanto ao uso e ocupação do solo de áreas rurais. Por este motivo, complementarmente utilizou-se os valores do coeficiente de escoamento definidos na Tabela 15 (KNOX COUNTY TENNESSEE, 2014), a qual fornece valores de coeficiente de deflúvio para algumas categorias de tipo e de uso do solo.

Para obter o coeficiente de deflúvio da área estudada, calculou-se, a média ponderada dos coeficientes das diferentes superfícies que a compõem, empregando o software ArcMap 10.8.1, sendo os pesos proporcionais às áreas dessas superfícies.

Tabela 14 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: Manual de hidrologia do DNIT

TIPOS DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial	
Área de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, > 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, > 7%	0,15 a 0,35

Fonte: Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005).

Tabela 15 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: KNOX COUNTY TENNESSEE (2014)

Uso e Ocupação do Solo	Coeficiente de Deflúvio (C) por grupo hidrológico de solos (A, B, C ou D)											
	A			B			C			D		
Declividade do terreno	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%
Floresta	0,08	0,11	0,14	0,10	0,14	0,18	0,12	0,16	0,20	0,15	0,20	0,25
Macega (Capoeira)	0,14	0,22	0,30	0,20	0,28	0,37	0,26	0,35	0,44	0,30	0,40	0,50
Pastagem	0,15	0,25	0,37	0,23	0,34	0,45	0,30	0,42	0,52	0,37	0,50	0,62
Área rural	0,14	0,18	0,22	0,16	0,21	0,28	0,20	0,25	0,34	0,24	0,29	0,41
Área urbana 20% de impermeabilidade	0,22	0,26	0,29	0,24	0,28	0,34	0,28	0,32	0,40	0,31	0,35	0,46
Área urbana 25% de impermeabilidade	0,25	0,29	0,32	0,28	0,32	0,36	0,31	0,35	0,42	0,34	0,38	0,46
Área urbana 30% de impermeabilidade	0,28	0,32	0,35	0,30	0,35	0,39	0,33	0,38	0,45	0,36	0,40	0,50
Área urbana 38% de impermeabilidade	0,30	0,34	0,37	0,33	0,37	0,42	0,36	0,40	0,47	0,38	0,42	0,52
Área urbana 65% de impermeabilidade	0,33	0,37	0,40	0,35	0,39	0,44	0,38	0,42	0,49	0,41	0,45	0,54
Área Industrial	0,85	0,85	0,86	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,86	0,86	0,88
Área urbana 85% de impermeabilidade	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89	0,90
Rua Asfaltada	0,76	0,77	0,79	0,80	0,82	0,84	0,84	0,85	0,89	0,89	0,91	0,95
Estacionamento	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97
Solo Exposto	0,65	0,67	0,69	0,66	0,68	0,70	0,68	0,70	0,72	0,69	0,72	0,75
Afloramento rochoso	0,9											
Massa d'água	1,0											

3.2.3.2.1.4 Grupo Hidrológico dos Solos

De acordo com Tucci (2004) os valores dos parâmetros como coeficiente de escoamento superficial e do número da curva para bacias rurais e bacias urbanas e suburbanas são definidos de acordo com o tipo de uso e ocupação e com as seguintes classes de solo:

- Solo A: Produz baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila;
- Solo B: Menos permeáveis do que o A, solos arenosos menos profundos do que o tipo A e com permeabilidade superior à média;
- Solo C: Que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundo;

- Solo D: Contém argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando maior proporção de escoamento superficial.

Tendo sido identificados os solos da bacia hidrográfica, pode-se definir o grupo hidrológico ao qual ele pertence a partir da Tabela 16.

Tabela 16 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras.

Grupo Hidrológico do Solo	Tipo de Solo
A	LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
B	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.
D	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

3.2.3.3 DETERMINAÇÃO DAS DESCARGAS DE PROJETO

Conforme recomenda a IS-203 - Instrução de Serviço para Estudos Hidrológicos do DNIT, a metodologia de determinação das descargas das bacias será influenciada por:

a) da disponibilidade de dados fluviométricos e do número de anos de observação;

b) do tamanho da bacia e da importância do conhecimento da forma do fluviograma;

Em consonância com a IS-203 e o manual de Hidrologia Básica do DNIT (Publicação IPR nº 715), foram adotadas as diretrizes apresentadas na Tabela 17 na definição do método de cálculo de vazões.

Tabela 17 – Diretrizes para escolha do método de cálculo de Vazões.

Dados	Área da Bacia (km²)	Método de Cálculo
Sem dados fluviométricos	< 1 km²	Racional
Sem dados fluviométricos	1 < Área < 10 Km²	Racional Modificado, $n = A^{-0,10}$ (Área Rural) $n = A^{-0,15}$ (Área Urbana)
Sem dados fluviométricos	> 10 km²	Hidrograma Unitário do SCS
Com dados fluviométricos de 10 a 15 anos	$0,5 < \frac{A_{bacia}}{A_{posto}} < 2$	Estatísticos e transposição de dados

Nos itens a seguir, é apresentado o detalhamento dos métodos aplicados no projeto em tela.

3.2.3.3.1 Método Racional e Método Racional Modificado

O método racional é a forma mais simples de se determinar a vazão de pico da bacia de drenagem, sendo o método mais comum utilizado para o dimensionamento de sistemas de drenagem. Trata-se de um método lógico, generalizado e que muitas vezes apresenta resultados razoáveis. Entretanto, a base teórica deste não é suficientemente explorada na maioria de suas aplicações (UPC, 2015), o que pode conduzir a uma vazão superestimada, levando a exageros no dimensionamento do sistema de drenagem. Devido a isso, é imprescindível que haja uma verificação criteriosa dos resultados, buscando identificar incoerências.

O método racional relaciona dados como intensidade da chuva, área da bacia e características da cobertura da bacia hidrográfica estudada e é dado pela equação a seguir:

$$Q = \frac{c.i.A}{3{,}6} \qquad \textbf{Equação 6}$$

Onde:

Q = vazão máxima, em m³/s;

c = coeficiente de deflúvio;

i = intensidade da chuva, em mm/h;

A = área da bacia hidrográfica, em km².

Conforme recomendado no Manual de Hidrologia Básica do DNIT (DNIT, 2005), para corrigir os efeitos da distribuição das chuvas nas bacias hidrográficas consideradas uniformes no Método Racional, principalmente em bacias de médio porte com áreas superiores a 1 km², são introduzidos coeficientes redutores das chuvas de ponta designados Coeficientes ou Fatores de Distribuição. O mais comum desses fatores é dado pela Equação 7:

$$n = A^{-0{,}10} \qquad \textbf{Equação 7}$$

Em que:

A = área da bacia hidrográfica, em km².

Assim o método racional modificado é dado pela Equação 10:

$$Q_c = \frac{C.I.A.n}{3{,}60} \qquad \textbf{Equação 8}$$

Onde:

Q = vazão máxima, em m³/s;

c = coeficiente de deflúvio;

i = intensidade da chuva, em mm/h;

A = área da bacia hidrográfica, em km².

n = fator de distribuição = $A^{-0,10}$

Em bacias urbanas, o manual de hidrologia básica do DNIT recomenda a utilização do coeficiente de Burkli-Ziegler, ainda mais redutor, que é dado por $n = A^{-0,15}$, sendo a área dada em hectares (ha).

3.2.3.4 RESULTADOS

Para o cálculo das vazões de talvegues, nos pontos em que o trecho projetado intercepta cursos d'água, foi seguida a seguinte ordem:

- Delimitação das sub-bacias contribuintes para pontos de interceptação;
- Apropriação das características morfométricas sub-bacias;
- Identificação do uso e tipo de solo;
- Apropriação das equações de chuvas intensas;
- Apropriação do tempo de concentração das sub-bacias;
- Determinação do número da curva (CN) e do coeficiente de deflúvio (C) de cada sub-bacia;
- Apropriação do hietograma de projeto a partir das equações de chuvas intensas;
- Aplicação dos métodos de análise chuva x vazão (HEC-HMS, método racional e racional modificado) e/ou métodos estatísticos.

Na Tabela 18 apresenta-se o cálculo de vazões de projeto para as intercepções de talvegues promovidas pelo projeto em tela, em que a vazão foi calculada pelo método racional ou racional modificado.

Tabela 18 - Vazões de projeto.

ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA								INTENSIDADE DE CHUVA (mm/h)				VAZÃO DE PROJETO (m^3/s)					
Sub-Bacia	Curso d'Água	Área (Km^2)	L (Km)	Desnível (m)	i (%)	TC Médio (min)	c	Tempo de Retorno (anos)				Método de cálculo	Tempo de Retorno (anos)				Dispositivo Existente
								15	25	50	100		15	25	50	100	
SB01	Córrego A	0,11	1,30	6,00	0,46	38,77	0,34	102,72	112,29	126,72	143,01	Racional	1,03	1,12	1,27	1,43	-

3.2.4 CONCLUSÃO

Os estudos hidrológicos tiveram o objetivo de apresentar os métodos e procedimentos norteadores do dimensionamento dos dispositivos de drenagem, que envolvem obras-arte-corrente (bueiros e galerias), obras de drenagem superficial (sarjetas, valetas, canaletas) e obras-de-arte-especial (pontes, pontilhões).

Foram aplicados com sucesso métodos consolidados para obtenção das vazões de projeto, sendo que as obras indicadas para cada caso serão apresentadas no Projeto de Drenagem.

As vazões de projeto foram calculadas pelo Método Racional, tendo ao todo 01 sub-bacia, no caso em tela, para o dimensionamento hidráulico da OAC, recomenda-se o dimensionamento para vazão com tempo de retorno de 15 anos, 1,03 m³/s.

3.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS

3.3.1 INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido tendo como base as diretrizes da Instrução de Serviço ***IS-202 – Estudos Geológicos*** do DNIT, de maneira a propiciar o conhecimento adequado das unidades geológicas e os aspectos das litologias constituintes da área em estudo.

3.3.2 COLETA E PESQUISA DE DADOS

Com vistas a subsidiar os estudos geotécnicos de campo e em atendimento a IS-202 foi realizada, em escritório, uma busca bibliográfica de manuais técnicos, cartas, fotografias aéreas e mapas geológico, geomorfológico, pedológico e hidrogeológico. Além disso, foram feitas averiguações em campo a fim de complementar os estudos ora apresentados.

As informações relativas à vegetação, pedologia e geomorfologia foram obtidas junto ao IBGE, mais precisamente nas cartas de pedologia e geomorfologia do mapeamento RADAMBRASIL (1983). Já os dados de geologia e hidrogeologia foram retirados de manuais técnicos da CPRM. Informações sobre clima foram obtidas principalmente junto ao INCAPER e na Agencia Nacional de Águas (ANA).

As informações foram consolidadas em escritório e complementadas com imagens do Ortofotomosaico do Espírito Sando (IEMA, 2007/2008) e Ortofotos do Google em ambiente computacional.

3.3.3 DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO

3.3.3.1 ASPECTOS DA VEGETAÇÃO

A vegetação existente no município de Fundão é composta principalmente por áreas com vegetação secundária, pertencentes ao domínio da Mata Atlântica e foi denominada de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ou Floresta de Tabuleiro (RADAMBRASIL, 1983; VELOSO et al., 1991; RIZZINI, 1979).

É uma formação que em geral ocupa as planícies costeiras, capeadas por tabuleiros pliopleistocênicos do Grupo Barreiras. Ocorre desde a Amazônia, estendendo-se desde a Região Nordeste até proximidades do Rio São João, no Estado do Rio de Janeiro.

Tais tabuleiros apresentam uma florística bastante típica, caracterizada por ecótipos dos gêneros *Ficus, Alchornea, Handroanthus* e pela *ochlospecie Tapirira guianensis Aubl*.

Outrossim, a partir do Rio São João, em direção ao sul, esta formação ocorre nos terrenos quaternários situados em geral pouco acima do nível do mar, nas planícies formadas pelo assoreamento devido à erosão existente nas serras costeiras, e nas enseadas marítimas.

A Floresta Ombrófila Densa se caracteriza por ser uma formação densa, com comprimento variando de 20 a 30 metros de altura e rica em espécies vegetais. Se caracteriza como uma vegetação influenciada fortemente por fatores climáticos de elevadas temperaturas (médias de 25º C). As aspécies como *Parkia pendula Benth.* (visgueiro), *Sloanea obtusifolia* (Moric.) Schum. (marmajuda), *Bowdichia virgilioides* H.B.K. (sucupira), *Byrsonima sericea DC. (*murici-da-mata), *Sclerolobium densiflorum Benth.* (ingá-de-porco), *Gallezia gorazema* Moq. (pau-d`alho) e outras ocorrem na formação vegetacional da Floresta Ombrófila Densa. Os gêneros Encyclia, Catasetum e Oncidium, referentes às orquidáceas, também ocorrem nesta formação.

3.3.3.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapeamento pedológico da área de estudo foi realizado a partir da revisão de trabalhos correlatos já publicados e da análise dos mapas de solos existentes. A região foi contemplada em dois estudos pedológicos oficiais, que resultaram em cartas de solos nas escalas 1:5.000.000 (IBGE, 198?) e 1:250.000 (RADAMBRASIL, 1983). Esses mapeamentos foram atualizados por Cunha e colaboradores (2016), que correlacionaram as unidades de mapeamento de solos com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), produzindo um mapa atualizado de solos do Espírito Santo, digitalizado na escala de 1:400.000. Este último foi utilizado como base cartográfica para o presente estudo.

As informações cartográficas e da literatura consultada foram complementadas com dados de uso e ocupação dos solos e de relevo, permitindo a análise da distribuição dos solos em função das condições geomorfológicas. As informações foram consolidadas em ambiente computacional, possibilitando a elaboração do Mapa Pedológico apresentado na Figura 3.

Foi identificado no município de Fundão, conforme a classificação do SiBCS, a presença de Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho; Cambissolo Háplico; Espodossolo Humilúvico; Gleissolo Háplico; Gleissolo Melânico; Latossolo Amarelo; Latossolo Vermelho-Amarelo; Neossolo Flúvico; Neossolo Quartzarênico; e Neossolo Litólico.

Especificamente, na região do empreendimento foram encontrados: Latossolo Amarelo, e associação de Latossolo Vermelho-amarelo, Argissolo Vermelho e Afloramento Rochoso.

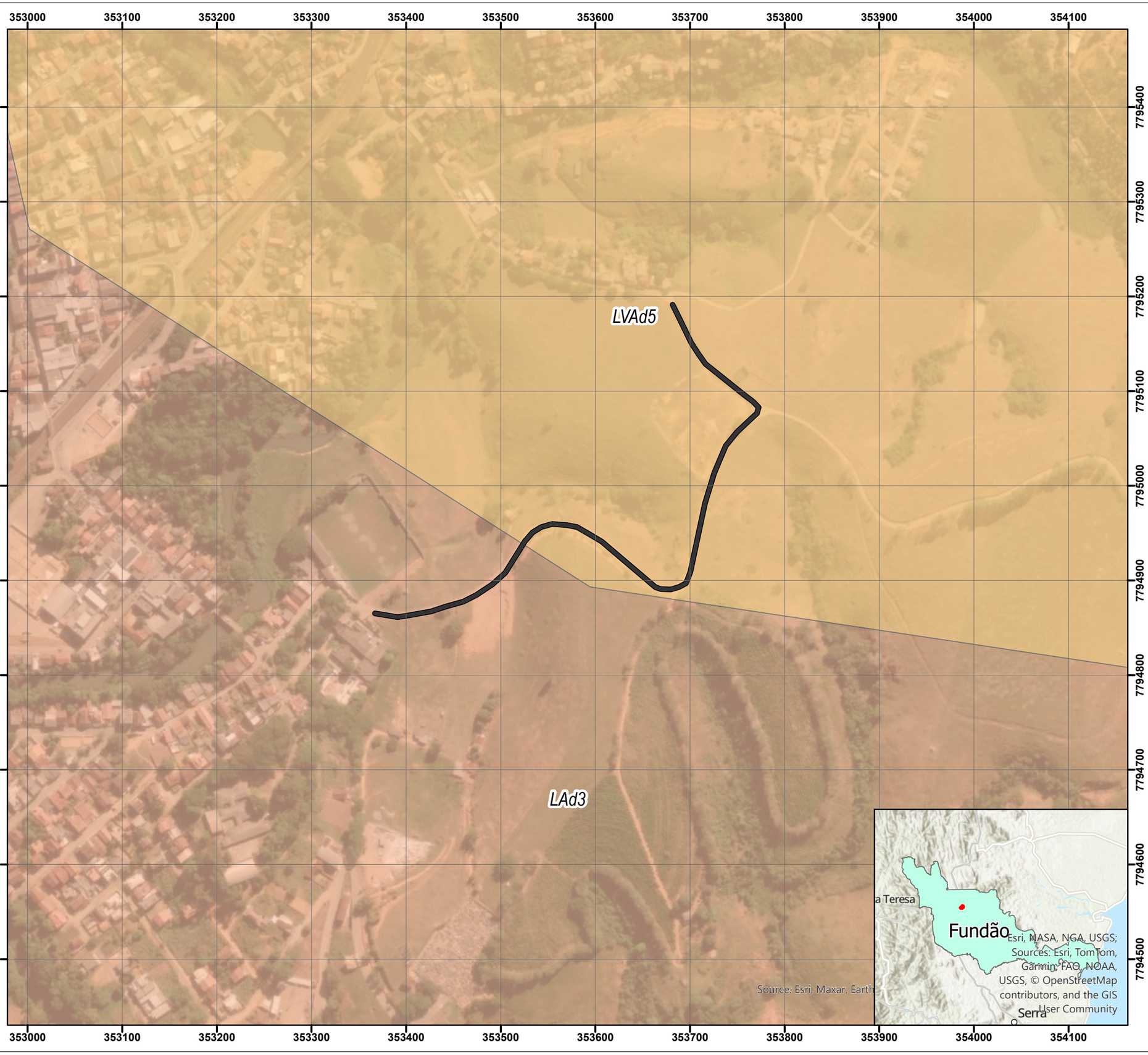
Latossolos

Solos de intemperização intensa chamados popularmente de solos velhos, sendo definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) pela presença de horizonte diagnóstico latossólico e características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases.

Apresentam normalmente baixa fertilidade, exceto quando originados de rochas mais ricas em minerais essenciais às plantas, acidez e teor de alumínio elevados. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, associadas a uma boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura mais grosseira em climas mais secos.

- Latossolo Amarelo: Solos desenvolvidos de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica relacionados à Formação Alter-do-Chão, podendo também ocorrer fora destes ambientes quando atenderem aos requisitos de cor definidos pelo SiBCS. A cor amarelada é uniforme em profundidade, o mesmo ocorrendo com o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa. Outro aspecto de campo refere-se à elevada coesão dos agregados estruturais (solos coesos) (Embrapa, 2021).

- Latossolo Vermelho-Amarelo: são solos profundamente intemperizados, característicos de regiões tropicais úmidas, apresentando coloração que varia entre o vermelho e o amarelo em função da proporção entre óxidos de ferro e de alumínio. Possuem textura predominantemente argilosa, estrutura granular bem desenvolvida e boa permeabilidade, o que favorece a drenagem interna. Apesar disso, são solos de baixa fertilidade natural devido à intensa lixiviação de nutrientes, exigindo práticas adequadas de manejo e correção da acidez para uso agrícola sustentável. Esses solos ocorrem, em geral, sobre materiais geológicos diversos e em relevo suave ondulado a plano, sendo amplamente distribuídos no território brasileiro (Embrapa, 2021).



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Área de intervenção

Fundão

Pedologia

LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico

LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico

Documentação e Referências

AGERH. Hidrografia. 2022
EMBRAPA. Pedologia. 2016
ESRI. Imagery basemap. 2022.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto: Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título: Mapa de Pedologia

Coordenador:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Autor do Projeto:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Escala: 1:4.000 — 0 30 60 120 m

Folha: 1/1

Local: Fundão/ES

Papel: A3

Nº: EGEO-01

Contratante:

Contratada: avantec Soluções em Engenharia

3.3.3.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Do ponto de vista geomorfológico, o município de Fundão está inserido em três domínios geomorfológicos distintos: Acumulação Fluvial, Depósitos Sedimentares e Faixa de Dobramentos Remobilizados. Quanto às regiões geomorfológicas, estas são representadas por Acumulação Fluvial, Piemontes Inumados, Planícies Costeiras, Piemontes Orientais e Planalto da Mantiqueira Setentrional.Já as unidades geomorfológicas que caracterizam a área compreendem Acumulação Fluvial, Colinas e Maciços Costeiros, Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Tabuleiros Costeiros e Planícies Costeiras, Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias.

O ambiente de projeto está localizado no aspecto geomorfológico: no domínio Depósitos Sedimentares, nas região Piemontes Inumados, e na unidade Tabuleiros Costeiros. A representação detalhada da geomorfologia pode ser visualizada na Figura 17, onde se apresenta o mapa geomorfológico da área em estudo.



N

W E

S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de intervenção
- Fundão

Unidade Geológica

- Córrego γ5 Mucurutá,Ɛγ5lesfuck
- Nova Venécia,NP3nv

Documentação e Referências

CPRM. Geologia. 2004.
ESRI. Imagery basemap. 2022.

ø	Emissão original	2025
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto: Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título: Mapa de Geologia

Coordenador:

Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Autor do Projeto:

Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-18.427/D

Escala:	1:4.000 (0 30 60 120 m)		
Folha:	1/1	*Local:*	Fundão/ES
Papel:	A3	*Nº:*	EGEO-02
Contratante:		*Contratada:*	avantec Soluções em Engenharia

3.3.3.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Com base na bibliografia consultada, foi possível caracterizar o arcabouço geológico da área de estudo (Figura 18), composta pelas unidades:

- Nova Venécia
- Córrego Mucurutá

O Granito Nova Venécia é um corpo granítico de coloração rosa a cinza, de granulação média, composto essencialmente por quartzo, feldspato alcalino e biotita. Encontra-se relacionado a eventos intrusivos pós-tectônicos do Ciclo Brasiliano (Wiedemann, 2002; CPRM, 2010).

O Gnaisse Nova Venécia corresponde a rochas graníticas intensamente deformadas e metamorfizadas, apresentando bandamento composicional bem marcado e coloração variada (acinzentada a arroxeada). Sua gênese está relacionada a processos de gnaissificação regional e retrabalhamento tectono-metamórfico do embasamento (Silva et al., 2005; Heilbron et al., 2010).

O embasamento da região onde se insere o Córrego Mucurutá é composto por rochas cristalinas, frequentemente associadas a corpos graníticos que se mostram intrusivos em unidades mais antigas, como o Tonalito São Vitor. O granito que ocorre no local é de coloração clara, com granulação média, isotrópico e com textura granular hipidiomórfica. Sua composição mineralógica essencial é dada por quartzo, K-feldspato (microclina e ortoclásio), e biotita (CPRM, Manual Técnico do Departamento de Geologia, 1996).

Em termos de cobertura sedimentar, o córrego está associado a depósitos de Aluviões, que são sedimentos não consolidados do Quaternário depositados pelo próprio sistema fluvial em sua planície. Em contexto de bacia sedimentar, a área é influenciada por unidades clásticas como o Membro Mucuri (Formação Mariricu, Bacia do Espírito Santo), composto predominantemente por arenitos e conglomerados arenosos. Estes depósitos são de grande importância estratigráfica e representam sedimentos clásticos depositados em ambientes lacustres ou transicionais durante o Aptiano (Orita, 2019; Asmus et al., 1971).



N
W E
S

Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Área de intervenção

Fundão

Domínio, Região, Unidade Geomorfológica

Depósitos Sedimentares,Piemontes Inumados,Tabuleiros Costeiros

Documentação e Referências

IBGE. Geomorfologia. 2023.
ESRI. Imagery basemap. 2022.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
ø	Emissão original	2025

Projeto: Projeto de Engenharia de Drenagem e Pavimentação da Rua Duílio Scarton

Título: Mapa de Geomorfologia

Coordenador:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Autor do Projeto:
Thiago Gomes Bonomo
Eng. Civil
CREA: ES-018427/D

Escala: 1:4.000 — 0 30 60 120 m

Folha: 1/1

Local: Fundão/ES

Papel: A3

Nº: EGEO-03

Contratante:

Contratada: avantec Soluções em Engenharia

3.3.3.5 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Do ponto de vista hidrogeológico, a área de estudo está inserida em um sistema aquífero fraturado, classificado como Embasamento Fraturado Indiferenciado segundo a Cartografia Hidrogeológica do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM (Atlas do Brasil – Folha SF24). Este sistema é composto predominantemente por rochas cristalinas, incluindo granitóides, rochas vulcânicas e metavulcânicas, metassedimentos, gnaisses, migmatitos, granulitos, xistos e quartzitos.

A ocorrência de água subterrânea está condicionada à presença e conectividade das fraturas, apresentando grau de fraturamento médio. A produtividade dos poços é, em geral, baixa, podendo atingir valores moderados em zonas localizadas, com vazões típicas variando entre 10 e 25 m³/h.

Como é característico de aquíferos fraturados, a capacidade de armazenamento e transmissão de água é fortemente controlada pela densidade e abertura das fraturas, bem como pelo grau de intemperismo das rochas. Por isso, as condições locais de captação dependem diretamente da investigação prévia da estrutura geológica para localização das zonas mais produtivas.

3.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos foram realizados com a finalidade de estabelecer as características quantitativas e qualitativas dos materiais necessários para a execução da obra (terraplenagem, pavimentação e drenagem), e ainda subsidiar o dimensionamento do pavimento da Projeto de Engenharia de Pavimentação e Drenagem das ruas Duílio Scarton e João Saccani,nos bairros Oséias e Santo Antônio, Fundão/ES. Dessa forma, visando caracterizar o material componente do sub-leito, foram realizados furos de sondagem a trado.

No que tange à caracterização físico-mecânicas de materiais, bem como à baixa magnitude de carga incidida sobre o mesmo (tráfego leve e peso próprio da estrutura), julgou-se que não há necessidade de tratamento algum no sub-leito existente (solo de fundação) tendo em consideração da carga advinda da estrutura projetada para o projeto em questão.

3.4.1 ESTUDO DO SUBLEITO – SONDAGEM A TRADO

Os furos de sondagem do subleito foram executados em intervalos de até 200 metros, alternando sua posição (lado esquerdo, eixo e lado direito) e profundidade de mínima de 1,00 m abaixo do greide, respeitando assim as diretrizes estabelecidas pela Instrução de Serviço IS-206 do IPR/DNIT.

Todas as amostras coletadas foram submetidas aos ensaios de Caracterização Física e de Caracterização Mecânica, a saber:

- **Caracterização Física:** Análise granulométrica por peneiramento (DNER-ME 080/94), Limite de Liquidez (DNER-ME 122/94) e Limite de Plasticidade (DNER-ME 082/94);
- **Caracterização Mecânica:** Compactação (DNER-ME 162/94), Expansão e Determinação do ISC (DNER-ME 049/94).

Com os dados recebidos, esta Consultora elaborou a Análise Estatística, bem como cálculo e definição do ISC de projeto utilizado no dimensionamento do pavimento.

3.4.1.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Análise Estatística do Subleito foi calculada através das equações apresentadas a seguir, conforme preconiza o Manual de Pavimentação do DNIT:

- **Equação 01: Média aritmética**

$$X_m = \frac{\sum X}{N}$$

- **Equação 02: Desvio Padrão**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - X_m)^2}{N - 1}}$$

- **Equação 03: Valor mínimo provável, estatisticamente**

$$X_{mín} = X_m - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} - 0{,}68\sigma$$

- **Equação 04: Valor máximo provável, estatisticamente**

$$X_{máx} = X_m + \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

Onde:

N = Número de amostras;

X = valor individual;

X_m = média aritmética;

σ = desvio padrão;

$X_{mín}$ = valor mínimo provável, estatisticamente;

$X_{máx}$ = valor máximo provável, estatisticamente.

Apresenta-se a seguir o quadro estatístico dos ensaios de subleito, considerando as equações oficiais do Manual de Pavimentação do DNIT para o valor mínimo/máximo provável dos parâmetros em estudos:

Tabela 19 – Análise Estatística

Parâmetro estatístico	Limites		Granulometria									Ensaio de Compactação 26 golpes				IG
	LL	IP	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót.	Dmax.	Exp.	ISC	
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
$\bar{X}$	46,15	15,53	100,00	0,00	100,00	100,00	99,30	97,94	95,10	79,87	64,05	22,18	1,651	0,40	11,85	
σ	3,00	4,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	1,23	2,95	10,17	5,69	1,00	0,053	0,06	2,28	9
$X_{mín}$	42,18	9,87	100,00	0,00	100,00	100,00	98,55	96,30	91,19	66,39	56,51	20,85	1,581	0,32	**8,83**	
$X_{máx}$	50,12	21,18	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	99,57	99,01	93,35	71,59	23,50	1,720	0,47	14,87	

O plano de sondagem e os respectivos boletins serão apresentados ao final deste capítulo. No total, foram executados quatro furos de sondagem

Assim, para efeito de cálculo, foi definido como valor de ISC de projeto:

ISC de projeto = 8,00%.

3.4.2 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO

Apresenta-se a seguir o inventário fotográficos dos furos a trado realizados nas ruas Duílio Scarton e João Saccani, em Fundão/ES



ST-01



ST-02



ST-03



ST-04

3.4.3 ESTUDO DE OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS

A investigação geotécnica teve como objetivo cadastrar e caracterizar as possíveis fontes dos insumos necessários para a execução das obras de pavimentação, drenagem, terraplenagem, obras-de-arte especiais, etc.

3.4.3.1 PEDREIRA

No que tange aos estudos geotécnicos relativos aos materiais britados a serem empregados na obra, foi identificada a pedreira (P-01) comercial mais próxima, listada a seguir:

- P-01 – Pedreira;

Conforme o *croqui* de localização apresentado no ***Volume 2 – Projeto de Execução***, a pedreira P-01 localiza-se no município de Aracruz, a 27,8 km do Canteiro de Obras.

A pedreira é ocorrência comercial, ambientalmente licenciada para a exploração de agregado, e possui potencial técnico e capacidade operacional para o atendimento ao empreendimento.

3.4.3.2 AREAL

No decorrer das investigações de campo foi identificado areal passível de indicação como fornecedor de areia para as obras do empreendimento, a saber:

- A-01 – Areal;

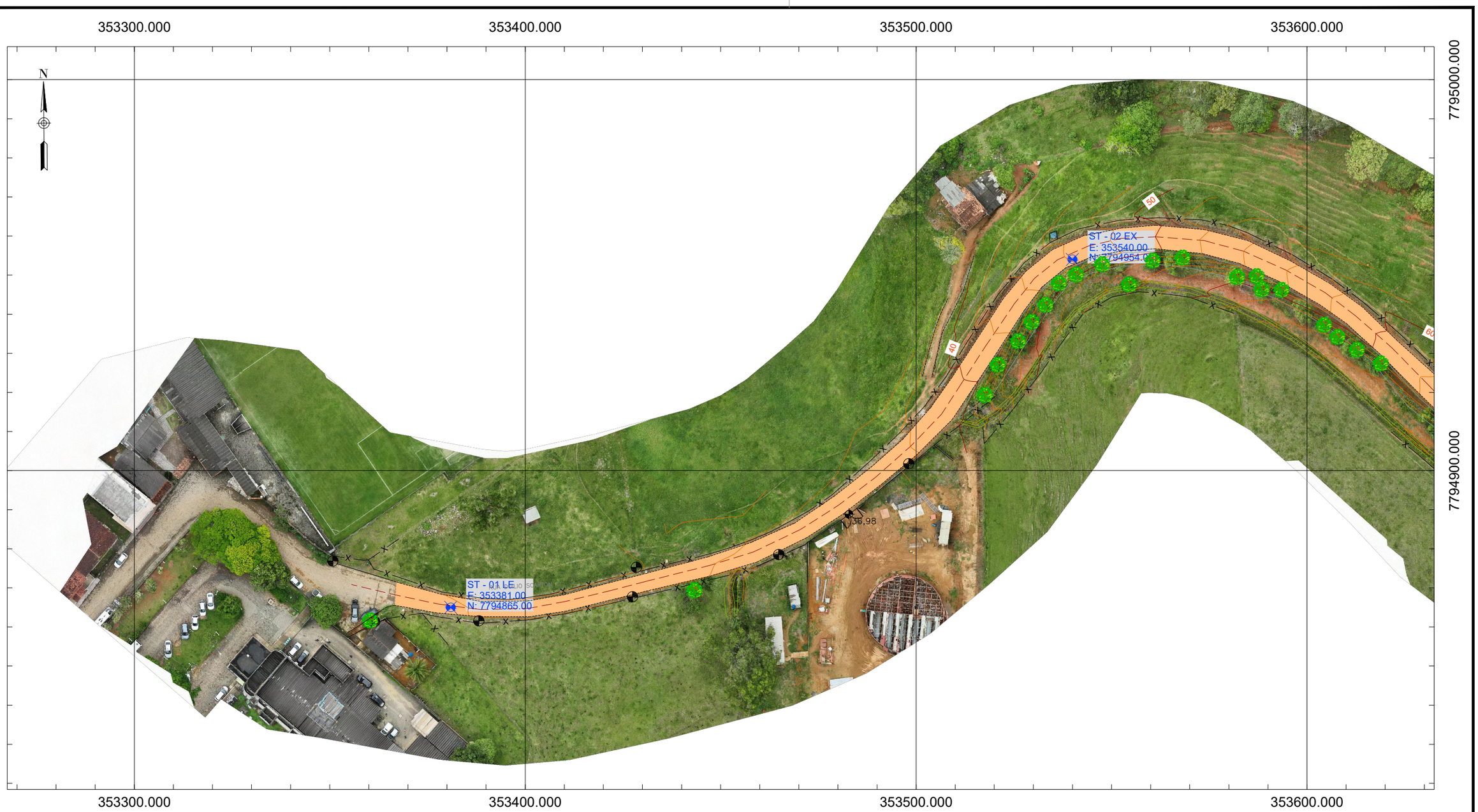
Conforme o *croqui* de localização apresentado no ***Volume 2 – Projeto de Execução***, o areal A-01 localiza-se no município Serra, a 16,60 km do Canteiro de Obras.

3.4.3.3 BOTA-FORA

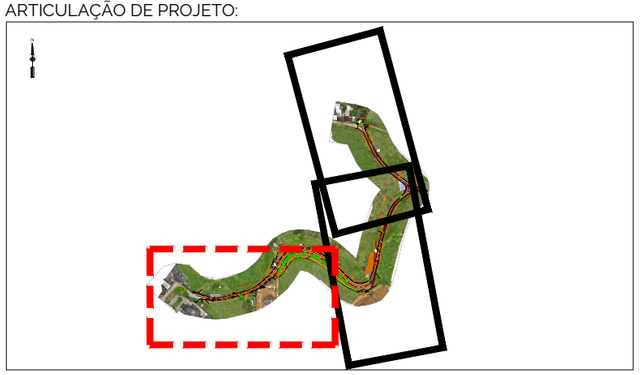
Deverá ser indicado um local devidamente licenciado durante a obra.
Para fins de orçamento, considerou-se uma distância média de transporte (DMT) de 15 km.

3.4.4 APRESENTAÇÃO

Apresentam-se a seguir o plano de sondagem, boletins de sondagem e fichas de ensaio, e no ***Volume 02 – Projeto de Execução,*** os Croquis de Ocorrências em formato A1 e/ou A3 (ABNT).



ARTICULAÇÃO DE PROJETO:



CONVENÇÕES			
	Estrada de chão		Curvas de nível
	Edificações	—x—x—	Cerca de arame
	Muro existente		Poste existente
	Meio fio existente		Árvore
	Bordo de estrada	ST-00	Furo de sondagem ST

PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO

CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

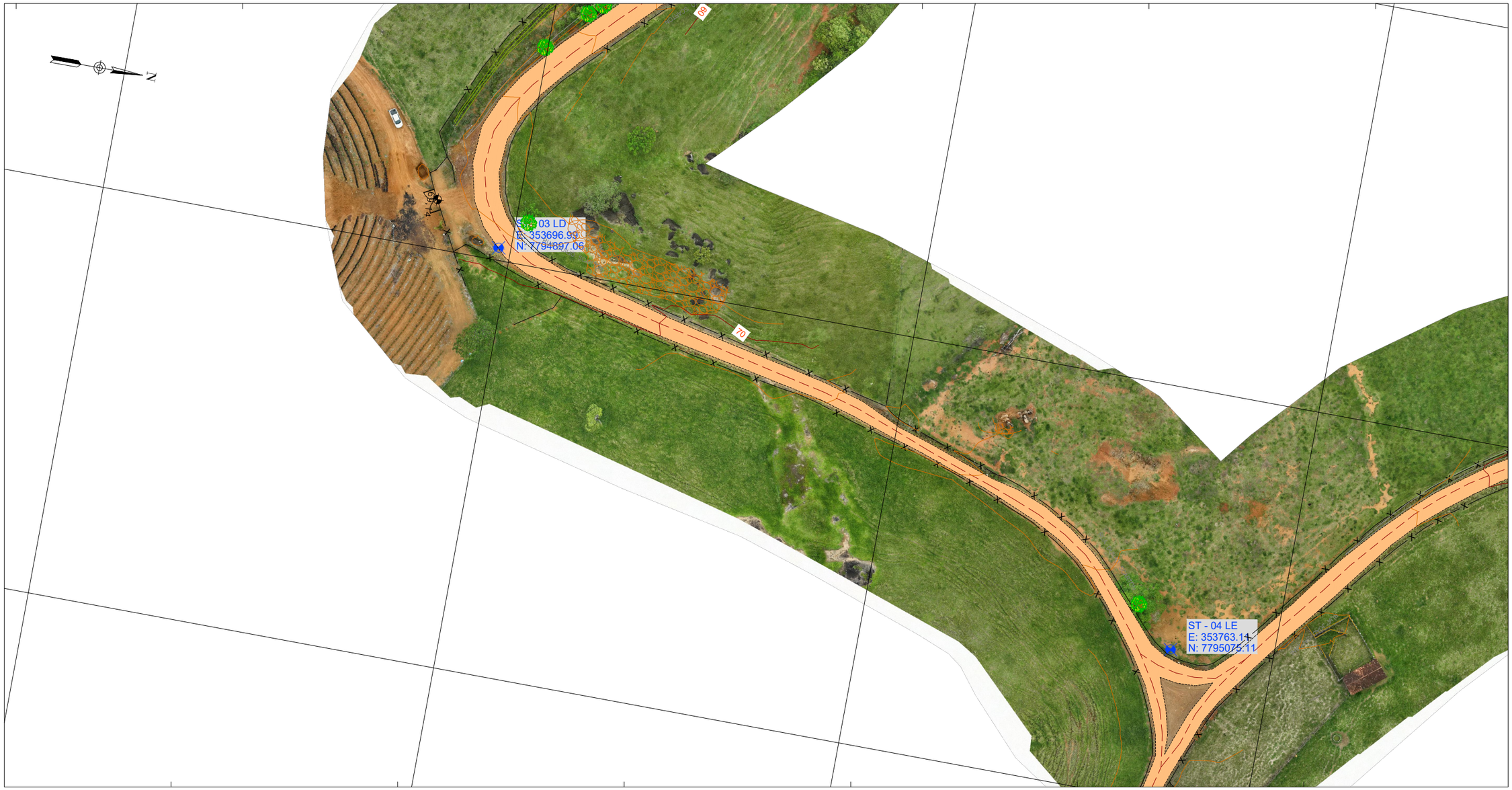
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

TÍTULO: ESTUDO GEOTÉCNICO - PLANO DE SONDAGEM

LOCAL: BAIRROS OSEIAS E SANTO ANTÔNIO, FUNDÃO/ES

COORDENADOR : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	ESCALA: 1/1000	FORMATO: A3	PRANCHA: SON-01
AUTOR DO PROJETO : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	REVISÃO: R. 0	DATA: 2025	

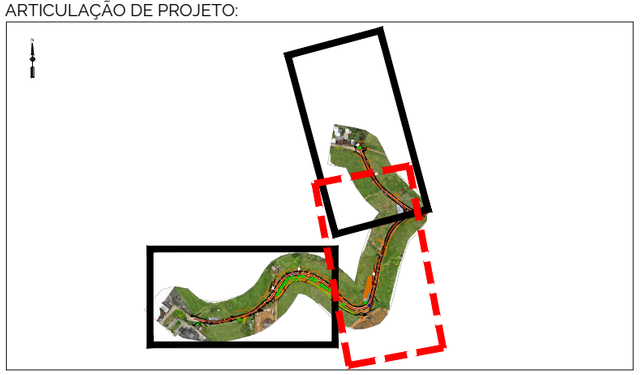
353600.000



7794800.000

353800.000

ARTICULAÇÃO DE PROJETO:



CONVENÇÕES			
	Estrada de chão		Curvas de nível
	Edificações	—x—x—	Cerca de arame
	Muro existente		Poste existente
	Meio fio existente		Árvore
	Bordo de estrada	ST-00	Furo de sondagem ST

PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO

CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

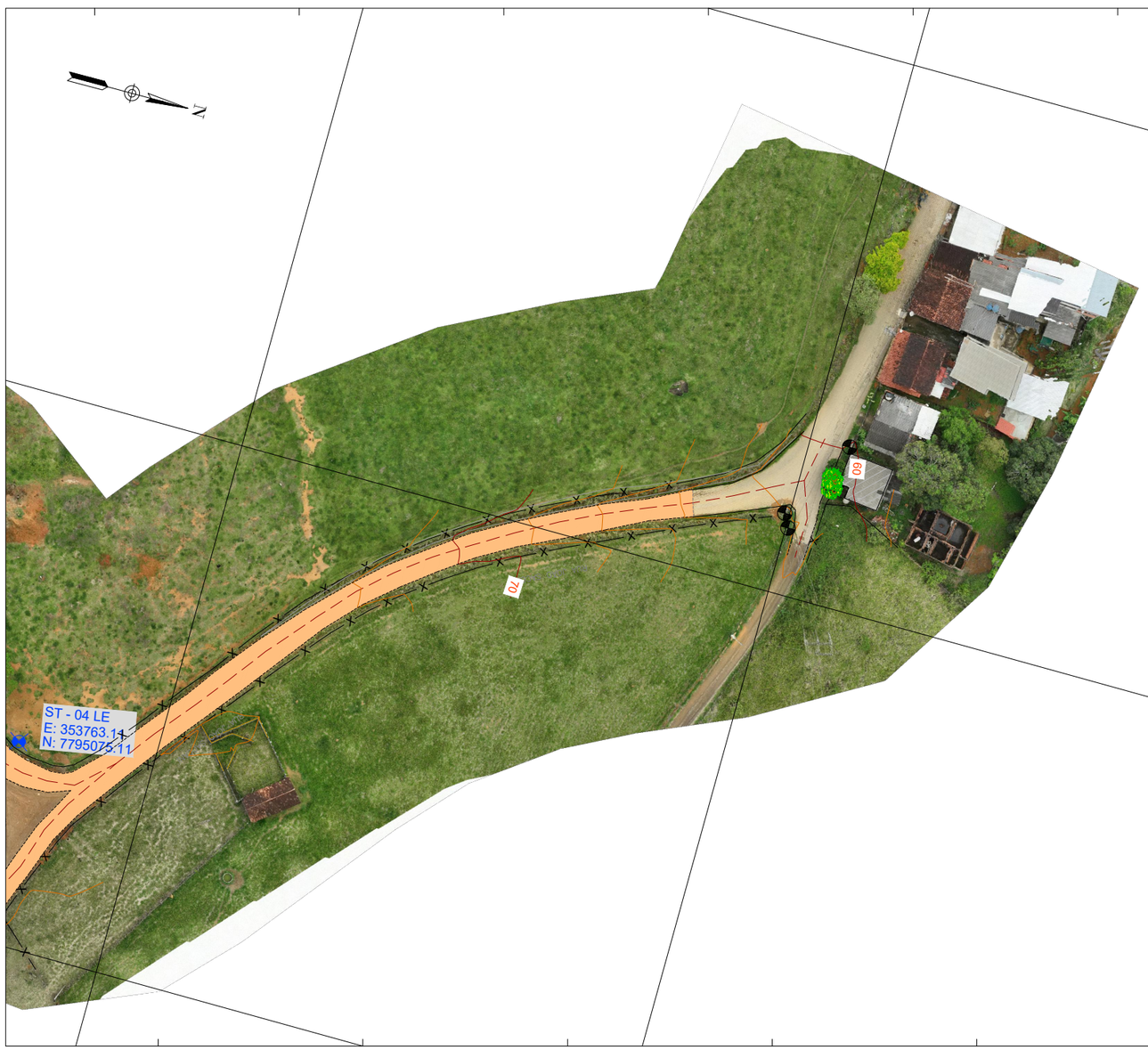
TÍTULO: ESTUDO GEOTÉCNICO - PLANO DE SONDAGEM

LOCAL: BAIRROS OSEIAS E SANTO ANTÔNIO, FUNDÃO/ES

COORDENADOR : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	ESCALA: 1/1000	FORMATO: A3	PRANCHA: SON-02
AUTOR DO PROJETO : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	REVISÃO: R. 0	DATA: 2025	

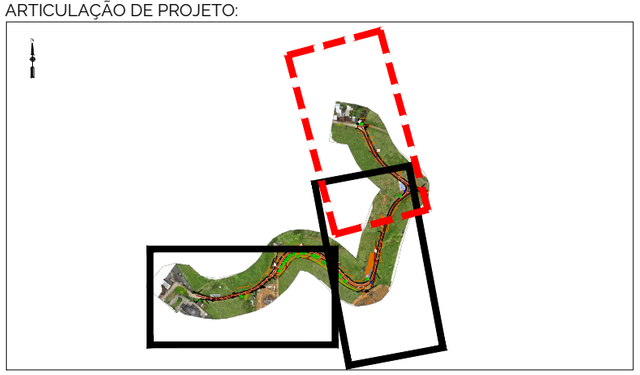
353600.000

7795400.000



353800.000

ARTICULAÇÃO DE PROJETO:



CONVENÇÕES			
	Estrada de chão		Curvas de nível
	Edificações	—x—x—	Cerca de arame
	Muro existente		Poste existente
	Meio fio existente		Árvore
- - - -	Bordo de estrada	ST-00	Furo de sondagem ST

PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO

CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

TÍTULO: ESTUDO GEOTÉCNICO - PLANO DE SONDAGEM

LOCAL: BAIRROS OSEIAS E SANTO ANTÔNIO, FUNDÃO/ES

COORDENADOR : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	ESCALA: 1/1000	FORMATO: A3	PRANCHA: SON-03
AUTOR DO PROJETO : Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO	CREA: ES-018427/D	REVISÃO: R. 0	DATA: 2025	

avantec
Soluções em Engenharia

ESTUDOS GEOTÉCNICOS
BOLETIM DE SONDAGEM

Trecho: Rua Duílio Scarton
Estudo: Subleito
Município: Fundão

FURO	COORDENADAS UTM		POSIÇÃO	PROFUNDIDADE (m)			DESCRIÇÃO
	NORTE	ESTE					
ST-01	7.794.865,00	353.381,00	LE	0,00	a	0,20	MATERIAL EXISTENTE
				0,20	a	1,50	ARGILA DE COR AMARELA
ST-02	7.794.954,00	353.540,00	EX	0,00	a	0,30	MATERIAL EXISTENTE
				0,30	a	1,5	ARGILA DE COR AMARELA
ST-03	7.794.897,06	353.697,00	LD	0,00	a	0,20	MATERIAL EXISTENTE
				0,20	a		ARGILA DE COR AMARELA
				1,00	a		ROCHA
ST-04	7.795.075,11	353.763,11	LE	0,00	a	0,35	MATERIAL EXISTENTE
				0,35	a	1,54	ARGILA DE COR AMARELA

avantec
Soluções em Engenharia

ESTUDOS GEOTÉCNICOS

RESUMO DOS ENSAIOS

FURO			**ST-01**	**ST-02**	**ST-03**	**ST-04**
POSIÇÃO			LE	EX	LD	LE
PROFUNDIDADE (m)			0 a 1,5	0 a 1,5	0 a 1,5	0 a 1,5
GRANULOMETRIA	PENEIRAS (%)	2"	100,00	100,00	100,00	100,00
		1 1/2''	0,00	0,00	0,00	0,00
		1"	100,00	100,00	100,00	100,00
		3/4''	100,00	100,00	100,00	100,00
		3/8"	99,79	98,51	99,29	99,60
		Nº4	99,71	96,86	97,61	97,56
		Nº10	99,24	92,52	93,56	95,08
		Nº40	94,44	71,12	75,44	78,48
		Nº200	70,97	60,93	58,13	66,16
LIMITE LIQUIDEZ (%)			48,80	46,00	47,80	42,00
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)			18,70	9,30	17,80	16,30
EQUIVALENTE DE AREIA			-	-	-	-
IG			12	6	9	9
CLASSIFICAÇÃO TRB			A - 7 - 5	A - 5	A - 7 - 6	A - 7 - 6
COMPACTAÇÃO	LAB.	UMID. (%)	22,40	21,40	21,40	23,50
		DENS.(g/cm³)	1,610	1,681	1,709	1,602
	CAMPO	UMID. (%)	-	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-	-
	% COMPACTAÇÃO		-	-	-	-
ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA	C.P.C. / 12 GOLPES	UMID. (%)	-	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-	-
		EXP.	-	-	-	-
		I.S.C.	-	-	-	-
	C.P.C. / 26 GOLPES	UMID. (%)	22,40	21,40	21,40	23,50
		DENS. (g/cm³)	1,610	1,681	1,709	1,602
		EXP.	0,38	0,32	0,43	0,45
		I.S.C.	14,70	12,20	11,30	9,20
	C.P.C. / 55 GOLPES	UMID. (%)	-	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-	-
		EXP.	-	-	-	-
		I.S.C.	-	-	-	-
	EXP. FINAL		**0,38**	**0,32**	**0,43**	**0,45**
	I.S.C. FINAL		**14,70**	**12,20**	**11,30**	**9,20**
CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA			ARGILA DE COR AMARELA	ARGILA DE COR AMARELA	ARGILA DE COR AMARELA	ARGILA DE COR AMARELA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

NORMA (DNIT-164/2013-ME) MÉTODO → [ ] A [X] B [ ] C

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES						
Jurisdição:	-	Estudo:	CAMADA DE REFORÇO	Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	001
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 001

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	01	12
Cápsula+Solo Úmido	g	98,80	107,32
Cápsula+Solo seco	g	90,55	98,50
Peso da Cápsula	g	19,45	22,50
Água	g	8,25	8,82
Solo seco	g	71,10	76,00
Umidade	%	11,6	11,6
Umidade média	(%)	**11,6**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.376,3**
Umidade da amostra (ml)	
623,7	

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Energia de Compactação	INTERMEDIARIO
Golpes por Camada	26
Tipo de Cilindro	Grande
Tipo de Soquete	Grande
Disco Espaçador	2.1/2"
PARÂMETROS DO ENSAIO	
M. E. A. máxima do solo seco (g/cm³)	**1,610**
Umidade ótima (%)	**22,4**

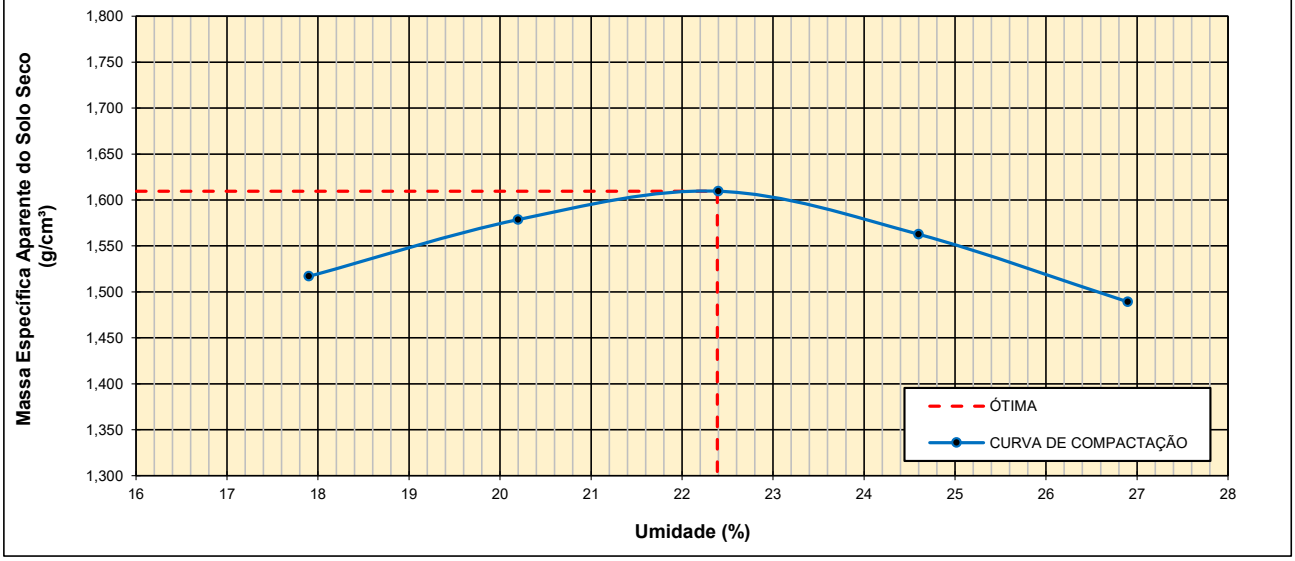
MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

Molde Nº	g	88	40	103	88	121
Peso de água	g	340	460	580	700	820
Porcentagem de água	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7
Solo úmido + molde	g	8465,0	8650,0	8555,0	8795,0	8960,0
Peso do molde	g	4745,0	4722,0	4475,0	4745,0	5020,0
Solo úmido	g	3720,0	3928,0	4080,0	4050,0	3940,0
Volume do molde	cm³	2080,0	2070,0	2071,0	2080,0	2085,0
Massa específica aparente do solo úmido	g/cm³	1,788	1,898	1,970	1,947	1,890
Massa específica aparente convertida	g/cm³	1,693	1,762	1,796	1,744	1,662

UMIDADE

Cápsula	nº	21	19	04	06	08	11	03	05	15	17
Solo úmido + cápsula	g	102,24	105,71	101,50	102,44	105,91	106,12	105,97	105,22	107,96	115,54
Solo seco + cápsula	g	89,88	93,11	88,25	89,03	90,74	91,03	89,57	89,14	90,14	96,14
Peso da cápsula	g	20,82	22,71	22,99	22,31	23,02	23,68	22,90	23,78	23,90	24,02
Água	g	12,36	12,60	13,25	13,41	15,17	15,09	16,40	16,08	17,82	19,40
Solo seco	g	69,06	70,40	65,26	66,72	67,72	67,35	66,67	65,36	66,24	72,12
Umidade corrigida	%	17,9	17,9	20,3	20,1	22,4	22,4	24,6	24,6	26,9	26,9
Umidade corrigida média	%	**17,9**		**20,2**		**22,4**		**24,6**		**26,9**	
Umidade calculada	%	**17,9**		**20,2**		**22,4**		**24,6**		**26,9**	
Massa específica aparente do solo seco	g/cm³	**1,517**		**1,579**		**1,610**		**1,563**		**1,489**	

CURVA DE COMPACTAÇÃO



Moldes Para Imersão (C.B.R)							
	Molde	nº		40	103	88	
	Peso	g		5020	4730	4515	
	Volume	cm³		2085	2164,9	2072	
	Altura	mm		113,0	119,7	114,3	

Massa específica aparente máxima do solo seco (g/cm³)	Umidade ótima (%)
1,610	**22,4**

ENSAIO DE EXPANSÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

NORMA (DNIT 172/2016-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	001
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 001
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ENSAIO DE EXPANSÃO

EXPANSÃO

Molde Nº			40			103			88		
Altura do Molde (mm)			113,0			119,7			114,3		
Data	Dia da Semana	Horário	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %
17/10/25	sex.	10:00	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**
18/10/25	sáb.	10:00	2,88	0,88	**0,78**	2,46	0,46	**0,38**	2,23	0,23	**0,20**
19/10/25	dom.	10:00	2,88	0,88	**0,78**	2,46	0,46	**0,38**	2,23	0,23	**0,20**
20/10/25	seg.	10:00	2,88	0,88	**0,78**	2,46	0,46	**0,38**	2,23	0,23	**0,20**
21/10/25	ter.	10:00	2,88	0,88	**0,78**	2,46	0,46	**0,38**	2,23	0,23	**0,20**
Molde + Amostra após embebição											
Peso da Água absorvida											

PARÂMETROS DO ENSAIO

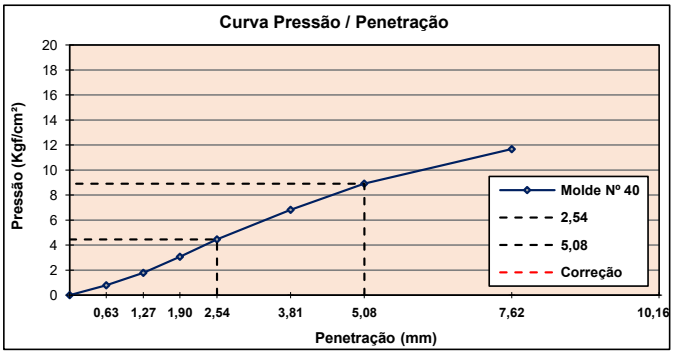
Expansão (%)	
Valor obtido	0,38
Máximo especificado	-
Aceitação	-

Índice de Suporte Califórnia (%)	
Valor obtido	14,7
Mínimo especificado	10,0
Aceitação	-

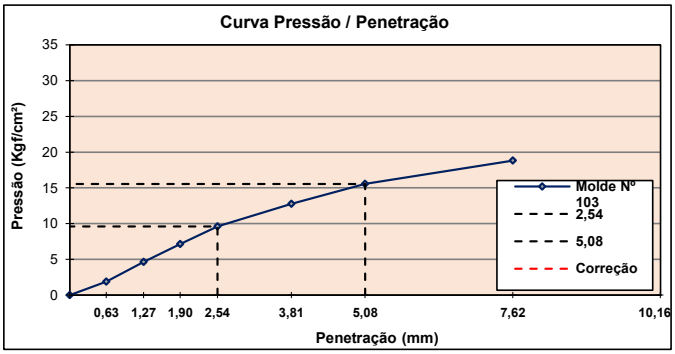
DADOS	
Anel Dinamométrico	004
Constante do Anel	0,0990
Área do Pistão (cm²)	19,23

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

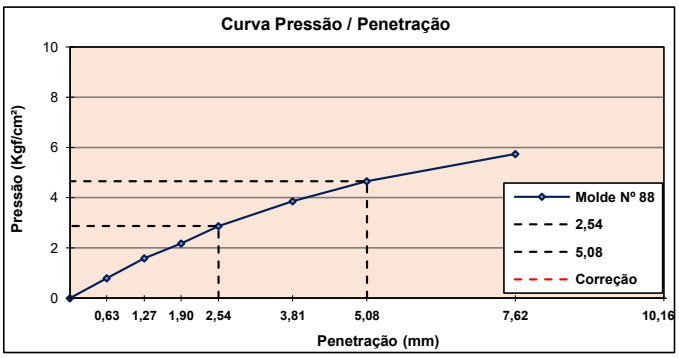
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		40	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	8	0,8		
1,0	1,27	0,050	-	18	1,8		
1,5	1,90	0,075	-	31	3,1		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**45**	**4,5**	**4,5**	**6,3**
3,0	3,81	0,150	-	69	6,8		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**90**	**8,9**	**8,9**	**8,4**
6,0	7,62	0,300	-	118	11,7		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		103	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	19	1,9		
1,0	1,27	0,050	-	47	4,7		
1,5	1,90	0,075	-	72	7,1		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**97**	**9,6**	**9,6**	**13,7**
3,0	3,81	0,150	-	129	12,8		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**157**	**15,5**	**15,5**	**14,7**
6,0	7,62	0,300	-	190	18,8		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		88	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	8	0,8		
1,0	1,27	0,050	-	16	1,6		
1,5	1,90	0,075	-	22	2,2		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**29**	**2,9**	**2,9**	**4,1**
3,0	3,81	0,150	-	39	3,9		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**47**	**4,7**	**4,7**	**4,4**
6,0	7,62	0,300	-	58	5,7		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

NORMA (DNIT-164/2013-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-	Interessado:	-	Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES	Trecho:	FUNDÃO / ES	Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	001
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 001

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	01	12
Cápsula+Solo Úmido	g	98,80	107,32
Cápsula+Solo seco	g	90,55	98,50
Peso da Cápsula	g	19,45	22,50
Água	g	8,25	8,82
Solo seco	g	71,10	76,00
Umidade	%	11,60	11,60
Umidade média	(%)	**11,60**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.376,3**
Umidade da amostra (ml)	
623,7	

MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

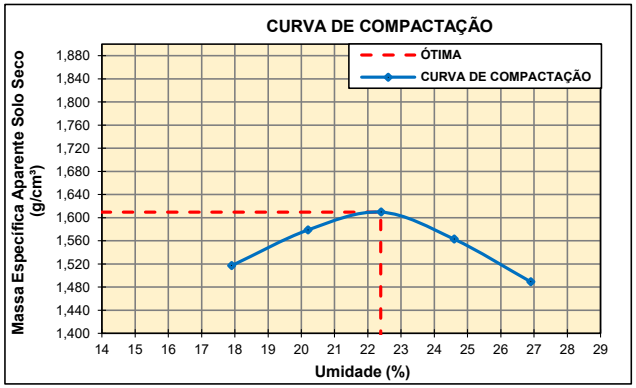
Molde Nº	g	88	40	103	88	121
Peso de água	g	340	460	580	700	820
Porcentagem de água	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7
Solo úmido + molde	g	8465,0	8650,0	8555,0	8795,0	8960,0
Peso do molde	g	4745,0	4722,0	4475,0	4745,0	5020,0
Solo úmido	g	3720,0	3928,0	4080,0	4050,0	3940,0
Volume do molde	cm³	2080,0	2070,0	2071,0	2080,0	2085,0
Maasa específica apar. solo úmido	g/cm³	1,788	1,898	1,970	1,947	1,890
Maasa específica apar. Convertida	g/cm³	1,693	1,762	1,796	1,744	1,662

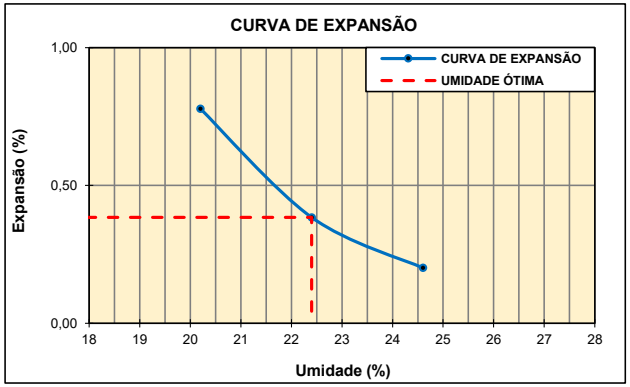
PARÂMETROS DO ENSAIO

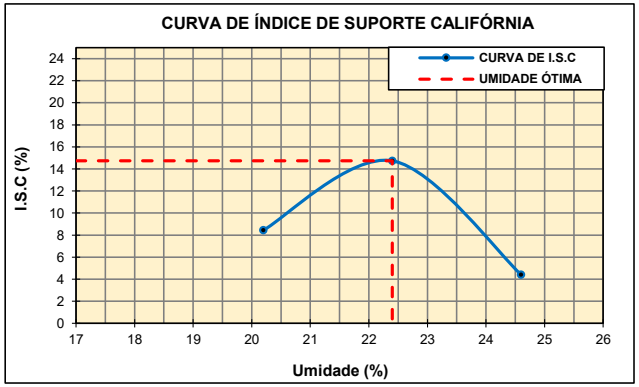
Parâmetro	Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
M. E. A máxima do solo seco	g/cm³	**1,610**	-	-	-
Umidade ótima	%	**22,4**	-	-	-
Expansão	%	**0,38**	-	-	-
CBR	%	**14,7**	-	-	-
Limite de Liquidez	%	**48,8**	-	-	-
Índice de Plasticidade	%	**18,7**	-	-	-
Índice de Grupo	%	**12**	-	-	-
Classificação TRB	%	**A - 7 - 5**	-	-	-
Equivalente de Areia	%	-	-	-	-

UMIDADE

Cápsula	nº	21	19	04	06	08	11	03	05	15	17
Solo úmido + cápsula	g	102,24	105,71	101,50	102,44	105,91	106,12	105,97	105,22	107,96	115,54
Solo seco + cápsula	g	89,88	93,11	88,25	89,03	90,74	91,03	89,57	89,14	90,14	96,14
Peso da cápsula	g	20,82	22,71	22,99	22,31	23,02	23,68	22,90	23,78	23,90	24,02
Água	g	12,36	12,60	13,25	13,41	15,17	15,09	16,40	16,08	17,82	19,40
Solo seco	g	69,06	70,40	65,26	66,72	67,72	67,35	66,67	65,36	66,24	72,12
Umidade corrigida	%	17,9	17,9	20,3	20,1	22,4	22,4	24,6	24,6	26,9	26,9
Umidade corrigida média	%	**17,9**		**20,2**		**22,4**		**24,6**		**26,9**	
Umidade calculada	%	**17,9**		**20,2**		**22,4**		**24,6**		**26,9**	
Massa específica apar. solo seco	g/cm³	**1,517**		**1,579**		**1,610**		**1,563**		**1,489**	







ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO

NORMAS (DNER-ME 080/94 / DNER-ME 082/94 / DNER-ME 122/94)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	001
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 001
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

UMIDADE HIGROSCÓPICA - PASSANTE Nº 10

Cápsula	n°	01	02
Cápsula+Solo Úmido	g	83,02	75,20
Cápsula+Solo seco	g	82,36	74,83
Peso da Cápsula	g	0,00	0,00
Água	g	0,66	0,37
Solo seco	g	82,36	74,83
Umidade	%	0,8	0,5
Média (hm)	(%)	**0,6**	

AMOSTRA CALCULADA

a) - Amostra Total Umida = b + c	g	2000,00
b) - Solo Seco Retido pela Peneira 10	g	15,15
c) - Solo Úmido Pass. Peneira 10 = (a - b)	g	1984,85
d) - Solo Seco Pas. Peneira 10 = c/ 1 + h	g	1972,03
e) - Amostra Total Seca = b + d	g	1987,18

RESUMO DA GRANULOMETRIA			
	Pedregulho	%	0,76
	Areia Grossa	%	4,79
	Areia Fina	%	23,47
	Silte + Argila	%	70,97

PENEIRAMENTO GROSSO

RECIPIENTE					n°	04
PENEIRAS			Unid.	Peso da amostra seca		% que passa da Amostra Total
Pen. n°	Pol.	mm		Peso Retido	Peso Passante	
001	2"	50,0	g	0,00	1987,18	100,00
001	1 1/2"	38,0	g	0,00	1987,18	100,00
001	1"	25,0	g	0,00	1987,18	100,00
001	3/4"	19,0	g	0,00	1987,18	100,00
001	3/8"	9,5	g	4,11	1983,07	99,79
001	N.º 4	4,8	g	1,63	1981,44	99,71
001	N.º 10	2,0	g	9,41	1972,03	99,24

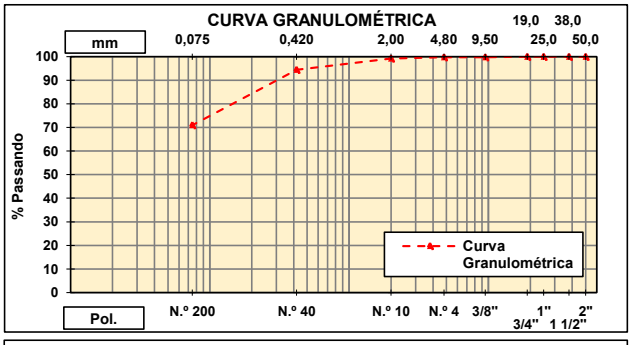
PENEIRAMENTO FINO

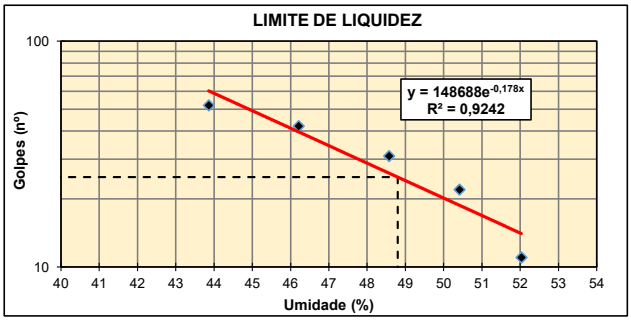
RECIPIENTE					n°	01
Peso da Amostra Parcial Umida					g	200,00
Peso da Amostra Parcial Seca					g	198,71
PENEIRAS			Unid.	Peso amostra seca		% Passante Parcial	% Passante Total
Pen. n°	Pol.	mm		Retido	Passante		
001	N.º 40	0,42	g	9,60	189,11	95,17	94,44
001	N.º 200	0,075	g	47,00	142,11	71,52	70,97

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

AMOSTRA		LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula	n°	157	191	162	78	133	99	94	05	159	79
Cápsula + Solo Úmido	g	23,15	22,63	24,57	21,35	26,67	11,96	15,18	13,33	13,28	9,83
Cápsula + Solo Seco	g	19,22	17,72	17,95	17,38	19,12	11,18	14,10	12,52	12,28	9,45
Peso da Cápsula	g	10,28	7,11	4,33	9,51	4,61	8,52	10,40	9,83	9,02	8,23
Peso da Água	g	3,92	4,90	6,62	3,97	7,55	0,78	1,08	0,81	1,00	0,38
Peso do Solo Seco	g	8,94	10,61	13,62	7,87	14,51	2,66	3,70	2,69	3,26	1,22
% de Água	%	43,9	46,2	48,6	50,4	52,0	29,4	29,3	30,0	30,7	30,8
N.º de golpes	-	52	42	31	22	11	Nº de pontos aproveitados				3

RESUMO DOS ENSAIOS FÍSICOS				VALORES P/ CÁLCULO DO I.G						
	Limite de Liquidez	%	48,8					Índice de Grupo	%	12
	Limite de Plasticidade	%	30,1	a	36,0	c	8,8	Classificação TRB	%	A - 7 - 5
	Índice de Plasticidade	%	18,7	b	40,0	d	8,7	Tipo de Solo	%	ARGILOSO





EQUIVALENTE DE AREIA

Proveta	nº			
Nível superior da suspensão argilosa	cm			
Nível superior do sedmento	cm			
Equivalente de areia	%			
Equivalente de areia médio	%			

PARÂMETROS DO ENSAIO

	Parâmetro		Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
GRANULOMETRIA	2"	50,0	%	100,0	-	-	-
	1.1/2"	38,0	%	100,0	-	-	-
	1"	25,0	%	100,0	-	-	-
	3/4"	19,0	%	100,0	-	-	-
	3/8"	9,50	%	99,8	-	-	-
	Nº 4	4,80	%	99,7	-	-	-
	Nº 10	2,00	%	99,2	-	-	-
	Nº 40	0,42	%	94,4	-	-	-
	Nº 200	0,075	%	71,0	-	-	-
L.L e L.P	Limite de Liquidez		%	48,8	-	-	-
	Índice de Plasticidade		%	18,7	-	-	-
	Índice de Grupo		%	12	-	-	-
Equivalente de Areia			%	-	-	-	-

Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

NORMA (DNIT-164/2013-ME) MÉTODO → [ ] A [X] B [ ] C

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR VERMELHA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,30 Á 1,50	Número:	002
Jurisdição:	-	Estudo:	CAMADA DE REFORÇO	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 002
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	52	43
Cápsula+Solo Úmido	g	96,16	97,26
Cápsula+Solo seco	g	88,96	90,67
Peso da Cápsula	g	15,45	24,10
Água	g	7,20	6,59
Solo seco	g	73,51	66,57
Umidade	%	9,8	9,9
Umidade média	(%)	**9,9**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.462,0**
Umidade da amostra (ml)	
538,0	

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Energia de Compactação	INTERMEDIARIO
Golpes por Camada	26
Tipo de Cilindro	Grande
Tipo de Soquete	Grande
Disco Espaçador	2.1/2"
PARÂMETROS DO ENSAIO	
M. E. A. máxima do solo seco (g/cm³)	**1,681**
Umidade ótima (%)	**21,4**

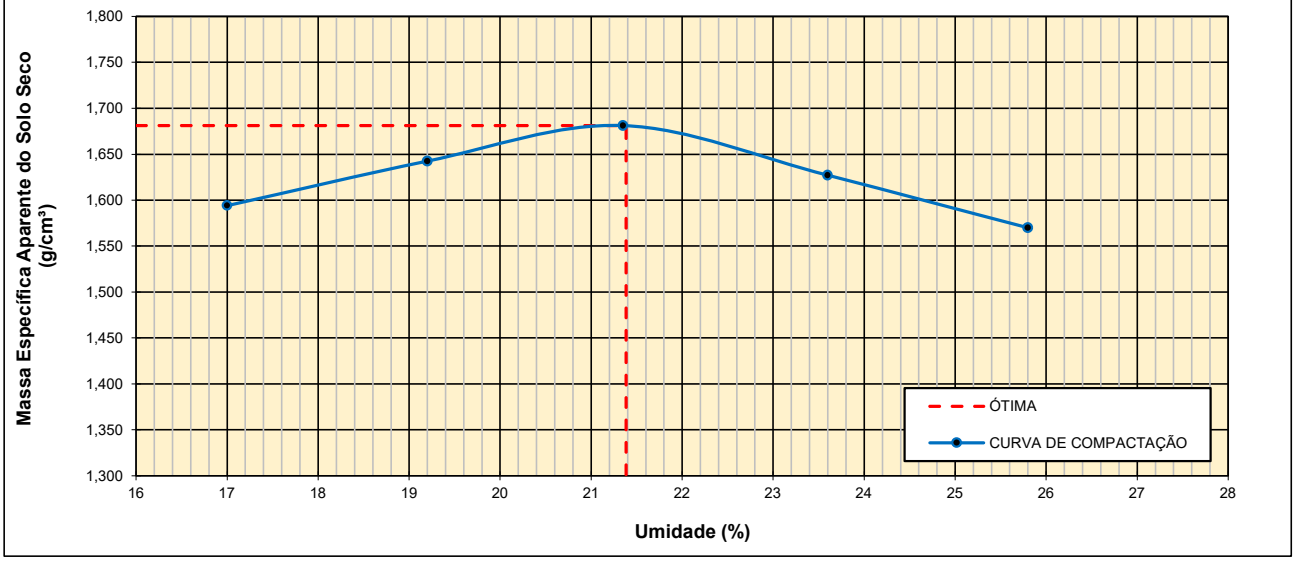
MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

Molde Nº	g	04	09	03	05	11
Peso de água	g	390	510	630	750	870
Porcentagem de água	%	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5
Solo úmido + molde	g	7990,0	8780,0	8550,0	8355,0	8610,0
Peso do molde	g	4064,0	4690,0	4286,0	4146,0	4500,0
Solo úmido	g	3926,0	4090,0	4264,0	4209,0	4110,0
Volume do molde	cm³	2105,0	2089,0	2090,0	2093,0	2081,0
Massa específica aparente do solo úmido	g/cm³	1,865	1,958	2,040	2,011	1,975
Massa específica aparente convertida	g/cm³	1,751	1,804	1,846	1,788	1,725

UMIDADE

Cápsula	nº	30	63	41	49	50	37	35	31	30	32
Solo úmido + cápsula	g	107,13	106,98	104,83	107,81	104,63	112,98	113,86	112,34	108,85	110,39
Solo seco + cápsula	g	94,65	93,22	91,57	93,85	90,33	97,03	96,17	95,03	90,88	92,03
Peso da cápsula	g	21,24	12,29	23,20	20,40	23,20	22,50	21,23	21,67	21,24	20,88
Água	g	12,48	13,76	13,26	13,96	14,30	15,95	17,69	17,31	17,97	18,36
Solo seco	g	73,41	80,93	68,37	73,45	67,13	74,53	74,94	73,36	69,64	71,15
Umidade corrigida	%	17,0	17,0	19,4	19,0	21,3	21,4	23,6	23,6	25,8	25,8
Umidade corrigida média	%	**17,0**		**19,2**		**21,4**		**23,6**		**25,8**	
Umidade calculada	%	**17,0**		**19,2**		**21,4**		**23,6**		**25,8**	
Massa específica aparente do solo seco	g/cm³	**1,594**		**1,643**		**1,681**		**1,627**		**1,570**	

CURVA DE COMPACTAÇÃO



Moldes Para Imersão (C.B.R)							
	Molde	nº		09	03	05	
	Peso	g		5020	4286	4146	
	Volume	cm³		2085	2090	2093	
	Altura	mm		113,0	114,3	114,3	

Massa específica aparente máxima do solo seco (g/cm³)	Umidade ótima (%)
1,681	**21,4**

ENSAIO DE EXPANSÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

NORMA (DNIT 172/2016-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR VERMELHA		
Trecho:	FUNDÃO / ES						
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Coleta:	0,30 Á 1,50	Número:	002
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 002

ENSAIO DE EXPANSÃO

EXPANSÃO

Molde Nº			09			03			05		
Altura do Molde (mm)			113,0			114,3			114,3		
Data	Dia da Semana	Horário	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %
17/10/25	sex.	10:00	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**
18/10/25	sáb.	10:00	2,66	0,66	**0,58**	2,37	0,37	**0,32**	2,19	0,19	**0,17**
19/10/25	dom.	10:00	2,66	0,66	**0,58**	2,37	0,37	**0,32**	2,19	0,19	**0,17**
20/10/25	seg.	10:00	2,66	0,66	**0,58**	2,37	0,37	**0,32**	2,19	0,19	**0,17**
21/10/25	ter.	10:00	2,66	0,66	**0,58**	2,37	0,37	**0,32**	2,19	0,19	**0,17**
Molde + Amostra após embebição											
Peso da Água absorvida											

PARÂMETROS DO ENSAIO

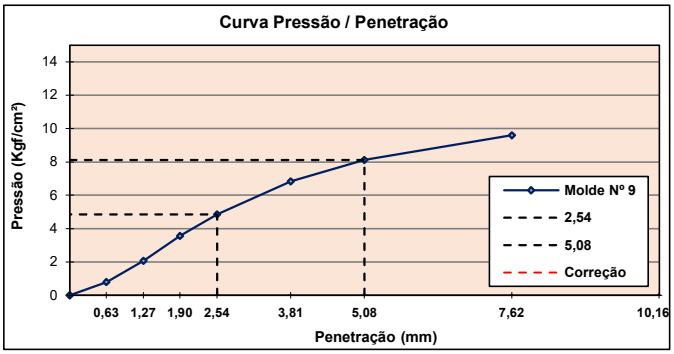
Expansão (%)	
Valor obtido	0,32
Máximo especificado	-
Aceitação	-

Índice de Suporte Califórnia (%)	
Valor obtido	12,2
Mínimo especificado	10,0
Aceitação	-

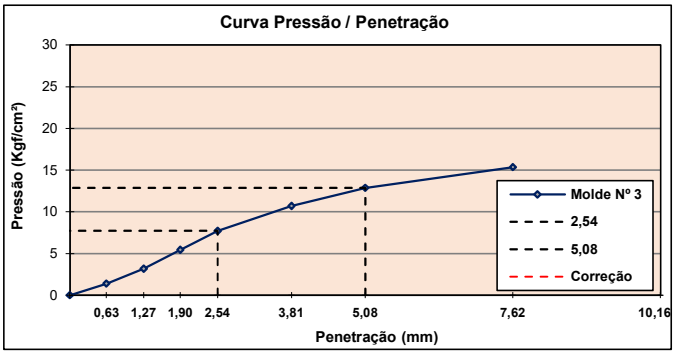
DADOS	
Anel Dinamométrico	004
Constante do Anel	0,0990
Área do Pistão (cm²)	19,23

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

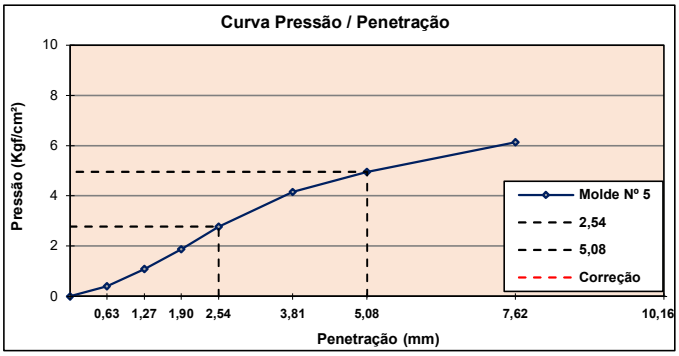
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		09	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	8	0,8		
1,0	1,27	0,050	-	21	2,1		
1,5	1,90	0,075	-	36	3,6		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**49**	**4,9**	**4,9**	**6,9**
3,0	3,81	0,150	-	69	6,8		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**82**	**8,1**	**8,1**	**7,7**
6,0	7,62	0,300	-	97	9,6		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		03	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	14	1,4		
1,0	1,27	0,050	-	32	3,2		
1,5	1,90	0,075	-	55	5,4		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**78**	**7,7**	**7,7**	**11,0**
3,0	3,81	0,150	-	108	10,7		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**130**	**12,9**	**12,9**	**12,2**
6,0	7,62	0,300	-	155	15,3		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		05	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	4	0,4		
1,0	1,27	0,050	-	11	1,1		
1,5	1,90	0,075	-	19	1,9		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**28**	**2,8**	**2,8**	**3,9**
3,0	3,81	0,150	-	42	4,2		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**50**	**5,0**	**5,0**	**4,7**
6,0	7,62	0,300	-	62	6,1		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

NORMA (DNIT-164/2013-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-	Interessado:	-	Material:	ARGILA DE COR VERMELHA		
Trecho:	FUNDÃO / ES	Trecho:	FUNDÃO / ES	Coleta:	0,30 Á 1,50	Número:	002
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 002

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	52	43
Cápsula+Solo Úmido	g	96,16	97,26
Cápsula+Solo seco	g	88,96	90,67
Peso da Cápsula	g	15,45	24,10
Água	g	7,20	6,59
Solo seco	g	73,51	66,57
Umidade	%	9,80	9,90
Umidade média	(%)	**9,85**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.462,0**
Umidade da amostra (ml)	
538,0	

PARÂMETROS DO ENSAIO

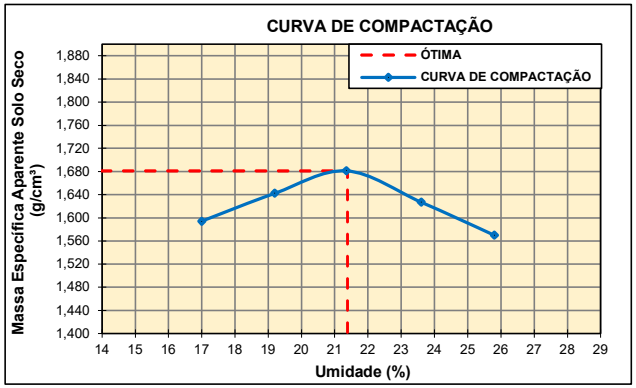
Parâmetro	Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
M. E. A máxima do solo seco	g/cm³	1,681	-	-	-
Umidade ótima	%	21,4	-	-	-
Expansão	%	0,32	-	-	-
CBR	%	12,2	-	-	-
Limite de Liquidez	%	46	-	-	-
Índice de Plasticidade	%	9,3	-	-	-
Índice de Grupo	%	6	-	-	-
Classificação TRB	%	A - 5	-	-	-
Equivalente de Areia	%	-	-	-	-

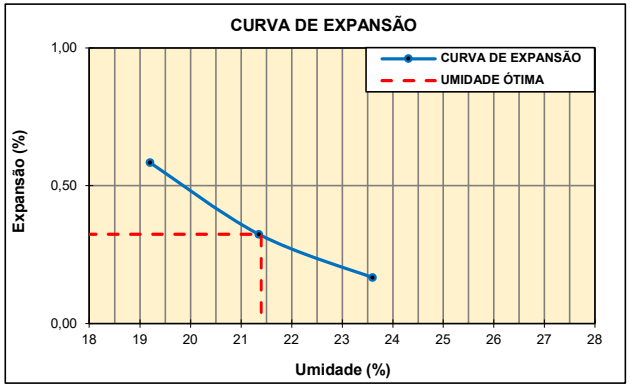
MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

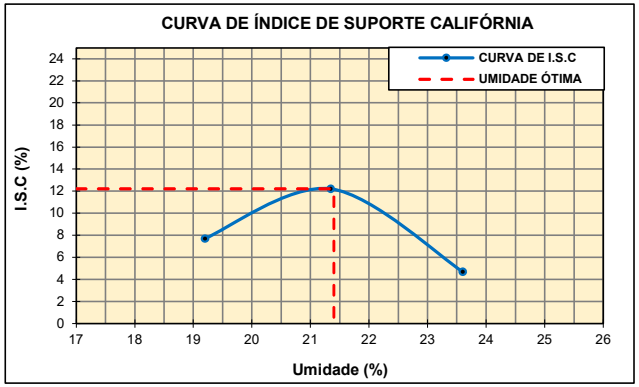
Molde Nº	g	04	09	03	05	11
Peso de água	g	390	510	630	750	870
Porcentagem de água	%	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5
Solo úmido + molde	g	7990,0	8780,0	8550,0	8355,0	8610,0
Peso do molde	g	4064,0	4690,0	4286,0	4146,0	4500,0
Solo úmido	g	3926,0	4090,0	4264,0	4209,0	4110,0
Volume do molde	cm³	2105,0	2089,0	2090,0	2093,0	2081,0
Maasa específica apar. solo úmido	g/cm³	1,865	1,958	2,040	2,011	1,975
Maasa específica apar. Convertida	g/cm³	1,751	1,804	1,846	1,788	1,725

UMIDADE

Cápsula	nº	30	63	41	49	50	37	35	31	30	32
Solo úmido + cápsula	g	107,13	106,98	104,83	107,81	104,63	112,98	113,86	112,34	108,85	110,39
Solo seco + cápsula	g	94,65	93,22	91,57	93,85	90,33	97,03	96,17	95,03	90,88	92,03
Peso da cápsula	g	21,24	12,29	23,20	20,40	23,20	22,50	21,23	21,67	21,24	20,88
Água	g	12,48	13,76	13,26	13,96	14,30	15,95	17,69	17,31	17,97	18,36
Solo seco	g	73,41	80,93	68,37	73,45	67,13	74,53	74,94	73,36	69,64	71,15
Umidade corrigida	%	17,0	17,0	19,4	19,0	21,3	21,4	23,6	23,6	25,8	25,8
Umidade corrigida média	%	**17,0**		**19,2**		**21,4**		**23,6**		**25,8**	
Umidade calculada	%	**17,0**		**19,2**		**21,4**		**23,6**		**25,8**	
Massa específica apar. solo seco	g/cm³	**1,594**		**1,643**		**1,681**		**1,627**		**1,570**	







ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO

NORMAS (DNER-ME 080/94 / DNER-ME 082/94 / DNER-ME 122/94)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR VERMELHA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,30 Á 1,50	Número:	002
Jurisdição:	-	Estudo:	-				
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 002

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

UMIDADE HIGROSCÓPICA - PASSANTE Nº 10

Cápsula	n°	17	26
Cápsula+Solo Úmido	g	91,22	93,03
Cápsula+Solo seco	g	90,54	92,33
Peso da Cápsula	g	24,02	21,98
Água	g	0,68	0,70
Solo seco	g	66,52	70,35
Umidade	%	1,0	1,0
Média (hm)	(%)	**1,0**	

AMOSTRA CALCULADA

a) - Amostra Total Umida = b + c	g	2000,00
b) - Solo Seco Retido pela Peneira 10	g	148,20
c) - Solo Úmido Pass. Peneira 10 = (a - b)	g	1851,80
d) - Solo Seco Pas. Peneira 10 = c/ 1 + h	g	1833,31
e) - Amostra Total Seca = b + d	g	1981,51

RESUMO DA GRANULOMETRIA			
	Pedregulho	%	7,48
	Areia Grossa	%	21,40
	Areia Fina	%	10,19
	Silte + Argila	%	60,93

PENEIRAMENTO GROSSO

RECIPIENTE				n°	12
PENEIRAS			Unid.	Peso da amostra seca		% que passa da Amostra Total
Pen. n°	Pol.	mm		Peso Retido	Peso Passante	
001	2"	50,0	g	0,00	1981,51	100,00
001	1 1/2"	38,0	g	0,00	1981,51	100,00
001	1"	25,0	g	0,00	1981,51	100,00
001	3/4"	19,0	g	0,00	1981,51	100,00
001	3/8"	9,5	g	29,60	1951,91	98,51
001	N.º 4	4,8	g	32,60	1919,31	96,86
001	N.º 10	2,0	g	86,00	1833,31	92,52

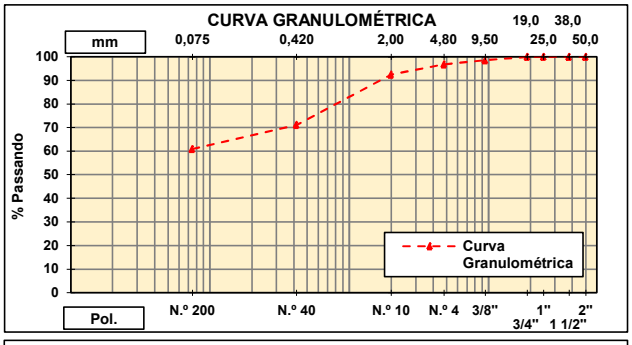
PENEIRAMENTO FINO

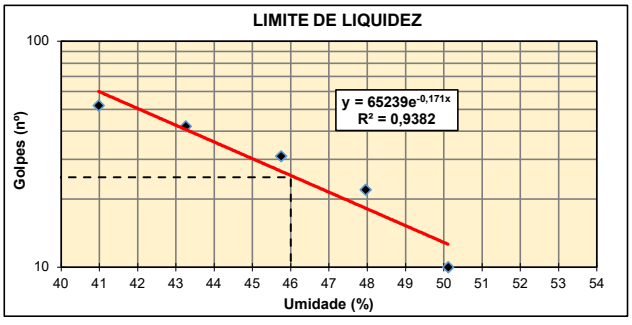
RECIPIENTE				n°	01	
Peso da Amostra Parcial Umida				g	200,00	
Peso da Amostra Parcial Seca				g	198,00	
PENEIRAS			Unid.	Peso amostra seca		% Passante Parcial	% Passante Total
Pen. n°	Pol.	mm		Retido	Passante		
001	N.º 40	0,42	g	45,80	152,20	76,87	71,12
001	N.º 200	0,075	g	21,80	130,40	65,86	60,93

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

AMOSTRA		LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula	n°	01	04	16	78	21	99	94	05	14	79
Cápsula + Solo Úmido	g	22,88	21,98	22,03	22,14	26,67	13,55	15,18	13,55	13,49	14,03
Cápsula + Solo Seco	g	19,26	18,31	18,21	16,42	20,96	11,18	12,50	12,52	12,28	11,52
Peso da Cápsula	g	10,43	9,84	9,86	4,48	9,56	4,78	5,23	9,70	9,00	4,53
Peso da Água	g	3,62	3,67	3,82	5,72	5,71	2,37	2,68	1,03	1,21	2,51
Peso do Solo Seco	g	8,83	8,47	8,35	11,94	11,40	6,40	7,27	2,82	3,28	6,99
% de Água	%	41,0	43,3	45,8	48,0	50,1	37,0	36,8	36,5	37,0	36,0
N.º de golpes	-	52	42	31	22	10	Nº de pontos aproveitados				3

RESUMO DOS ENSAIOS FÍSICOS				VALORES P/ CÁLCULO DO I.G						
	Limite de Liquidez	%	46,0					Índice de Grupo	%	6
	Limite de Plasticidade	%	36,7	a	25,9	c	6,0	Classificação TRB	%	A - 5
	Índice de Plasticidade	%	9,3	b	40,0	d	0,0	Tipo de Solo	%	SILTOSO





EQUIVALENTE DE AREIA

Proveta	nº			
Nível superior da suspensão argilosa	cm			
Nível superior do sedmento	cm			
Equivalente de areia	%			
Equivalente de areia médio	%			

PARÂMETROS DO ENSAIO

Parâmetro			Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
GRANULOMETRIA	2"	50,0	%	100,0	-	-	-
	1.1/2"	38,0	%	100,0	-	-	-
	1"	25,0	%	100,0	-	-	-
	3/4"	19,0	%	100,0	-	-	-
	3/8"	9,50	%	98,5	-	-	-
	Nº 4	4,80	%	96,9	-	-	-
	Nº 10	2,00	%	92,5	-	-	-
	Nº 40	0,42	%	71,1	-	-	-
	Nº 200	0,075	%	60,9	-	-	-
L.L e L.P	Limite de Liquidez		%	46,0	-	-	-
	Índice de Plasticidade		%	9,3	-	-	-
	Índice de Grupo		%	6	-	-	-
Equivalente de Areia			%	-	-	-	-

Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

NORMA (DNIT-164/2013-ME) MÉTODO → [ ] A [X] B [ ] C

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	003
Jurisdição:	-	Estudo:	CAMADA DE REFORÇO	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 003
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	78	69
Cápsula+Solo Úmido	g	109,98	107,74
Cápsula+Solo seco	g	98,56	96,49
Peso da Cápsula	g	14,00	13,20
Água	g	11,42	11,24
Solo seco	g	84,56	83,29
Umidade	%	13,5	13,5
Umidade média	(%)	**13,5**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.286,3**
Umidade da amostra (ml)	
713,7	

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Energia de Compactação	INTERMEDIARIO
Golpes por Camada	26
Tipo de Cilindro	Grande
Tipo de Soquete	Grande
Disco Espaçador	2.1/2"
PARÂMETROS DO ENSAIO	
M. E. A. máxima do solo seco (g/cm³)	**1,709**
Umidade ótima (%)	**21,4**

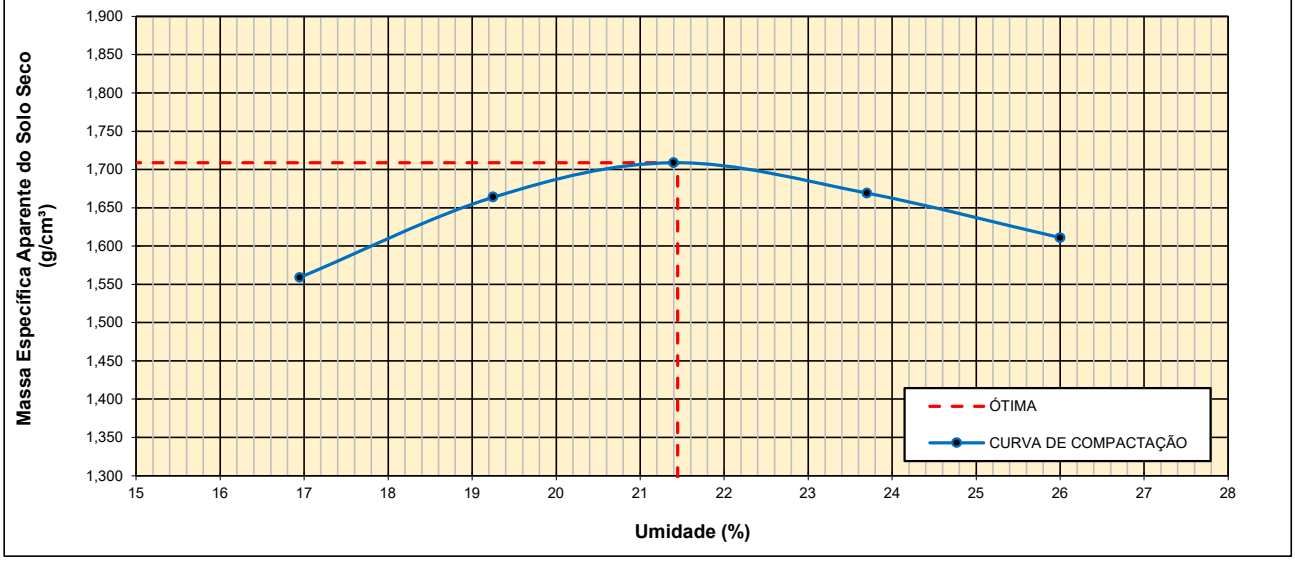
MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

Molde Nº	g	18	20	26	31	38
Peso de água	g	180	300	420	540	660
Porcentagem de água	%	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0
Solo úmido + molde	g	8505,0	8805,0	8930,0	8620,0	8820,0
Peso do molde	g	4718,0	4666,0	4636,0	4336,0	4608,0
Solo úmido	g	3787,0	4139,0	4294,0	4284,0	4212,0
Volume do molde	cm³	2077,0	2086,0	2070,0	2075,0	2075,0
Massa específica aparente do solo úmido	g/cm³	1,823	1,984	2,074	2,065	2,030
Massa específica aparente convertida	g/cm³	1,770	1,890	1,939	1,894	1,829

UMIDADE

Cápsula	nº	145	152	123	162	151	148	143	109	132	147
Solo úmido + cápsula	g	91,35	80,58	115,56	108,59	107,55	96,99	85,61	92,85	93,22	92,50
Solo seco + cápsula	g	80,00	71,29	98,51	93,01	90,83	82,10	71,73	77,50	75,73	76,12
Peso da cápsula	g	13,63	15,96	9,72	12,29	12,72	12,52	13,17	12,72	8,70	12,89
Água	g	11,35	9,29	17,05	15,58	16,72	14,89	13,88	15,35	17,49	16,38
Solo seco	g	66,37	55,33	88,79	80,72	78,11	69,58	58,56	64,78	67,03	63,23
Umidade corrigida	%	17,1	16,8	19,2	19,3	21,4	21,4	23,7	23,7	26,1	25,9
Umidade corrigida média	%	**17,0**		**19,3**		**21,4**		**23,7**		**26,0**	
Umidade calculada	%	**16,9**		**19,2**		**21,4**		**23,7**		**26,0**	
Massa específica aparente do solo seco	g/cm³	**1,559**		**1,664**		**1,709**		**1,669**		**1,611**	

CURVA DE COMPACTAÇÃO



Moldes Para Imersão (C.B.R)							
	Molde	nº		20	26	31	
	Peso	g		5020	4636	4336	
	Volume	cm³		2085	2070	2075	
	Altura	mm		113,0	113,2	114,5	

Massa específica aparente máxima do solo seco (g/cm³)	Umidade ótima (%)
1,709	**21,4**

ENSAIO DE EXPANSÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

NORMA (DNIT 172/2016-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	003
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 003
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ENSAIO DE EXPANSÃO

EXPANSÃO

Molde Nº			20			26			31		
Altura do Molde (mm)			113,0			113,2			114,5		
Data	Dia da Semana	Horário	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %
17/10/25	sex.	10:00	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**
18/10/25	sáb.	10:00	2,83	0,83	**0,73**	2,49	0,49	**0,43**	2,33	0,33	**0,29**
19/10/25	dom.	10:00	2,83	0,83	**0,73**	2,49	0,49	**0,43**	2,33	0,33	**0,29**
20/10/25	seg.	10:00	2,83	0,83	**0,73**	2,49	0,49	**0,43**	2,33	0,33	**0,29**
21/10/25	ter.	10:00	2,83	0,83	**0,73**	2,49	0,49	**0,43**	2,33	0,33	**0,29**
Molde + Amostra após embebição											
Peso da Água absorvida											

PARÂMETROS DO ENSAIO

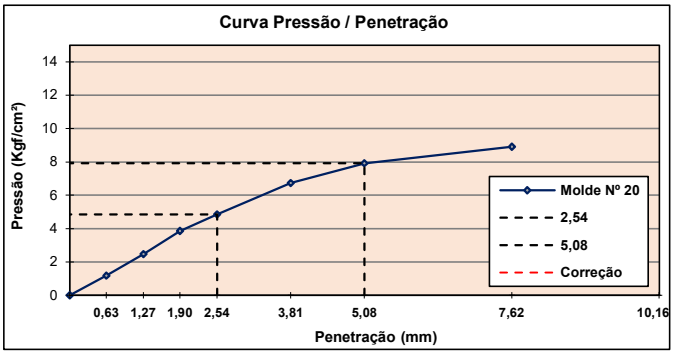
Expansão (%)	
Valor obtido	0,43
Máximo especificado	-
Aceitação	-

Índice de Suporte Califórnia (%)	
Valor obtido	11,3
Mínimo especificado	10,0
Aceitação	-

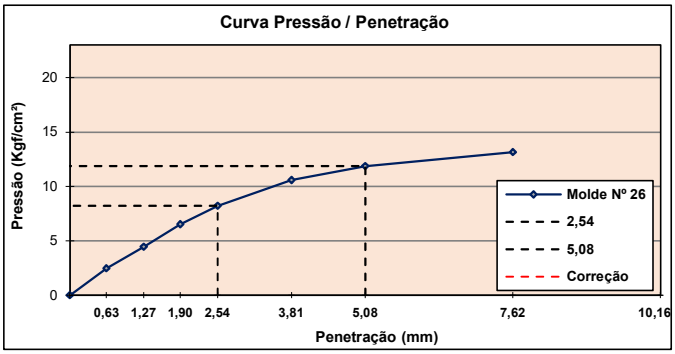
DADOS	
Anel Dinamométrico	004
Constante do Anel	0,0990
Área do Pistão (cm²)	19,23

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

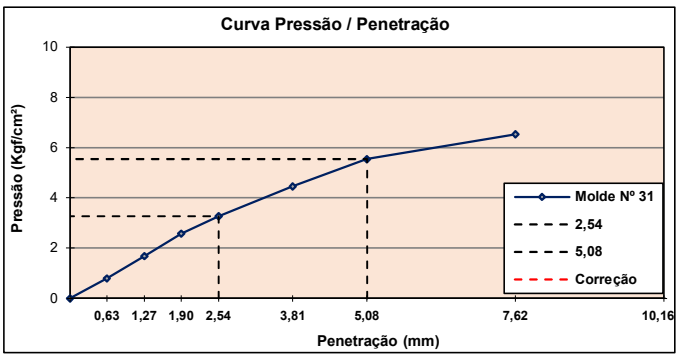
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		20	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	12	1,2		
1,0	1,27	0,050	-	25	2,5		
1,5	1,90	0,075	-	39	3,9		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**49**	**4,9**	**4,9**	**6,9**
3,0	3,81	0,150	-	68	6,7		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**80**	**7,9**	**7,9**	**7,5**
6,0	7,62	0,300	-	90	8,9		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		26	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	25	2,5		
1,0	1,27	0,050	-	45	4,5		
1,5	1,90	0,075	-	66	6,5		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**83**	**8,2**	**8,2**	**11,7**
3,0	3,81	0,150	-	107	10,6		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**120**	**11,9**	**11,9**	**11,3**
6,0	7,62	0,300	-	133	13,2		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº		31	
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	8	0,8		
1,0	1,27	0,050	-	17	1,7		
1,5	1,90	0,075	-	26	2,6		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**33**	**3,3**	**3,3**	**4,6**
3,0	3,81	0,150	-	45	4,5		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**56**	**5,5**	**5,5**	**5,3**
6,0	7,62	0,300	-	66	6,5		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

NORMA (DNIT-164/2013-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-	Interessado:	-	Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES	Trecho:	FUNDÃO / ES	Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	003
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 003

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	78	69
Cápsula+Solo Úmido	g	109,98	107,74
Cápsula+Solo seco	g	98,56	96,49
Peso da Cápsula	g	14,00	13,20
Água	g	11,42	11,24
Solo seco	g	84,56	83,29
Umidade	%	13,50	13,50
Umidade média	(%)	**13,50**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.286,3**
Umidade da amostra (ml)	
713,7	

MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

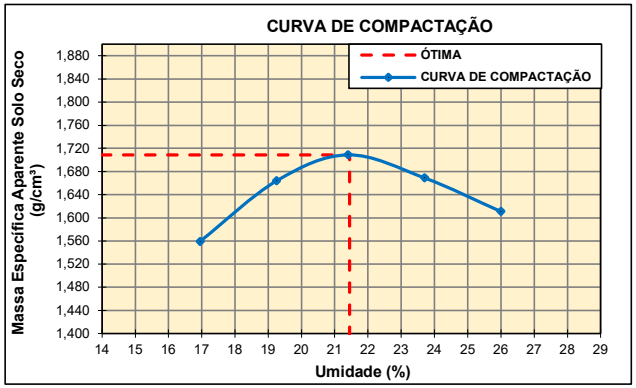
Molde Nº	g	18	20	26	31	38
Peso de água	g	180	300	420	540	660
Porcentagem de água	%	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0
Solo úmido + molde	g	8505,0	8805,0	8930,0	8620,0	8820,0
Peso do molde	g	4718,0	4666,0	4636,0	4336,0	4608,0
Solo úmido	g	3787,0	4139,0	4294,0	4284,0	4212,0
Volume do molde	cm³	2077,0	2086,0	2070,0	2075,0	2075,0
Maasa específica apar. solo úmido	g/cm³	1,823	1,984	2,074	2,065	2,030
Maasa específica apar. Convertida	g/cm³	1,770	1,890	1,939	1,894	1,829

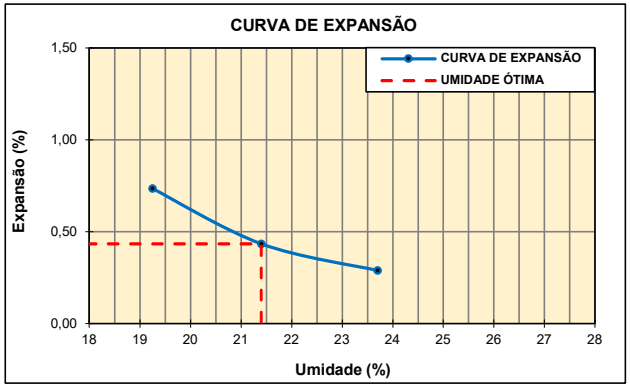
PARÂMETROS DO ENSAIO

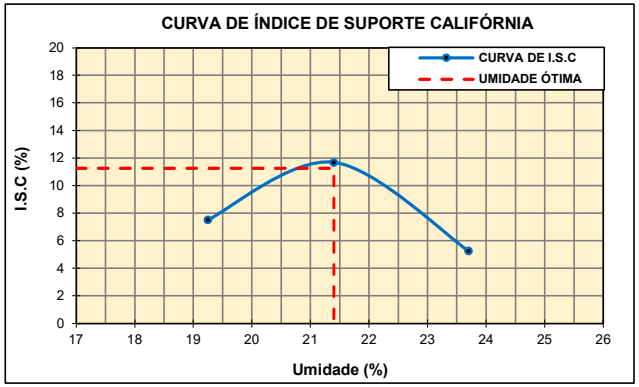
Parâmetro	Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
M. E. A máxima do solo seco	g/cm³	**1,709**	-	-	-
Umidade ótima	%	**21,4**	-	-	-
Expansão	%	**0,43**	-	-	-
CBR	%	**11,3**	-	-	-
Limite de Liquidez	%	**47,8**	-	-	-
Índice de Plasticidade	%	**17,8**	-	-	-
Índice de Grupo	%	**9**	-	-	-
Classificação TRB	%	**A - 7 - 6**	-	-	-
Equivalente de Areia	%	-	-	-	-

UMIDADE

Cápsula	nº	145	152	123	162	151	148	143	109	132	147
Solo úmido + cápsula	g	91,35	80,58	115,56	108,59	107,55	96,99	85,61	92,85	93,22	92,50
Solo seco + cápsula	g	80,00	71,29	98,51	93,01	90,83	82,10	71,73	77,50	75,73	76,12
Peso da cápsula	g	13,63	15,96	9,72	12,29	12,72	12,52	13,17	12,72	8,70	12,89
Água	g	11,35	9,29	17,05	15,58	16,72	14,89	13,88	15,35	17,49	16,38
Solo seco	g	66,37	55,33	88,79	80,72	78,11	69,58	58,56	64,78	67,03	63,23
Umidade corrigida	%	17,1	16,8	19,2	19,3	21,4	21,4	23,7	23,7	26,1	25,9
Umidade corrigida média	%	**17,0**		**19,3**		**21,4**		**23,7**		**26,0**	
Umidade calculada	%	**16,9**		**19,2**		**21,4**		**23,7**		**26,0**	
Massa específica apar. solo seco	g/cm³	**1,559**		**1,664**		**1,709**		**1,669**		**1,611**	







ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO

NORMAS (DNER-ME 080/94 / DNER-ME 082/94 / DNER-ME 122/94)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,20 Á 1,50	Número:	003
Jurisdição:	-	Estudo:	-				
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 003

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

UMIDADE HIGROSCÓPICA - PASSANTE Nº 10

Cápsula	n°	35	42
Cápsula+Solo Úmido	g	100,00	100,41
Cápsula+Solo seco	g	98,75	99,11
Peso da Cápsula	g	21,23	23,50
Água	g	1,25	1,30
Solo seco	g	77,52	75,61
Umidade	%	1,6	1,7
Média (hm)	(%)	**1,7**	

AMOSTRA CALCULADA

a) - Amostra Total Umida = b + c	g	2000,00
b) - Solo Seco Retido pela Peneira 10	g	126,82
c) - Solo Úmido Pass. Peneira 10 = (a - b)	g	1873,18
d) - Solo Seco Pas. Peneira 10 = c/ 1 + h	g	1842,49
e) - Amostra Total Seca = b + d	g	1969,31

RESUMO DA GRANULOMETRIA			
	Pedregulho	%	6,44
	Areia Grossa	%	18,12
	Areia Fina	%	17,32
	Silte + Argila	%	58,13

PENEIRAMENTO GROSSO

RECIPIENTE				n°	16
PENEIRAS			Unid.	Peso da amostra seca		% que passa da Amostra Total
Pen. n°	Pol.	mm		Peso Retido	Peso Passante	
001	2"	50,0	g	0,00	1969,31	100,00
001	1 1/2"	38,0	g	0,00	1969,31	100,00
001	1"	25,0	g	0,00	1969,31	100,00
001	3/4"	19,0	g	0,00	1969,31	100,00
001	3/8"	9,5	g	14,06	1955,25	99,29
001	N.º 4	4,8	g	33,06	1922,19	97,61
001	N.º 10	2,0	g	79,70	1842,49	93,56

PENEIRAMENTO FINO

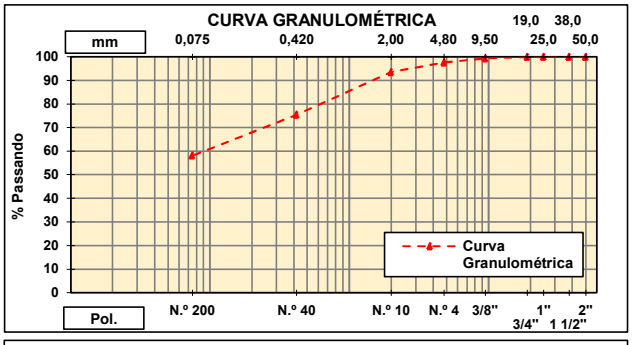
RECIPIENTE			n°	23
Peso da Amostra Parcial Umida			g	200,00
Peso da Amostra Parcial Seca			g	196,72

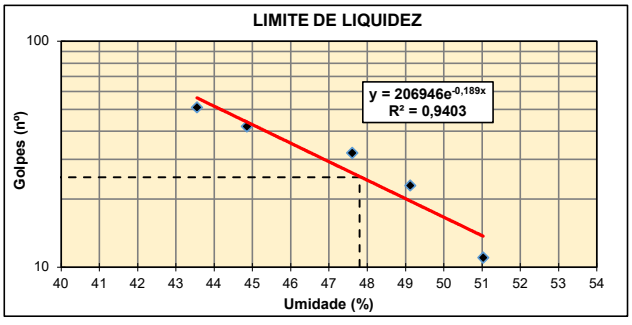
PENEIRAS			Unid.	Peso amostra seca		% Passante Parcial	% Passante Total
Pen. n°	Pol.	mm		Retido	Passante		
001	N.º 40	0,42	g	38,09	158,63	80,64	75,44
001	N.º 200	0,075	g	36,41	122,22	62,13	58,13

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

AMOSTRA		LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula	n°	21	26	34	55	69	96	94	25	23	16
Cápsula + Solo Úmido	g	21,98	23,33	21,74	21,16	26,67	13,55	15,18	13,55	13,08	12,02
Cápsula + Solo Seco	g	18,21	18,31	17,06	15,58	19,31	11,58	12,88	12,09	12,28	11,52
Peso da Cápsula	g	9,56	7,14	7,22	4,23	4,88	4,99	5,23	7,15	9,59	9,86
Peso da Água	g	3,77	5,01	4,68	5,58	7,36	1,97	2,31	1,46	0,80	0,50
Peso do Solo Seco	g	8,65	11,17	9,84	11,35	14,43	6,59	7,65	4,94	2,69	1,66
% de Água	%	43,6	44,9	47,6	49,1	51,0	29,9	30,1	29,5	29,8	30,4
N.º de golpes	-	51	42	32	23	11	Nº de pontos aproveitados				3

RESUMO DOS ENSAIOS FÍSICOS				VALORES P/ CÁLCULO DO I.G						
	Limite de Liquidez	%	47,8					Índice de Grupo	%	9
	Limite de Plasticidade	%	30,0	a	23,1	c	7,8	Classificação TRB	%	A - 7 - 6
	Índice de Plasticidade	%	17,8	b	40,0	d	7,8	Tipo de Solo	%	SILTOSO





EQUIVALENTE DE AREIA

Proveta	nº			
Nível superior da suspensão argilosa	cm			
Nível superior do sedmento	cm			
Equivalente de areia	%			
Equivalente de areia médio	%			

PARÂMETROS DO ENSAIO

	Parâmetro		Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
GRANULOMETRIA	2"	50,0	%	100,0	-	-	-
	1.1/2"	38,0	%	100,0	-	-	-
	1"	25,0	%	100,0	-	-	-
	3/4"	19,0	%	100,0	-	-	-
	3/8"	9,50	%	99,3	-	-	-
	Nº 4	4,80	%	97,6	-	-	-
	Nº 10	2,00	%	93,6	-	-	-
	Nº 40	0,42	%	75,4	-	-	-
	Nº 200	0,075	%	58,1	-	-	-
L.L e L.P	Limite de Liquidez		%	47,8	-	-	-
	Índice de Plasticidade		%	17,8	-	-	-
	Índice de Grupo		%	9	-	-	-
Equivalente de Areia			%	-	-	-	-

Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

NORMA (DNIT-164/2013-ME) MÉTODO → [ ] A [X] B [ ] C

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,35 Á 1,54	Número:	004
Jurisdição:	-	Estudo:	CAMADA DE REFORÇO	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 004
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES				

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula	Unid.	**93**	**96**
Cápsula+Solo Úmido	g	109,98	107,74
Cápsula+Solo seco	g	98,56	96,49
Peso da Cápsula	g	15,01	14,31
Água	g	11,42	11,24
Solo seco	g	83,55	82,18
Umidade	%	13,7	13,7
Umidade média	(%)	**13,7**	

AMOSTRAGEM	
Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.278,3**
Umidade da amostra (ml)	
721,7	

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO	
Energia de Compactação	INTERMEDIARIO
Golpes por Camada	26
Tipo de Cilindro	Grande
Tipo de Soquete	Grande
Disco Espaçador	2.1/2"
PARÂMETROS DO ENSAIO	
M. E. A. máxima do solo seco (g/cm³)	**1,602**
Umidade ótima (%)	**23,5**

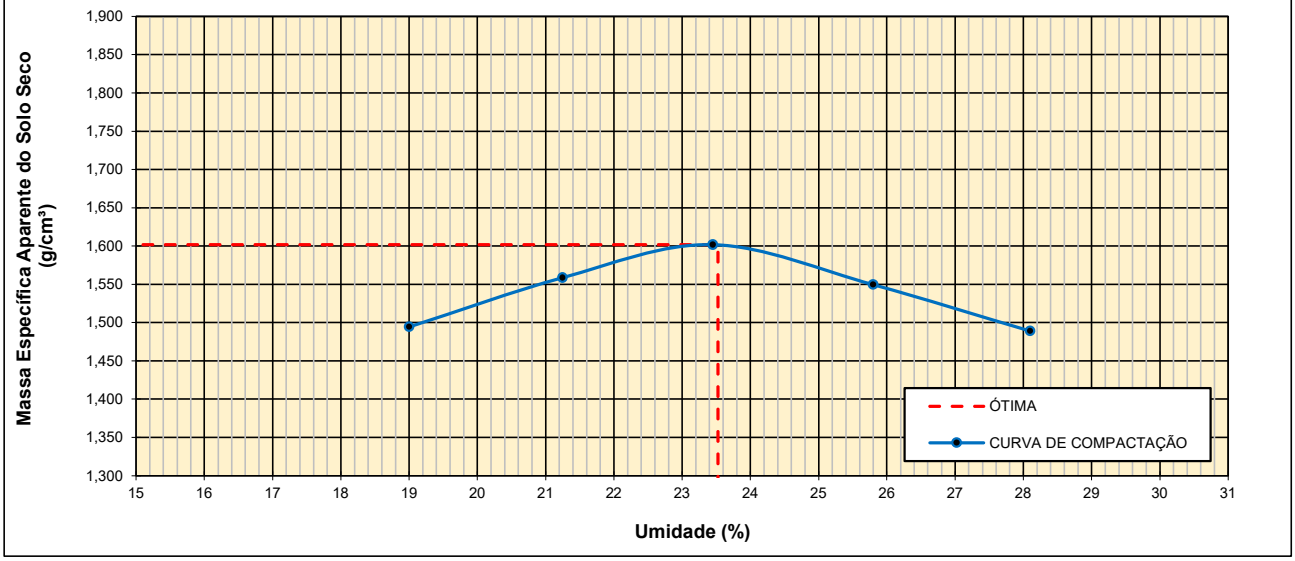
MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

Molde Nº	g	**67**	**63**	**58**	**49**	**55**
Peso de água	g	280	400	520	640	760
Porcentagem de água	%	4,7	6,7	8,7	10,7	12,7
Solo úmido + molde	g	7990,0	8265,0	8485,0	9320,0	8735,0
Peso do molde	g	4250,0	4485,0	4520,0	5245,0	4770,0
Solo úmido	g	3740,0	3780,0	3965,0	4075,0	3965,0
Volume do molde	cm³	2103,0	2000,0	2005,0	2090,5	2078,8
Massa específica aparente do solo úmido	g/cm³	1,778	1,890	1,978	1,949	1,907
Massa específica aparente convertida	g/cm³	1,699	1,772	1,820	1,761	1,693

UMIDADE

Cápsula	**nº**	**160**	**81**	**135**	**153**	**115**	**116**	**151**	**160**	**161**	**162**
Solo úmido + cápsula	g	94,08	101,60	94,01	89,83	83,25	90,37	82,85	78,76	96,56	93,76
Solo seco + cápsula	g	81,20	87,32	79,14	76,26	69,84	75,82	68,51	65,31	78,40	75,84
Peso da cápsula	g	13,38	12,15	9,32	12,26	12,77	13,65	12,72	13,38	13,57	12,29
Água	g	12,89	14,28	14,87	13,57	13,41	14,55	14,34	13,45	18,15	17,92
Solo seco	g	67,82	75,17	69,82	64,00	57,07	62,17	55,79	51,93	64,83	63,55
Umidade corrigida	%	19,0	19,0	21,3	21,2	23,5	23,4	25,7	25,9	28,0	28,2
Umidade corrigida média	%	**19,0**		**21,3**		**23,5**		**25,8**		**28,1**	
Umidade calculada	%	**19,0**		**21,3**		**23,5**		**25,8**		**28,1**	
Massa específica aparente do solo seco	g/cm³	**1,494**		**1,559**		**1,602**		**1,550**		**1,489**	

CURVA DE COMPACTAÇÃO



Moldes Para Imersão (C.B.R)							
	Molde	nº		**63**	**58**	**49**	
	Peso	g		5020	4520	5245	
	Volume	cm³		2085	2005	2090,5	
	Altura	mm		113,0	110,5	114,5	

Massa específica aparente máxima do solo seco (g/cm³)	**Umidade ótima (%)**
1,602	**23,5**

ENSAIO DE EXPANSÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

NORMA (DNIT 172/2016-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES						
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Coleta:	0,35 Á 1,54	Número:	004
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 004

ENSAIO DE EXPANSÃO

EXPANSÃO

Molde Nº			63			58			49		
Altura do Molde (mm)			113,0			110,5			114,5		
Data	Dia da Semana	Horário	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %
17/10/25	sex.	10:00	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**	2,00	0,00	**0,00**
18/10/25	sáb.	10:00	3,00	1,00	**0,88**	2,50	0,50	**0,45**	2,39	0,39	**0,34**
19/10/25	dom.	10:00	3,00	1,00	**0,88**	2,50	0,50	**0,45**	2,39	0,39	**0,34**
20/10/25	seg.	10:00	3,00	1,00	**0,88**	2,50	0,50	**0,45**	2,39	0,39	**0,34**
21/10/25	ter.	10:00	3,00	1,00	**0,88**	2,50	0,50	**0,45**	2,39	0,39	**0,34**
Molde + Amostra após embebição											
Peso da Água absorvida											

PARÂMETROS DO ENSAIO

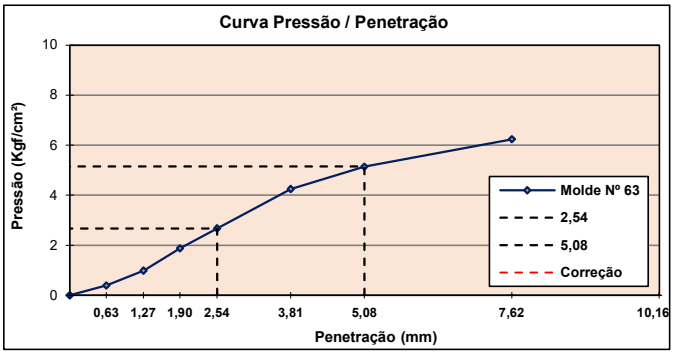
Expansão (%)	
Valor obtido	0,45
Máximo especificado	-
Aceitação	-

Índice de Suporte Califórnia (%)	
Valor obtido	9,2
Mínimo especificado	10,0
Aceitação	-

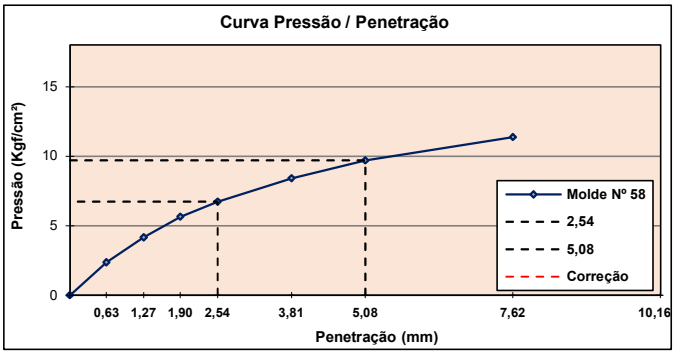
DADOS	
Anel Dinamométrico	004
Constante do Anel	0,0990
Área do Pistão (cm²)	19,23

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

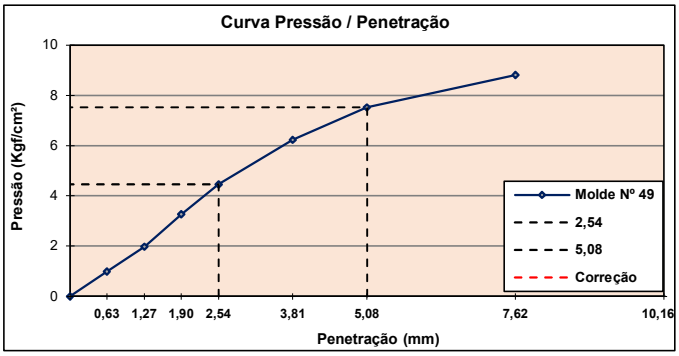
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº	63		
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	4	0,4		
1,0	1,27	0,050	-	10	1,0		
1,5	1,90	0,075	-	19	1,9		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**27**	**2,7**	**2,7**	**3,8**
3,0	3,81	0,150	-	43	4,3		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**52**	**5,1**	**5,1**	**4,9**
6,0	7,62	0,300	-	63	6,2		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº	58		
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	24	2,4		
1,0	1,27	0,050	-	42	4,2		
1,5	1,90	0,075	-	57	5,6		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**68**	**6,7**	**6,7**	**9,6**
3,0	3,81	0,150	-	85	8,4		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**98**	**9,7**	**9,7**	**9,2**
6,0	7,62	0,300	-	115	11,4		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde Nº	49		
				Leitura	Pressão Kg/cm²		I.S.C
Mínutos	mm	Pol.		0,01mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-	0	0,0		
0,5	0,63	0,025	-	10	1,0		
1,0	1,27	0,050	-	20	2,0		
1,5	1,90	0,075	-	33	3,3		
2,0	**2,54**	**0,100**	**70,31**	**45**	**4,5**	**4,5**	**6,3**
3,0	3,81	0,150	-	63	6,2		
4,0	**5,08**	**0,200**	**105,46**	**76**	**7,5**	**7,5**	**7,1**
6,0	7,62	0,300	-	89	8,8		
8,0	10,16	0,400	-				
10,0	12,70	0,500	-				



Observações:

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

NORMA (DNIT-164/2013-ME)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-	Interessado:	-	Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES	Trecho:	FUNDÃO / ES	Coleta:	0,35 Á 1,54	Número:	004
Jurisdição:	-	Estudo:	-	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 004

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO COMPLETO

UMIDADE HIGROSCÓPICA

Cápsula	Unid.	93	96
Cápsula+Solo Úmido	g	109,98	107,74
Cápsula+Solo seco	g	98,56	96,49
Peso da Cápsula	g	15,01	14,31
Água	g	11,42	11,24
Solo seco	g	83,55	82,18
Umidade	%	13,66	13,68
Umidade média	(%)	**13,67**	

AMOSTRAGEM

Amostra úmida (g)	
Ph =	**6.000,0**
Amostra seca (g)	
Ps =	**5.278,3**
Umidade da amostra (ml)	
721,7	

MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

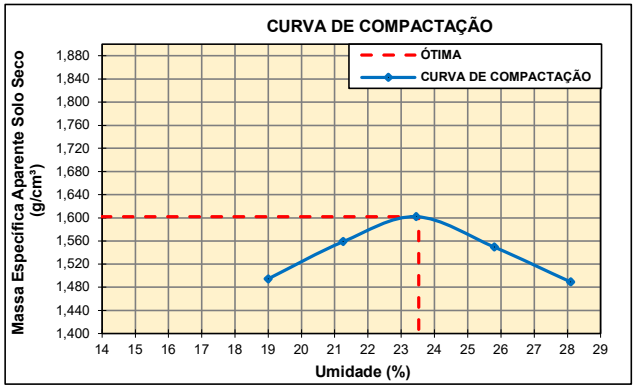
Molde Nº	g	67	63	58	49	55
Peso de água	g	280	400	520	640	760
Porcentagem de água	%	4,7	6,7	8,7	10,7	12,7
Solo úmido + molde	g	7990,0	8265,0	8485,0	9320,0	8735,0
Peso do molde	g	4250,0	4485,0	4520,0	5245,0	4770,0
Solo úmido	g	3740,0	3780,0	3965,0	4075,0	3965,0
Volume do molde	cm³	2103,0	2000,0	2005,0	2090,5	2078,8
Maasa específica apar. solo úmido	g/cm³	1,778	1,890	1,978	1,949	1,907
Maasa específica apar. Convertida	g/cm³	1,699	1,772	1,820	1,761	1,693

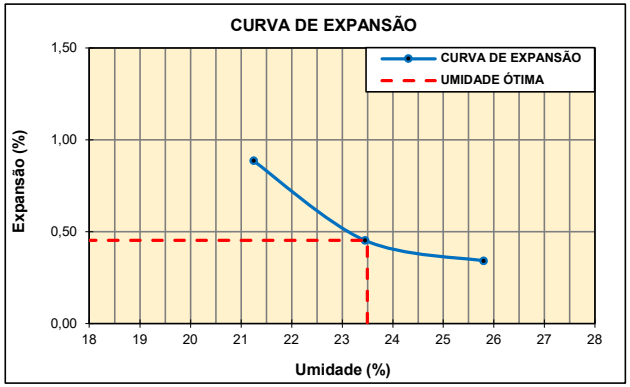
PARÂMETROS DO ENSAIO

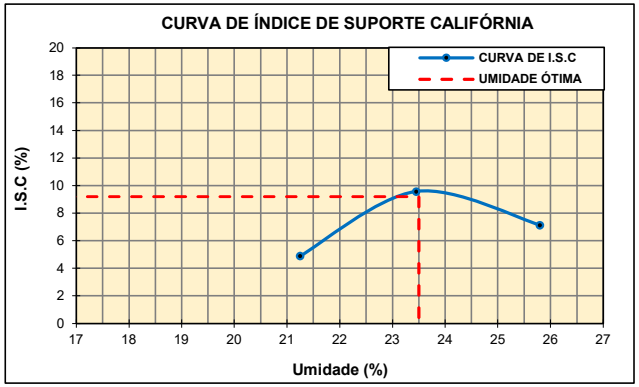
Parâmetro	Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
M. E. A máxima do solo seco	g/cm³	**1,602**	-	-	-
Umidade ótima	%	**23,5**	-	-	-
Expansão	%	**0,45**	-	-	-
CBR	%	**9,2**	-	-	-
Limite de Liquidez	%	**42**	-	-	-
Índice de Plasticidade	%	**16,3**	-	-	-
Índice de Grupo	%	**9**	-	-	-
Classificação TRB	%	**A - 7 - 6**	-	-	-
Equivalente de Areia	%	-	-	-	-

UMIDADE

Cápsula	nº	160	81	135	153	115	116	151	160	161	162
Solo úmido + cápsula	g	94,08	101,60	94,01	89,83	83,25	90,37	82,85	78,76	96,56	93,76
Solo seco + cápsula	g	81,20	87,32	79,14	76,26	69,84	75,82	68,51	65,31	78,40	75,84
Peso da cápsula	g	13,38	12,15	9,32	12,26	12,77	13,65	12,72	13,38	13,57	12,29
Água	g	12,89	14,28	14,87	13,57	13,41	14,55	14,34	13,45	18,15	17,92
Solo seco	g	67,82	75,17	69,82	64,00	57,07	62,17	55,79	51,93	64,83	63,55
Umidade corrigida	%	19,0	19,0	21,3	21,2	23,5	23,4	25,7	25,9	28,0	28,2
Umidade corrigida média	%	**19,0**		**21,3**		**23,5**		**25,8**		**28,1**	
Umidade calculada	%	**19,0**		**21,3**		**23,5**		**25,8**		**28,1**	
Massa específica apar. solo seco	g/cm³	**1,494**		**1,559**		**1,602**		**1,550**		**1,489**	







ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO

NORMAS (DNER-ME 080/94 / DNER-ME 082/94 / DNER-ME 122/94)

TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL - NORMA DNIT 137/2010 - ES

DADOS GERAIS

Obra:	-			Material:	ARGILA DE COR AMARELA		
Trecho:	FUNDÃO / ES			Coleta:	0,35 Á 1,54	Número:	004
Jurisdição:	-	Estudo:	-				
Interessado:	-	Trecho:	FUNDÃO / ES	Data:	17/10/2025	Registro:	ST - 004

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

UMIDADE HIGROSCÓPICA - PASSANTE Nº 10

Cápsula	n°	153	67
Cápsula+Solo Úmido	g	107,14	114,45
Cápsula+Solo seco	g	105,92	113,36
Peso da Cápsula	g	12,26	13,30
Água	g	1,22	1,09
Solo seco	g	93,66	100,06
Umidade	%	1,3	1,1
Média (hm)	(%)	**1,2**	

AMOSTRA CALCULADA

a) - Amostra Total Umida = b + c	g	2000,00
b) - Solo Seco Retido pela Peneira 10	g	97,36
c) - Solo Úmido Pass. Peneira 10 = (a - b)	g	1902,64
d) - Solo Seco Pas. Peneira 10 = c/ 1 + h	g	1880,15
e) - Amostra Total Seca = b + d	g	1977,51

RESUMO DA GRANULOMETRIA			
	Pedregulho	%	4,92
	Areia Grossa	%	16,59
	Areia Fina	%	12,32
	Silte + Argila	%	66,16

PENEIRAMENTO GROSSO

RECIPIENTE				n°	09
PENEIRAS			Unid.	Peso da amostra seca		% que passa da Amostra Total
Pen. n°	Pol.	mm		Peso Retido	Peso Passante	
001	2"	50,0	g	0,00	1977,51	100,00
001	1 1/2"	38,0	g	0,00	1977,51	100,00
001	1"	25,0	g	0,00	1977,51	100,00
001	3/4"	19,0	g	0,00	1977,51	100,00
001	3/8"	9,5	g	7,96	1969,55	99,60
001	N.º 4	4,8	g	40,25	1929,30	97,56
001	N.º 10	2,0	g	49,15	1880,15	95,08

PENEIRAMENTO FINO

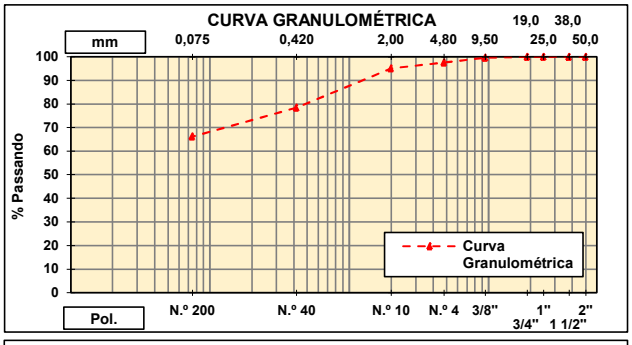
RECIPIENTE			n°	05
Peso da Amostra Parcial Umida			g	200,00
Peso da Amostra Parcial Seca			g	197,64

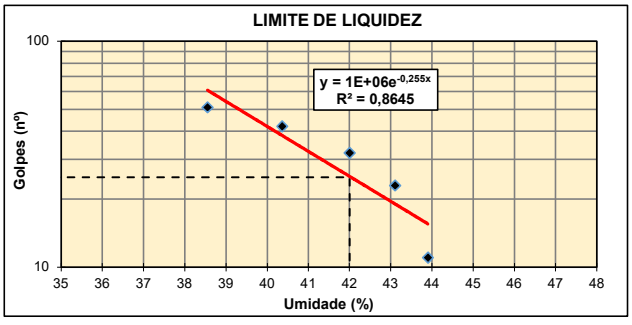
PENEIRAS			Unid.	Peso amostra seca		% Passante Parcial	% Passante Total
Pen. n°	Pol.	mm		Retido	Passante		
001	N.º 40	0,42	g	34,49	163,15	82,55	78,48
001	N.º 200	0,075	g	25,61	137,54	69,59	66,16

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

AMOSTRA		LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula	n°	21	16	03	12	02	05	08	01	54	23
Cápsula + Solo Úmido	g	22,93	22,53	23,09	22,85	21,59	16,12	16,34	15,39	16,58	16,24
Cápsula + Solo Seco	g	19,21	18,89	19,11	18,73	18,06	14,78	15,00	14,39	15,07	14,88
Peso da Cápsula	g	9,56	9,86	9,64	9,16	10,03	9,70	9,75	10,43	9,25	9,59
Peso da Água	g	3,72	3,64	3,98	4,12	3,53	1,34	1,34	1,00	1,51	1,36
Peso do Solo Seco	g	9,65	9,03	9,47	9,57	8,03	5,08	5,25	3,96	5,82	5,29
% de Água	%	38,55	40,36	42,00	43,10	43,90	26,33	25,53	25,23	25,90	25,62
N.º de golpes	-	51	42	32	23	11	Nº de pontos aproveitados				3

RESUMO DOS ENSAIOS FÍSICOS				VALORES P/ CÁLCULO DO I.G						
	Limite de Liquidez	%	42,0					Índice de Grupo	%	9
	Limite de Plasticidade	%	25,7	a	31,2	c	2,0	Classificação TRB	%	A - 7 - 6
	Índice de Plasticidade	%	16,3	b	40,0	d	6,3	Tipo de Solo	%	SILTOSO





EQUIVALENTE DE AREIA

Proveta	nº			
Nível superior da suspensão argilosa	cm			
Nível superior do sedmento	cm			
Equivalente de areia	%			
Equivalente de areia médio	%			

PARÂMETROS DO ENSAIO

Parâmetro			Unid.	Valor obtido	Mín.	Máx.	Aceitação
GRANULOMETRIA	2"	50,0	%	100,0	-	-	-
	1.1/2"	38,0	%	100,0	-	-	-
	1"	25,0	%	100,0	-	-	-
	3/4"	19,0	%	100,0	-	-	-
	3/8"	9,50	%	99,6	-	-	-
	Nº 4	4,80	%	97,6	-	-	-
	Nº 10	2,00	%	95,1	-	-	-
	Nº 40	0,42	%	78,5	-	-	-
	Nº 200	0,075	%	66,2	-	-	-
L.L e L.P	Limite de Liquidez		%	42,0	-	-	-
	Índice de Plasticidade		%	16,3	-	-	-
	Índice de Grupo		%	9	-	-	-
Equivalente de Areia			%	-	-	-	-

Observações:

4 PROJETOS

Adiante, apresenta-se a metodologia completa adotada na elaboração dos projetos executivos:

- Projeto Geométrico;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Drenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Projeto de Sinalização;
- Projeto de Obras Complementares.

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO

O Projeto Geométrico tem por objetivo a definição geométrica do segmento em estudo em seus aspectos ligados ao comportamento horizontal, vertical longitudinal e vertical transversal. O Projeto Geométrico foi desenvolvido através das informações topográficas fornecidas.

A elaboração deste item foi executada a partir dos seguintes itens:

- Critérios de projeto;
- Características planimétricas;
- Características altimétricas.

4.1.1 CRITÉRIOS DE PROJETO

O traçado foi desenvolvido considerando o Plano Funcional contendo as vias projetadas da cidade em questão.

4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS PLANIMÉTRICAS

O Projeto Geométrico em planta constou do processamento eletrônico dos dados da topografia e lançamento do projeto em ambiente computacional. Esta rotina resultou nos seguintes elementos:

- Desenho da faixa de levantamento com curvas de nível espaçadas de 1,00 metro;
- Estaqueamento do eixo a cada 20,00m, com indicação dos pontos notáveis das curvas de concordância.

Apresenta-se ao final deste capítulo a Planilha de Locação dos Eixos Projetados.

4.1.1.2 CARACTERÍSTICAS ALTIMÉTRICAS

As características altimétricas constam do desenho do perfil do terreno, onde são representados os seguintes elementos:

- Linha de greide de terraplenagem projetada;
- Anotação de rampas e contra-rampas;
- Elementos de concordância vertical;
- Obras-de-arte especiais e bueiros pré-dimensionados.

4.1.2 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se no ***Volume 02 – Projeto de Execução***, o Projeto Geométrico em formato A1 e/ou A3 (ABNT).

4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O Projeto de Terraplenagem foi desenvolvido tendo em vista os elementos fornecidos pelo Projeto Geométrico, bem como, o conhecimento das características geotécnicas dos solos que compõe a área de projeto, visando atendimento às prescrições técnicas do DNIT, de forma a assegurar perfeita execução, segurança, redução de custos, viabilização de manutenção e facilitação à possíveis modificações.

4.2.1 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

O projeto foi desenvolvido em estreita consonância com as seguintes disposições normativas:

- Manual de Implantação Básica de Rodovia do DNIT (DNIT/ IPR 742, 2010):
- DNIT 104/2009-ES: Terraplenagem – Serviços preliminares;
- DNIT 105/2009-ES: Terraplenagem – Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009-ES: Terraplenagem – Cortes;
- DNIT 107/2009-ES: Terraplenagem – Empréstimos;
- DNIT 108/2009-ES: Terraplenagem – Aterros;
- DNIT IS-209: Projeto de Terraplenagem;
- DNIT IS-243: Projeto de Terraplenagem para Projeto Executivo de Engenharia de para Construção Rodovias Vicinais;
- ABNT NBR 5681/1980: Controle Tecnológico de Aterros em obras de Edificações;
- ABNT NBR 11.682/1991: Estabilidade de Taludes.

4.2.2 METODOLOGIA

O Projeto de Terraplenagem consistiu na definição das seções transversais tipo para todos os casos previstos no projeto geométrico. A partir das seções tipo, foram gabaritadas, através do Software AutoCad Civil 3D, todas as seções geradas por interpolação correspondentes às estacas definidas pelos eixos de referência do projeto, contendo as plataformas com suas variações de largura, inclinações transversais, taludes e offsets, quando necessário. Em suma, constou das seguintes etapas:

- Gabaritagem e Otimização das Seções Transversais;
- Processamento dos Volumes;

- Fator de compensação (empolamento);
- Calculo dos Volumes de Terraplenagem.

4.2.2.1 GABARITAGEM E OTIMIZAÇÃO DAS SEÇÕES

O volume de terraplenagem, estaca por estaca, em cortes e em aterros, foi calculado a partir do processamento do perfil longitudinal e vertical do terreno natural, do greide projetado e das cadernetas de seções transversais.

Ao desenho das seções efetivou-se a gabaritagem da plataforma de terraplanagem obedecendo as informações concernentes às seções transversais típicas, tais como superelevação e offsets.

4.2.2.2 PROCESSAMENTO DOS VOLUMES

Os volumes de terraplenagem foram gerados a partir das cotas do terreno natural e do pavimento acabado definido no Projeto de Geométrico. O processamento dos volumes foi efetuado após a gabaritagem das seções transversais, sendo obtido mediante aplicação do método da semissoma.

Vale ressaltar que para o caso de aterros, o volume cubado na terraplenagem corresponde a espessura do topo do terreno natural até a fibra inferior do pavimento projetado. O volume acima do aterro será quantificado, em outros materiais, junto a estrutura de pavimento.

4.2.2.3 MASSAS ESPECÍFICAS DOS SOLOS E DOS AGREGADOS

De acordo com o manual de custos do DNIT Volume 01 (Metodologia e Conceitos) entre os principais índices, podemos destacar: a umidade (relação entre o peso da água e o peso dos sólidos), o índice de vazios (relação entre o volume de vazios e o volume das partículas sólidas), a porosidade (relação entre o volume de vazios e o volume total), o grau de saturação (relação entre o volume de água e o volume de vazios) e as massas específicas (relação entre a massa e o volume).

Os solos podem se apresentar nas seguintes condições:

- Solo no estado natural, com massa específica natural referido ao corte;

- Solo solto é aquele que, após o corte (desmonte), sofre forte expansão de volume, com massa específica dita solta;
- Solo compactado é aquele que sofreu redução volumétrica pela diminuição dos índices de vazios, por meio do emprego de equipamentos especiais, com massa específica dita compactada.

Quando se procede a escavação de um terreno, os solos que anteriormente se encontravam em condição natural e sujeitos a um estado de compactação inicial em função de seu próprio processo de formação, tendem a sofrer expansão volumétrica, denominada empolamento.

De forma similar, os solos escavados e em condição solta podem sofrer diminuição de volume após serem trabalhados por equipamentos especiais, em operação denominada compactação. A realização da compactação tem por objetivo aumentar a resistência dos solos sob ação de cargas externas, reduzir possíveis variações de volume advindas das cargas ou da percolação de água e impermeabilizar os solos.

Com esse objetivo, a Tabela 20 apresenta um quadro-resumo das massas específicas adotadas com referência para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias, os solos e os agregados, as condições natural, solta e compactada.

Tabela 20 - Massas Específicas referenciais dos materiais, solos e agregados

Materiais	Massa Específica Natural (t/m³)	Massa Específica Solta (t/m³)	Massa Específica Compactada (t/m³)
Materiais de 1ª categoria	1,875	1,500	2,063
Materiais de 2ª categoria	2,085	1,500	2,085
Materiais de 3ª categoria	2,630	1,500	2,100
Solos	1,875	1,500	2,063
Brita	2,630	1,500	2,100
Areia	-	1,500	1,725

Fonte: Manual de Custo DNIT – Volume 01

4.2.2.4 MASSAS ESPECÍFICAS DAS MISTURAS

De acordo com o manual de custos do DNIT Volume 01 (Metodologia e Conceitos) as camadas dos pavimentos rodoviários são normalmente executadas por meio da confecção de misturas envolvendo diversos materiais, notadamente solos, agregados, cimento, cal, aditivos, estabilizantes químicos e ligantes asfálticos.

A Tabela 21 apresenta o quadro-resumo das massas específicas compactadas adotadas como referência para as principais misturas de materiais, bem como das massas específicas dos principais insumos adotados nestes traços.

Tabela 21 - Massas específicas das misturas de materiais

Misturas	Massa Específica Compactada (t/m³)
Areia-asfalto	1,980
Solo-areia	2,063
Solo-brita	2,063
Solo-cimento	2,063
Solo melhorado com cimento	2,063
Solo melhorado com escória de forno	2,063
Brita graduada	2,200
Macadame Seco	2,100
Macadame hidráulico	2,100
Concreto asfáltico usinado a quente	2,400
Concreto asfáltico pré-misturado a frio	2,300
Micro-revestimento a frio	2,300
Tratamentos superficiais	2,300
Concreto de cimento Portland	2,400

Misturas	Massa Específica Compactada (t/m³)
Concreto armado	2,500
Argamassa de cimento e areia	2,100
Nata de cimento	1,900
Cimento	1,400
Filler cal	0,500
Filler cimento	1,400
Filler escória de alto forno	1,500

Fonte: Manual de Custo DNIT – Volume 01.

4.2.2.5 NOTA DE SERVIÇO

A Nota de Serviço do Greide de Terraplenagem está apresentada no final do capítulo, com indicação das cotas de projeto e terreno natural, larguras de pista em relação ao eixo, inclinações transversais, taludes e offsets.

4.2.3 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir as Notas de Serviço de Terraplenagem e as Folhas de Cubação. Apresenta-se no ***Volume 02 – Projeto de Execução*** as Seções Tranversais do Projeto de Terraplenagem em formato A3 (ABNT).

avantec
Soluções em Engenharia

PROJETO DE TERRAPLENAGEM
CÁLCULO DE VOLUMES - FOLHA DE CUBAÇÃO
RAMO 0

Estaca	Áreas (m²)		Semi-distância (m)	Volume Parcial (m³)		Volume Acumulado (m³)		Volume Líquido (m³)
	Corte	Aterro		Corte	Aterro	Corte	Aterro	
1+0,00	1,26	0,06	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2+0,00	0,00	1,66	10,00	12,60	17,20	12,60	17,20	-4,60
3+0,00	0,00	3,15	10,00	0,00	48,10	12,60	65,30	-52,70
4+0,00	0,00	4,44	10,00	0,00	75,90	12,60	141,20	-128,60
5+0,00	0,00	5,76	10,00	0,00	102,00	12,60	243,20	-230,60
6+0,00	0,00	3,63	10,00	0,00	93,90	12,60	337,10	-324,50
7+0,00	0,14	1,04	10,00	1,40	46,70	14,00	383,80	-369,80
8+0,00	0,16	1,06	10,00	3,00	21,00	17,00	404,80	-387,80
9+0,00	0,12	1,33	10,00	2,80	23,90	19,80	428,70	-408,90
10+0,00	0,62	0,26	10,00	7,40	15,90	27,20	444,60	-417,40
11+0,00	0,12	0,73	10,00	7,40	9,90	34,60	454,50	-419,90
12+0,00	0,07	1,18	10,00	1,90	19,10	36,50	473,60	-437,10
13+0,00	0,63	0,28	10,00	7,00	14,60	43,50	488,20	-444,70
14+0,00	0,97	0,19	10,00	16,00	4,70	59,50	492,90	-433,40
15+0,00	0,47	0,29	10,00	14,40	4,80	73,90	497,70	-423,80
16+0,00	0,36	0,34	10,00	8,30	6,30	82,20	504,00	-421,80
17+0,00	0,31	0,63	10,00	6,70	9,70	88,90	513,70	-424,80
18+0,00	0,22	0,77	10,00	5,30	14,00	94,20	527,70	-433,50
19+0,00	0,35	0,91	10,00	5,70	16,80	99,90	544,50	-444,60
20+0,00	0,79	0,89	10,00	11,40	18,00	111,30	562,50	-451,20
21+0,00	1,57	0,33	10,00	23,60	12,20	134,90	574,70	-439,80
22+0,00	0,72	0,10	10,00	22,90	4,30	157,80	579,00	-421,20
23+0,00	0,63	0,04	10,00	13,50	1,40	171,30	580,40	-409,10
24+0,00	0,45	0,26	10,00	10,80	3,00	182,10	583,40	-401,30
25+0,00	0,55	0,05	10,00	10,00	3,10	192,10	586,50	-394,40
26+0,00	3,34	0,00	10,00	38,90	0,50	231,00	587,00	-356,00
27+0,00	2,28	0,00	10,00	56,20	0,00	287,20	587,00	-299,80
28+0,00	1,26	0,01	10,00	35,40	0,10	322,60	587,10	-264,50
29+0,00	0,00	1,93	10,00	12,60	19,40	335,20	606,50	-271,30
30+0,00	0,00	2,89	10,00	0,00	48,20	335,20	654,70	-319,50

avantec
Soluções em Engenharia

PROJETO DE TERRAPLENAGEM
CÁLCULO DE VOLUMES - FOLHA DE CUBAÇÃO
RAMO 100

Estaca	Áreas (m^2)		Semi-distância (m)	Volume Parcial (m^3)		Volume Acumulado (m^3)		Volume Líquido (m^3)
	Corte	Aterro		Corte	Aterro	Corte	Aterro	
101+0,00	1,51	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
102+0,00	1,94	0,00	10,00	34,50	0,10	34,50	0,10	34,40
103+0,00	1,91	0,00	10,00	38,50	0,00	73,00	0,10	72,90
104+0,00	1,22	0,01	10,00	31,30	0,10	104,30	0,20	104,10
105+0,00	0,59	0,18	10,00	18,10	1,90	122,40	2,10	120,30
106+0,00	0,76	0,10	10,00	13,50	2,80	135,90	4,90	131,00
107+0,00	1,43	0,74	10,00	21,90	8,40	157,80	13,30	144,50
108+0,00	0,73	0,59	10,00	21,60	13,30	179,40	26,60	152,80

PROJETO DE TERRAPLENAGEM

NOTA DE SERVIÇO

RAMO 0

Lado Esquerdo							Eixo						Lado Direito						
Talude		Drenagem		Pista Rolamento			Estaca	Coordenadas		Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	Pista Rolamento			Drenagem		Talude	
Cota (m)	Afast. (m)	Cota (m)	Afast. (m)	Inclin. (%)	Cota (m)	Afast. (m)		X	Y				Afast. (m)	Cota (m)	Inclin. (%)	Afast. (m)	Cota (m)	Afast. (m)	Cota (m)
36,295	-3,132	-	-	2,000	36,092	-2,670	1+0.000	7794868,114	353368,835	36,039	36,269	-0,230	2,748	35,984	-2,000	-	-	3,049	36,294
36,094	-2,982	-	-	2,000	0,000	-2,000	2+0.000	7794864,641	353388,508	36,198	35,950	0,248	2,000	36,158	-2,000	-	-	2,764	36,159
36,090	-3,228	-	-	2,000	0,000	-2,000	3+0.000	7794865,706	353408,427	36,358	35,871	0,487	2,000	36,318	-2,000	-	-	3,124	36,079
36,049	-3,529	-	-	2,000	0,000	-2,000	4+0.000	7794870,571	353427,821	36,518	35,819	0,699	2,000	36,478	-2,000	-	-	3,224	36,172
34,952	-5,415	-	-	2,000	0,000	-2,000	5+0.000	7794875,702	353447,152	36,678	35,979	0,699	2,000	36,638	-2,000	-	-	3,549	36,115
35,865	-4,284	-	-	2,000	0,000	-2,000	6+0.000	7794882,787	353465,828	36,838	36,350	0,488	2,000	36,798	-2,000	2,500	37,078	3,458	36,439
36,906	-3,123	-	-	2,000	0,000	-2,000	7+0.000	7794892,995	353482,997	37,104	36,998	0,106	2,000	37,064	-2,000	2,500	37,344	3,044	36,982
37,827	-3,170	-	-	2,000	0,000	-2,000	8+0.000	7794906,021	353498,140	38,057	37,964	0,093	2,000	38,017	-2,000	2,500	38,297	2,927	38,012
39,495	-3,258	-	-	2,000	0,000	-2,000	9+0.000	7794921,462	353510,814	39,783	39,682	0,101	2,000	39,743	-2,000	2,500	40,023	3,187	39,565
42,260	-2,859	-	-	2,000	0,000	-2,000	10+0.000	7794937,783	353522,374	42,282	42,455	-0,173	2,000	42,242	-2,000	2,500	42,522	2,959	42,217
45,280	-3,107	-	-	2,000	0,000	-2,000	11+0.000	7794952,894	353535,302	45,468	45,459	0,009	2,000	45,428	-2,000	2,500	45,708	3,030	45,355
48,662	-2,972	-	-	2,000	0,000	-2,000	12+0.000	7794959,573	353553,866	48,760	48,704	0,056	2,000	48,720	-2,000	2,500	49,000	3,485	48,343
51,939	-2,994	-	-	2,000	0,000	-2,000	13+0.000	7794958,183	353573,778	52,052	52,201	-0,149	2,000	52,012	-2,000	2,500	52,292	2,923	52,010
55,372	-2,783	-	-	2,000	0,000	-2,000	14+0.000	7794952,084	353592,771	55,344	55,613	-0,269	2,000	55,304	-2,000	2,500	55,584	2,836	55,360
58,391	-2,903	-	-	2,000	0,000	-2,000	15+0.000	7794941,475	353609,664	58,443	58,583	-0,140	2,000	58,403	-2,000	2,500	58,683	2,991	58,355
61,016	-3,004	-	-	2,000	0,000	-2,000	16+0.000	7794927,932	353624,376	61,135	61,219	-0,084	2,000	61,095	-2,000	2,500	61,375	2,915	61,098
63,356	-3,400	-	-	2,000	0,000	-2,463	17+0.000	7794914,254	353638,968	63,421	63,525	-0,104	2,459	63,371	-2,000	2,959	63,651	3,524	63,275
65,234	-3,439	-	-	2,000	0,000	-2,500	18+0.000	7794900,575	353653,559	65,300	65,366	-0,066	2,500	65,250	-2,000	3,000	65,530	3,512	65,189
66,416	-3,874	-	-	2,000	0,000	-2,500	19+0.000	7794890,717	353670,544	66,772	66,829	-0,057	2,500	66,722	-2,000	3,000	67,002	3,303	66,800
67,643	-3,633	-	-	2,000	0,000	-2,500	20+0.000	7794894,560	353689,709	67,838	67,877	-0,039	2,500	67,788	-2,000	3,000	68,068	3,043	68,111
68,739	-3,298	-	-	2,000	0,000	-2,500	21+0.000	7794910,329	353701,258	68,711	68,813	-0,102	2,500	68,661	-2,000	3,000	68,941	4,118	70,059
69,770	-3,060	-	-	2,000	0,000	-2,500	22+0.000	7794929,839	353705,653	69,583	69,724	-0,141	2,500	69,533	-2,000	3,000	69,813	4,108	70,921
70,748	-2,902	-	-	2,000	0,000	-2,500	23+0.000	7794949,353	353710,036	70,456	70,527	-0,071	2,500	70,406	-2,000	3,000	70,686	3,244	70,930
71,160	-3,594	-	-	2,000	0,000	-2,500	24+0.000	7794968,867	353714,418	71,329	71,327	0,002	2,500	71,279	-2,000	3,000	71,559	3,091	71,498
72,816	-3,694	72,431	-3,310	-2,000	72,431	-2,500	25+0.000	7794988,289	353719,174	72,201	72,204	-0,003	2,500	72,251	2,000	-	-	2,961	73,022
73,907	-3,913	73,304	-3,310	-2,000	73,304	-2,500	26+0.000	7795007,275	353725,456	73,074	73,408	-0,334	2,500	73,124	2,000	-	-	3,134	74,067
74,496	-3,681	74,125	-3,310	-2,000	74,125	-2,500	27+0.000	7795026,187	353731,960	73,895	74,201	-0,306	2,500	73,945	2,000	-	-	2,682	74,436
74,531	-2,832	-	-	2,000	0,000	-2,500	28+0.000	7795044,459	353739,946	74,192	74,419	-0,227	2,500	74,142	-2,000	-	-	2,676	74,628
73,863	-3,492	-	-	2,000	0,000	-2,500	29+0.000	7795059,349	353753,175	73,963	73,683	0,280	2,500	73,913	-2,000	-	-	3,367	73,846
73,583	-3,492	-	-	2,000	0,000	-2,500	30+0.000	7795072,597	353768,158	73,684	73,412	0,272	2,500	73,634	-2,000	-	-	3,367	73,566

PROJETO DE TERRAPLENAGEM

NOTA DE SERVIÇO

RAMO 100

Lado Esquerdo					Eixo						Lado Direito				
Talude		Pista Rolamento			Estaca	Coordenadas		Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	Pista Rolamento			Talude	
Cota (m)	Afast. (m)	Inclin. (%)	Cota (m)	Afast. (m)		X	Y				Afast. (m)	Cota (m)	Inclin. (%)	Afast. (m)	Cota (m)
66,488	-4,300	-2,000	64,379	-2,500	**101+0.000**	**7795175,310**	**353691,273**	**64,429**	**64,668**	**-0,239**	2,500	64,479	2,000	2,694	64,860
69,282	-4,212	-2,000	67,260	-2,500	**102+0.000**	**7795157,258**	**353699,882**	**67,310**	**67,722**	**-0,412**	2,500	67,360	2,000	2,645	67,774
70,546	-2,697	-2,000	70,039	-2,500	**103+0.000**	**7795140,108**	**353710,128**	**70,089**	**70,495**	**-0,406**	2,500	70,139	2,000	2,660	70,543
72,310	-2,789	-2,000	71,992	-2,500	**104+0.000**	**7795124,896**	**353723,077**	**72,042**	**72,321**	**-0,279**	2,500	72,092	2,000	2,623	72,520
73,259	-3,013	-2,000	73,090	-2,500	**105+0.000**	**7795111,930**	**353738,284**	**73,140**	**73,311**	**-0,171**	2,500	73,190	2,000	3,060	73,327
73,647	-2,839	-2,000	73,362	-2,500	**106+0.000**	**7795099,601**	**353754,032**	**73,412**	**73,570**	**-0,158**	2,500	73,462	2,000	3,004	73,636
73,814	-2,433	-2,000	73,398	-2,292	**107+0.000**	**7795088,203**	**353770,441**	**73,444**	**73,733**	**-0,289**	6,999	73,650	2,000	8,630	73,550
73,770	-2,355	-2,000	73,433	-2,094	**108+0.000**	**7795079,641**	**353788,490**	**73,475**	**73,654**	**-0,179**	3,590	73,610	2,000	4,840	73,350
74,143	-2,368	-2,000	73,466	-2,000	**108+19.401**	**7795073,819**	**353806,993**	**73,506**	**73,786**	**-0,280**	2,000	73,546	2,000	3,491	73,062

4.3 PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem do trecho em questão, localizado no município de Fundão/ES tem por objetivo proteger as vias em estudo, das águas que, de algum modo, possam prejudicá-las ou, com elas interferirem. Com esse intuito, foi desenvolvido um projeto de escoamento de águas visando à captação, condução e deságue em local seguro, das águas que se precipitem diretamente sobre as vias.

Obtidas as vazões máximas prováveis dos estudos hidrológicos, o projeto de drenagem constou dos estudos hidráulicos definidores dos dispositivos que se destinam a captar as águas e conduzi-las, adequadamente, de modo a não comprometer os elementos do corpo estradal.

4.3.1 DRENAGEM SUPERFICIAL

O projeto de drenagem superficial visou posicionar os diversos dispositivos de coleta das águas superficiais que incidem na plataforma da estrada, conduzindo-as convenientemente para fora de seu corpo.

Os dispositivos utilizados no projeto foram:

- Sarjetas de concreto;
- Valetas de proteção;
- Meio-fio de concreto;
- Descida d'água em degraus;
- Dissipadores de energia;

4.3.1.1 SARJETAS

Tem como objetivo captar as águas que precipitam sobre a plataforma, canteiro central e taludes de corte e aterro e conduzi-las, longitudinalmente à rodovia, até a transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de proteção.

Quando o estudo do comprimento crítico mostrou que o trasbordamento se dará fora dos pontos adequados, o fluxo será conduzido a caixas coletoras de bueiros de greide.

Estes dispositivos também têm como objetivo atuar captando as águas que precipitam diretamente sobre as banquetas, conduzindo-as até outros elementos de derivação que vão desaguá-las em terreno natural à jusante da estrada, onde seus efeitos nocivos não mais se farão sentir.

4.3.1.2 DESCIDAS D'ÁGUA

São os dispositivos que conduzem as águas pluviais que, em vista do posicionamento forçado de outros dispositivos de drenagem tenderiam a emergir no talude dos aterros/cortes. Seu perfil longitudinal em degraus visa dissipar energia das águas ao longo de seu curso, minimizando possíveis efeitos erosivos aos pés dos taludes. Foram utilizadas para deságue de sarjetas, bueiros e para deságue das valetas de corte nas caixas coletoras dos bueiros. As descidas d'água foram determinadas em conjunto com o pré-dimensionamento das valetas, utilizando dispositivos compatíveis para cada projeto tipo.

4.3.1.3 VALETAS DE PROTEÇÃO DE CORTE E ATERRO

Esses dispositivos tem a finalidade principal de interceptar o fluxo superficial difuso ocasionado pelas precipitações nas encostas naturais à montante das seções de corte ou aterro e conduzir as águas aos pontos inferiores do perfil como sejam: os bueiros de grota, dissipador de energia no terreno natural e descida d'água em degrau implantada nos taludes de corte.

4.3.1.4 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O pré-dimensionamento foi realizado de acordo com a primícias do Manual de Drenagem Rodoviária do DNIT e baseou-se no critério de equivalência de vazões, o qual compara-se a fórmula do método racional (descarga de projeto) com a equação de Manning + continuidade (capacidade de vazão máxima do dispositivo), as quais são descritas abaixo:

- Método racional (descarga de projeto)

$$Q = \frac{C \times i \times A}{36 \times 10^4}$$

Onde:

Q= descarga hidráulica do dispositivo (m³/s);

c = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i = intensidade de precipitação (cm/h);

A = área de contribuição (m²).

- Equação de Manning + Equação da continuidade (capacidade de vazão máxima do dispositivo)

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

Onde:

Q= vazão máxima admissível (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional);

R = raio hidráulico (m);

I = declividade do dispositivo (m/m);

A = área molhada do dispositivo (m²).

Quando a capacidade de vazão máxima do dispositivo for superior a descarga de projeto, o disposto empregado é suficiente para atender a contribuição no trecho, caso contrário o dispositivo é insuficiente.

Outra forma de avaliar se o dispositivo é suficiente para atender a vazão demandada é comparar o comprimento unitário com o comprimento crítico para a aquele dispositivo, o qual é determinado pela seguinte equação:

$$L_{cr} = \frac{36 \times 10^4 \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{c \times i \times L \times n}$$

Onde:

L_{cr}= comprimento máximo para o segmento (m);

A = área molhada do dispositivo (m²);

R = raio hidráulico (m);

I = declividade do dispositivo (m/m);

c = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i = intensidade de precipitação (cm/h);

L = largura de implúvio (m);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional);

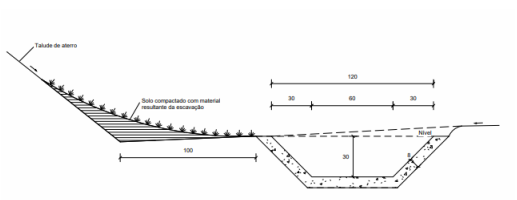
O valor da intensidade de precipitação foi obtido através da equação de chuva elaborada pelo método de Chow-Gumbel para uma recorrência de 10 anos e um tempo de concentração igual a 10 minutos.

A obtenção da área de contribuição de cada segmento do dispositivo foi determinada através da multiplicação da largura de implúvio (largura de contribuição) pelo comprimento do dispositivo.

As propriedades utilizadas no pré-dimensionamento dos dispositivos empregados no projeto estão apresentadas a seguir:

Dispositivo		COMPRIMENTOS CRÍTICOS - STC 73-15						
Área molhada (a):		0,055	m²					
Perímetro molhado (p):		0,837	m					
Raio hidráulico (R):		0,065	m					
Manning (n):		0,014						
Coef. de escoamento (c):		0,80						
Intens. precipitação (i):		16,126	cm/h					
Declividade (I)	%	0,1	0,5	1,0	2,0	4,3	16,4	5,0
Velocidade (V)	m/s	0,367	0,820	1,160	1,641	2,406	4,699	2,594
Contribuição (m)		Comprimento crítico (m)						
Largura de implúvio (m)	1	561,06	1.254,56	1.774,22	2.509,12	3.679,10	7.185,04	3.967,27
	2	280,53	627,28	887,11	1.254,56	1.839,55	3.592,52	1.983,64
	3	187,02	418,19	591,41	836,37	1.226,37	2.395,01	1.322,42
	4	140,26	313,64	443,55	627,28	919,77	1.796,26	991,82
	5	112,21	250,91	354,84	501,82	735,82	1.437,01	793,45
	6	93,51	209,09	295,70	418,19	613,18	1.197,51	661,21
	7	80,15	179,22	253,46	358,45	525,59	1.026,43	566,75
	8	70,13	156,82	221,78	313,64	459,89	898,13	495,91
	9	62,34	139,40	197,14	278,79	408,79	798,34	440,81
	20	28,05	62,73	88,71	125,46	183,95	359,25	198,36
	40	14,03	31,36	44,36	62,73	**91,98**	179,63	99,18
	100	5,61	12,55	17,74	25,09	36,79	71,85	39,67
	200	2,81	6,27	8,87	12,55	18,40	35,93	19,84

Dispositivo	COMPRIMENTOS CRÍTICOS - VPCC 120-30							
Área molhada (a):	0,270	m²						
Perímetro molhado (p):	1,449	m						
Raio hidráulico (R):	0,186	m						
Manning (n):	0,014							
Coef. de escoamento (c):	0,80							
Intens. precipitação (i):	16,126	cm/h						
Declividade (I)	%	0,2	0,5	1,0	2,0	4,3	16,4	15,0
Velocidade (V)	m/s	0,932	1,648	2,331	3,296	4,833	9,439	9,027
Contribuição (m)		Comprimento crítico (m)						
Largura de implúvio (m)	1	7.024,44	12.417,57	17.561,10	24.835,15	36.415,48	71.117,04	68.013,86
	2	3.512,22	6.208,79	8.780,55	12.417,57	18.207,74	35.558,52	34.006,93
	3	2.341,48	4.139,19	5.853,70	8.278,38	12.138,49	23.705,68	22.671,29
	4	1.756,11	3.104,39	4.390,28	6.208,79	9.103,87	17.779,26	17.003,46
	5	1.404,89	2.483,51	3.512,22	4.967,03	7.283,10	14.223,41	13.602,77
	6	1.170,74	2.069,60	2.926,85	4.139,19	6.069,25	11.852,84	11.335,64
	7	1.003,49	1.773,94	2.508,73	3.547,88	5.202,21	10.159,58	9.716,27
	8	878,06	1.552,20	2.195,14	3.104,39	4.551,93	8.889,63	8.501,73
	9	780,49	1.379,73	1.951,23	2.759,46	4.046,16	7.901,89	7.557,10
	10	702,44	1.241,76	1.756,11	2.483,51	3.641,55	7.111,70	6.801,39
	40	175,61	310,44	439,03	620,88	910,39	1.777,93	1.700,35
	100	70,24	124,18	175,61	248,35	364,15	711,17	680,14
	150	46,83	82,78	117,07	165,57	242,77	**474,11**	453,43

Dispositivo		COMPRIMENTOS CRÍTICOS - VPAC 120-30						
Área molhada (a):		0,270 m²						
Perímetro molhado (p):		1,449 m						
Raio hidráulico (R):		0,186 m						
Manning (n):		0,014						
Coef. de escoamento (c):		0,80						
Intens. precipitação (i):		16,126 cm/h						
Declividade (I)	**%**	**0,2**	**0,5**	**1,0**	**2,0**	**4,3**	**16,4**	**15,0**
Velocidade (V)	**m/s**	0,932	1,648	2,331	3,296	4,833	9,439	9,027
Contribuição (m)		**Comprimento crítico (m)**						
Largura de implúvio (m)	**1**	7.024,44	12.417,57	17.561,10	24.835,15	36.415,48	71.117,04	68.013,86
	2	3.512,22	6.208,79	8.780,55	12.417,57	18.207,74	35.558,52	34.006,93
	3	2.341,48	4.139,19	5.853,70	8.278,38	12.138,49	23.705,68	22.671,29
	4	1.756,11	3.104,39	4.390,28	6.208,79	9.103,87	17.779,26	17.003,46
	5	1.404,89	2.483,51	3.512,22	4.967,03	7.283,10	14.223,41	13.602,77
	6	1.170,74	2.069,60	2.926,85	4.139,19	6.069,25	11.852,84	11.335,64
	7	1.003,49	1.773,94	2.508,73	3.547,88	5.202,21	10.159,58	9.716,27
	8	878,06	1.552,20	2.195,14	3.104,39	4.551,93	8.889,63	8.501,73
	9	780,49	1.379,73	1.951,23	2.759,46	4.046,16	7.901,89	7.557,10
	10	702,44	1.241,76	1.756,11	2.483,51	3.641,55	7.111,70	6.801,39
	40	175,61	310,44	439,03	620,88	910,39	**1.777,93**	1.700,35
	100	70,24	124,18	175,61	248,35	364,15	711,17	680,14
	150	46,83	82,78	117,07	165,57	242,77	474,11	453,43

avantec Soluções em Engenharia					DIMENSIONAMENTO DE CANALETA COM GRELHA														EST. PLUV.: k= 19,935 a= 0,174 b= 11,099 c= 0,749 TR= 5 t= 10					
ESTUDOS HIDROLÓGICOS					DIMENSIONAMENTO DA CANALETA														DIMENSIONAMENTO DA GRELHA					
SUB-BACIA	ÁREA	COEF. ESC.	INT. PLUV.	VAZÃO DE PROJETO	LARGURA IMPLÚVIO	ÁREA/ LARG.	VAZÃO / LARG.	DECLIVIDADE	MANNING	LARGURA	ALTURA	ÁREA MOLHADA	PERÍMETRO MOLHADO	RAIO HIDRÁU-LICO	CAP. CANAL	VELOC.	COMPRI-MENTO CRÍTICO	COMPRI-MENTO ADOTADO	FATOR REDUTOR	PERÍME-TRO	LÂMINA MÁX ADM Y	CAP. TEÓRICA	CAP. REAL	VERIFICAÇÃO
	(HA)	c	(MM/H)	(M³/S)	(M)	(M²/M)	(M³/S/M)	(M/M)	(n)	(M)	(M)	(M²)	(M)	(M)	(M³/S)	(M/S)	(M)	(M)	(%)	(M)	(M)	(M³/S)	(M³/S)	CAP REAL > Q PROJETO
Sub-bacia-01	2,21	0,80	161,26	0,45	40,00	551,25	0,020	0,0430	0,014	0,300	0,500	0,150	1,300	0,115	0,527	3,511	367,36	150,00	0,60	300,60	0,015	0,94	0,56	VERDADEIRO
Sub-bacia-02	1,369	0,80	161,26	0,30	150,00	91,28	0,003	0,1640	0,014	0,300	0,500	0,150	1,300	0,115	1,028	6,856	191,31	190,00	0,60	380,60	0,015	1,19	0,71	VERDADEIRO
Sub-bacia-03	0,586	0,80	161,26	0,13	20,00	293,05	0,011	0,0080	0,014	0,300	0,500	0,150	1,300	0,115	0,227	1,514	316,91	60,00	0,60	120,60	0,015	0,38	0,23	VERDADEIRO

4.3.2 OBRAS DE ARTE CORRENTE (OAC): BUEIROS DE TRAVESSIA DE TALVEGUES

Este capítulo tem como objetivo apresentar os métodos e critérios para o dimensionamento hidráulico de bueiros de travessia de talvegues. O dimensionamento adequado é fundamental para garantir a eficiência e a segurança da estrutura, prevenindo inundações, erosão e danos à via ou à própria estrutura. Os bueiros podem operar sob diferentes condições de escoamento, que são classificadas em subcrítico, crítico e supercrítico. O tipo de regime de escoamento influencia diretamente as fórmulas de cálculo a serem utilizadas.

4.3.2.1 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento de bueiros considera a vazão de projeto e as características da estrutura (tipo de seção, material, declividade). As fórmulas variam de acordo com o regime de escoamento e a condição de operação.

O regime de escoamento descreve como o fluido se comporta ao longo de um canal ou conduto, sendo influenciado por variáveis como a declividade.

- Regime Subcrítico: Quando a declividade do bueiro é menor que a declividade crítica, o escoamento é considerado subcrítico.
- Regime Crítico: Quando a declividade do bueiro é igual a declividade crítica, o escoamento é considerado crítico.
- Regime Supercrítico: Se a declividade do bueiro for maior que a declividade crítica, o regime de escoamento é supercrítico.

A declividade crítica pode ser calculada da seguinte forma:

Para bueiros tubulares:

$$I_c = 32{,}82\,\frac{\eta^2}{\sqrt[3]{D}}$$

(**Equação 9**)

Para bueiros Celulares:

$$I_c = 2{,}6\,\frac{\eta^2}{\sqrt[3]{H}}\left(3 + \frac{4H}{B}\right)^{4/3}$$

(**Equação 10**)

Onde:

Ic = Declividade Crítica; n = número de manning; D = diâmetro do bueiro (tubular); H = Altura do Bueiro (Retangular); B = Base do Bueiro (Retangular).

Para bueiros trabalhando como canais, as galerias podem ser dimensionadas da seguinte forma:

- Regime Subcrítico

Bueiros tubulares:

(**Equação 11**)

$$Q_{adm} = \frac{0{,}305}{\eta} D^{8/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{0{,}452}{\eta} D^{2/3} I^{1/2}$$

Bueiros Celulares:

(**Equação 12**)

$$Q_{adm} = \left[\frac{(0{,}8BH)}{(B + 1{,}6H)^2}\right]^{5}{}^{\frac{1}{3}} \frac{I^{\frac{1}{2}}}{\eta}$$

$$V = \frac{Q_{adm}}{0{,}8BH}$$

- Regime Supercrítico

Para bueiros no regime supercrítico deve-se limitar a vazão admissível à vazão correspondente ao regime crítico.

Bueiros tubulares:

(**Equação 13**)

$$Q_{adm} = 1{,}533 D^{\frac{5}{2}}$$

$$V = 2{,}56\sqrt{D}$$

Bueiros Celulares:

$$Q_{adm} = 1{,}705 BH^{\frac{3}{2}}$$

(**Equação 14**) $V = 2{,}56\sqrt{H}$

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2005), diz-se que um bueiro trabalha como orifício quando o nível d`água a montante (h) atende à condição: h ≥ 1,2D ou h ≥ 1,2H sendo D o diâmetro e H a altura do bueiro.

Nesse caso, a vazão depende da diferença de cotas dos níveis de água a montante e a jusante, sendo independente da rugosidade das paredes, do comprimento e da declividade do bueiro.

A vazão do orifício seria então:

$$Q = C.A.\sqrt{2.g.h} \qquad \textbf{Equação 15}$$

Q = vazão, em m³/s;

A = Área da seção do bueiro;

g = Aceleração da gravidade.

h = Carga Hidráulica.

Sendo que C, coeficiente de vazão, atinge valores entre 0,62 e 0,63.

Simplificando, tem-se o apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Fórmulas para o dimensionamento hidráulico de bueiros funcionando como orifícios.

Grandeza	Bueiros Tubulares			Bueiros Celulares		
	Simples	Duplo	Triplo	Simples	Duplo	Triplo
Vazão admissível (m^3/s)	$2{,}192xD^2xh^{1/2}$	$4{,}384xD^2x\ h^{1/2}$	$6{,}576xD^2x\ h^{1/2}$	$2{,}791BH\ h^{1/2}$	$5{,}582\ BH\ h^{1/2}$	$8{,}373\ BH\ h^{1/2}$
Veloc. (m/s)	$2{,}79xh^{1/2}$					

Onde D, B, H, h são expressos em metros.

Quando a velocidade excede o valor limite de erosão do concreto (4,5 m/s), a vazão do bueiro corresponderá à carga hidráulica que satisfaça a velocidade admissível.

4.3.2.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Apresenta-se na Tabela 23, o dimensionamento dos dispositivos de drenagem de grota.

Tabela 23 – Dimensionamento hidráulico dos bueiros de travessia de talvegues.

PROJETO DE ENGENHARIA DE DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO DA RUA DUÍLIO SCARTON

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE BUEIROS DE TRANSPOSIÇÕES DE TALVEGUES

ESTUDOS HIDROLÓGICOS			OAC TRABALHANDO COMO CANAL												
Sub-bacia	$TR_{projeto}$	$Q_{projeto}$	Quant.	Tipo	Material	Coef. Manning	$I_{projeto}$	Ø	$I_{crítica}$	Regime Hidráulico	Q_{adm}	Veloc.	Altura d'Água		Dispositivo Existente	Verificação ($Q_{projeto} < Q_{adm}$)
	Anos	(m^3/s)				η	%	(m)	%		(m^3/s)	(m/s)	Y	Y/H		
SB01	15	1,03	1,00	Tubular	PEAD	0,010	0,30%	1,00	0,33%	Subcrítico	1,67	2,48	0,56	0,56	BSTC Ø1m	Satisfatório

4.3.3 APRESENTAÇÃO

Apresentam-se no ***Volume 02 – Projeto de Execução***, o Projeto de Drenagem (planta, perfil e projetos tipo) em formato A1 e/ou A3 (ABNT).

4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.4.1 INTRODUÇÃO

Para elaboração do Projeto de Pavimentação foram avaliadas as características dos solos de fundação (subleito) bem como das ocorrências de materiais naturais disponíveis na região (empréstimos, pedreiras e areais), de forma a conceber, da maneira mais econômica possível, uma estrutura apta a resistir aos esforços impostos pelo tráfego atuante, bem como às intempéries.

4.4.2 PARÂMETROS DE PROJETO

4.4.2.1 NÚMERO N (TRÁFEGO ATUANTE)

Tendo em vista a implantação de uma estrutura de pavimento, faz-se necessário a caracterização e determinação do tráfego existente na região com o objetivo de subsidiar o dimensionamento do Projeto de Pavimentação.

Com base na Instrução de Projeto de Pavimentação 02/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo em conjunto de visitas a campo, torna-se possível caracterizar o tráfego em função dos veículos que a utilizam, como:

> *Tráfego Leve - Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de 105 solicitações do eixo simples padrão (80kN) para o período de projeto de 10 anos.*

A Tabela 24, apresentada a seguir, correlaciona a classificação da via conforme a função predominante e o volume médio diário de veículos estimado da faixa mais carregada com o número N característico – parâmetro que será utilizado no dimensionamento do pavimento. Com essas estimativas tem-se uma projeção do tráfego a ser gerado ao longo da vida útil de projeto, considerando uma taxa de crescimento de 5% ao ano.

Tabela 24 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO	VOLUME INICIAL *(1)*		EQUIVALENTE / VEÍCULO	N	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO / ÔNIBUS			
Via local	Leve	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Vias locais e coletoras	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	$5,00 \times 10^5$
Vias coletoras e estruturais	Meio pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	$1,40 \times 10^6$ a $3,10 \times 10^6$	$2,00 \times 10^6$
	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	$1,00 \times 10^7$ a $3,30 \times 10^7$	$2,00 \times 10^7$
	Muito pesado	12	> 10.000	1.001 a 2.000	5,90	$3,30 \times 10^7$ a $6,70 \times 10^7$	$5,00 \times 10^7$
Faixa exclusiva de ônibus	Médio	12		< 500		$3,00 \times 10^6$ *(2)*	10^7
	Pesado	12		> 500		$5,00 \times 10^7$	$5,00 \times 10^7$

OBSERVAÇÕES:

(1) Faixa mais carregada

(2) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagens e partidas)

Fonte: Instrução de Projeto 02/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

4.4.2.2 $ISC_{PROJETO}$ (SUBLEITO EXISTENTE)

Conforme descrito no item “Estudos Geotécnicos”, os ISCs de projeto adotados no dimensionamento do pavimento é igual a:

ISC = 8,00%

4.4.3 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS

O dimensionamento do pavimento consiste na determinação das espessuras de cada camada componente da estrutura do mesmo. Para tanto, seguindo a Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo, foram utilizados dois métodos de cálculo de dimensionamento, que serão descritos de forma sucinta ao decorrer do capítulo.

Através da Figura 19 foi definida a prioridade de utilização dos procedimentos de dimensionamento: para Tráfego leve foi utilizado o Método A.

PROCEDIMENTO	TIPO DE TRÁFEGO			
	L	M	MP	P
A	1ª p	2ª p	1ª p	1ª p
B	2ª p	1ª p	1ª p	2ª p

Figura 19 - Prioridade de utilização dos procedimentos de dimensionamento
Fonte: Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo

4.4.3.1 – MÉTODO A: "ABCP – ET27"

Este procedimento foi adaptado pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland no Estudo Técnico nº 27 do trabalho original proposto pela BCA – British Cement Association, com a utilização de bases cimentadas.

O método utiliza, para o dimensionamento da estrutura do pavimento, dois gráficos de leitura simples e direta, fornecendo as espessuras necessárias das camadas constituintes do pavimento (sub-base, base, revestimento).

Sub-base

A Figura 20 fornece as espessuras necessárias de sub-base em função do valor de CBR do subleito e do número N de solicitações. Fica dispensada a utilização da camada de sub-base quando ocorrerem concomitantemente as situações: (i) $N < 5 \times 10^5$; (ii) CBRsubleito > 20%.

Base

A espessura da camada de base será determinada em função do tráfego, conforme as seguintes condições:

- $N < 1{,}5 \times 10^6$: não é necessária camada de base;
- $1{,}5 \times 10^6 \leq N < 1{,}0 \times 10^7$: a espessura mínima da camada de base cimentada será de 10,0 cm;
- $N \geq 10^7$, a espessura de base cimentada será determinada em através da Figura 21.

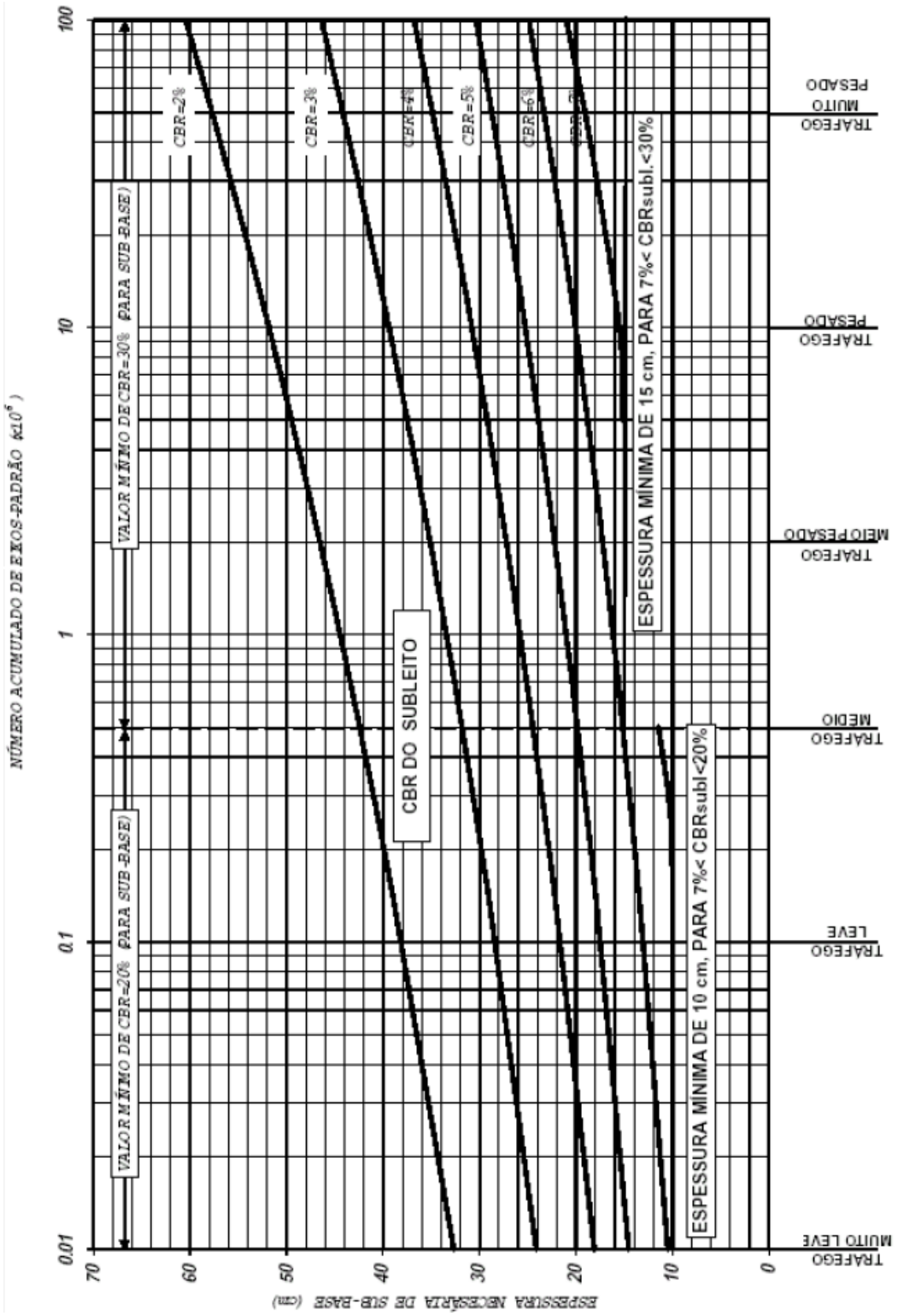


Figura 20 - Espessura necessária de sub-base.
Fonte: Boletim Técnico nº 27 da ABCP.

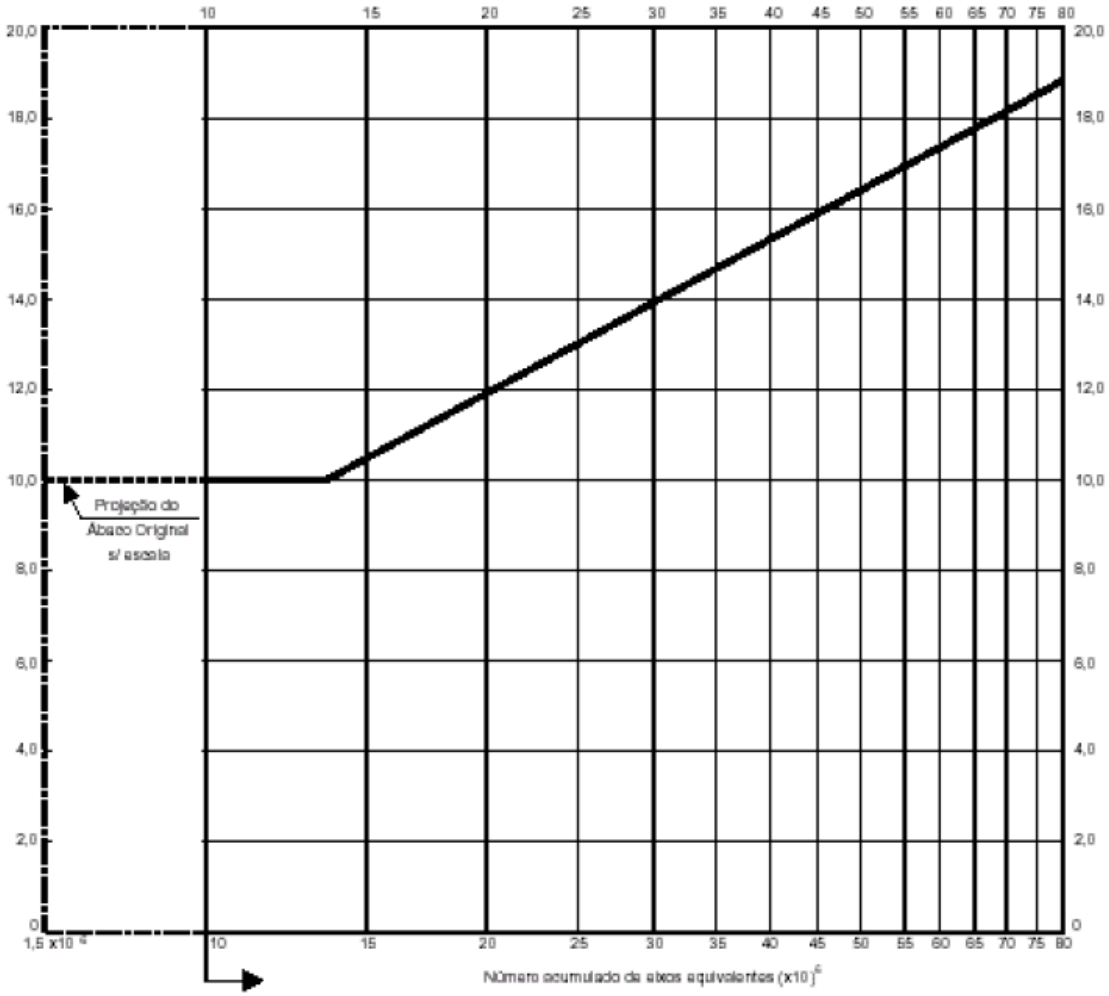


Figura 21 - Espessura da base cimentada em função do número N.
Fonte: Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

Revestimento

A espessura dos blocos do revestimento será de 6 a 10 cm em função do tráfego solicitante, conforme a tabela a seguir:

Tabela 25 - Espessura e resistência dos blocos de revestimento

TRÁFEGO	ESPESSURA DO REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5{,}00 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5{,}00 \times 10^5 < N \leq 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

4.4.3.1.1 Dimensionamento

O dimensionamento do acesso ao bairro contemplado no presente projeto com blocos pré-moldados de concreto levou em consideração: (i) o número N para o horizonte de projeto de 10 anos determinado nos Estudos de Tráfego; (ii) O ISC de projeto, definido nos Estudos Geotécnicos.

- *Parâmetros Adotados*
  - Número $N_{10\ anos} = 10^5$
  - ISC de projeto = 8,00%
- *Determinação da camada de sub-base (e_{SB})*

Apesar do número N ser inferior a 5 x 10^5, o ISC de projeto é menor do que 20%, portanto a estrutura de pavimento requer uma camada de sub-base. Conforme a Figura 20, para as características do subleito existente e do tráfego incidente a espessura mínima necessária de sub-base para a proteção do sub-leito é igual a 15,0 cm. Porém se optou pela substituição da camada de sub-base por uma camada de base, devidos a melhoria em suas propriedades estruturais. Portando, foi adotado uma espessura de sub-base de 0,00 cm:

$$\mathbf{e_{SB} = 0,0\ cm}$$

- *Determinação da camada de base (e_B)*

Visto que o número N é inferior a 1,50 x 10^6, não é necessária camada de base, porém foi adotada uma espessura igual a 15,0 cm:

$$\mathbf{e_B = 15,0\ cm}$$

Visando maior qualidade e segurança da estrutura de pavimentação projetada perante ao horizonte de projeto (10 anos) e ao tráfego gerado após a conclusão das obras, a consultora recomenda a compactação da camada de material granular com a utilização da energia equivalente à do proctor modificado (55 golpes), ou seja, indicação da espessura calculada para a sub-base, como camada de base.

- *Determinação da camada de revestimento (e_R)*

A espessura da camada de rolamento com blocos pré-moldados (8,0 cm) foi definida em função do tráfego, através da Tabela 25. Contudo, objetivando obter uma estrutura de

pavimento com maior capacidade de resistência aos agentes externos (tráfego e intempéries), a Consultora propõe a utilização de blocos com 8,0 cm de espessura:

$$e_R = 8,0 \text{ cm}$$

4.4.4 VANTAGENS DO PAVIMENTO COM BLOCOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

No que tange ao aspecto técnico, o pavimento com revestimento em blocos pré-moldados de concreto apresenta as seguintes vantagens:

Simplicidade: Os bloquetes são facilmente assentados sobre uma camada de areia ou pó de pedra, sem necessidade de ferramentas diferenciadas, máquinas ou mão de obra especializada.

Resistência: Os pisos intertravados são resistentes ao tráfego de pessoas e veículos. Sua resistência é medida em MPa (Mega Pascal). Cada tipo de tráfego requer uma resistência específica.

Durabilidade: Os bloquetes tem grande durabilidade. Sua característica estrutural permanece inalterada por muitos anos.

Utilização Imediata do Pavimento: Após o assentamento do piso intertravado, o tráfego pode ser liberado imediatamente, não necessitando de qualquer tempo de secagem, cura do material ou qualquer acabamento superficial.

Facilidade de execução: O assentamento dos bloquetes pode ser feito com mão de obra local, valorizando os recursos humanos de sua região.

Homogeneidade: O processo construtivo garante a homogeneidade de cor, tamanho e textura de seus pisos intertravados.

Estética: Os pisos intertravados com suas variadas formas, dimensões, cores e texturas podem criar composições personalizadas de rara beleza. Podem ser utilizados para ornamentação e sinalização dos mais variados tipos de obras.

Conforto Térmico: A coloração mais clara e homogênea dos bloquetes/piso intertravado, em relação aos outros produtos mais escuros, reduz significativamente a absorção de calor pela superfície do pavimento, melhorando em muito o conforto térmico e diminuindo a formação das ilhas de calor nos grandes centros urbanos, tornando sua aplicação ecologicamente correta.

Economia de Energia Elétrica: Os pisos intertravados, por sua coloração clara e fino acabamento, refletem a luz cerca de 30% a mais que outros tipos de pavimentos, gerando uma economia de até 60% na iluminação pública.

Segurança: Os bloquetes/pisos intertravados com suas superfícies antiderrapantes, mesmo sob chuva, não são escorregadios, aumentando a segurança, principalmente nos aclives, declives e curvas, do tráfego de veículos e pedestres.

Não Impermeabiliza o Solo: Os pisos intertravados, por serem assentados sobre pó de pedra ou areia, permitem a passagem da água da chuva, não impermeabilizando o solo e contribuindo para o controle das enchentes. Este fator o torna um produto ecologicamente correto.

Reutilização do Produto: Os bloquetes, após seu assentamento, podem ser retirados e reaproveitados em outra obra ou local com 100% de aproveitamento das peças.

Facilidade de Manutenção: O piso intertravado, após longo tempo de uso, pode ser removido total ou parcialmente com grande facilidade, sendo aproveitado no mesmo local ou em outra obra. Isto facilita a manutenção de canalizações subterrâneas e correção do leito trafegável.

4.4.5 RESULTADO FINAL

As estruturas adotadas para a implantação de pavimentos novos serão constituídas das seguintes maneiras:

Pista de Rolamento:

- Revestimento em blocos de concreto retangulares tipo “Holandês” (35 MPa), paginação tipo “Espinha de Peixe”, com espessura de 8,0 cm, execução atendendo as normas de peças de concreto para pavimentação NBR 9780 e NBR 9781;
- Colchão de areia com espessura de 5,0 cm para assentamento dos blocos;
- Imprimação com a utilização de emulsão asfáltica do tipo EAI à taxa de aplicação de 1,2 l/m²;
- Base estabilizada granulometricamente em Brita Graduada Simples (BGS) com energia de compactação correspondente ao Proctor Modificado (55 golpes) e espessura de 15,0 cm, execução atendendo a especificação de serviço DNIT 141/2010-ES;

- Regularização do subleito com energia de compactação correspondente a 100% do Proctor Intermediário (26 golpes) e espessura de 20,0 cm.

Observação: para garantir o confinamento das peças pré-moldadas requerido para a estabilidade da estrutura de pavimento semi-rígido, a Consultora propõe a utilização de guias transversais de travamento, distribuídas em planta conforme os seguintes critérios:

- Em rampas com inclinação entre 5,0% e 10,0%, distanciadas a cada 20,0m;
- Em rampas com inclinação superior a 10,0%, distanciadas a cada 10,0m;
- No encontro com outros tipos de pavimentos.

Com o travamento, a transferência de carga entre os blocos alivia as pressões sobre o subleito, sub-base e base, reduzindo as possibilidades de deformações no pavimento.

4.4.6 APRESENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação será apresentado em formato A1 e/ou A3 (ABNT) no ***Volume 02 – Projeto de Execução***.

4.5 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.5.1 GENERALIDADES

O Projeto de Sinalização foi elaborado segundo a Engenharia de Tráfego, objetivando basicamente: regulamentar o uso da Via, advertir o usuário sobre a ocorrência e natureza de situações potencialmente perigosas e informar eficientemente.

4.5.2 DESCRIÇÃO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E MATERIAIS

O projeto abrange a sinalização vertical e horizontal das vias. A segurança do usuário será obtida através do correto posicionamento e padronização de formas, cores, símbolos e dimensões, de modo a proporcionar identificação imediata e legibilidade fácil, considerada a velocidade diretriz na fixação dos padrões e dimensões.

A percepção da sinalização, à noite, em condições adversas de clima, é assegurada através de conveniente refletorização.

4.5.3 SINALIZAÇÃO VERTICAL

É um subsistema de sinalização viária, que se utiliza de placas, onde o meio de comunicação (sinal) está na posição vertical, fixado ao lado ou suspenso sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, diante símbolos e/ou legendas pré-reconhecidas e legalmente instituídas.

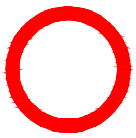
As placas, classificadas de acordo com as suas funções, são agrupadas em um dos seguintes tipos de sinalização vertical:

- Sinalização de Regulamentação;
- Sinalização de Advertência;
- Sinalização de Indicação.

Tem por finalidade informar aos usuários das condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias. Suas mensagens são imperativas e seu desrespeito constitui infração.

4.5.3.1 FORMA E CORES

A forma padrão do sinal de regulamentação é a circular, nas seguintes cores:

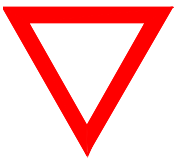




OBRIGAÇÃO	PROIBIÇÃO
Lado	- 0,250m
Fundo	- Branco
Tarja	- Vermelha
Orla	- Vermelha
Símbolo	- Preto
Letras	- Pretas

Constituem exceção quanto à forma, os sinais “Parada Obrigatória” – R-1 e “Dê a Preferência” – R-2, com as seguintes características:





R-1

Fundo	- Vermelho
Letras	- Brancas
Orla Interna	- Branca
Orla Externa	- Vermelha

R-2

Fundo	- Branco
Orla	- Vermelho

4.5.3.2 DIMENSÕES

SINAIS DE FORMA CIRCULAR

VIAS UBANAS DE TRÂNSITO RÁPIDO

Diâmetro - 0,750m

Tarja - 0,075m

Orla - 0,075m

VIA URBANA

Diâmetro - 0,500m

Tarja - 0,050m

Orla - 0,050m

VIA RURAL ESTRADA

Diâmetro - 0,750m

Tarja - 0,075m

Orla - 0,075m

VIA RURAL RODOVIA

Diâmetro - 1,00m

Tarja - 0,100m

Orla - 0,100m

SINAIS DE FORMA OCTOGONAL URBANA – R-1

Lado - 0,350m

Orla Interna Branca - 0,028m

Orla Externa Vermelha m - 0,014m

SINAIS DE FORMA OCTOGONAL RURAL ESTRADA – R-1

Lado - 0,350m

Orla Interna Branca - 0,028m

Orla Externa Vermelha m - 0,014m

SINAIS DE FORMA OCTOGONAL RURAL RODOVIA – R-1

Lado - 0,500m

Orla Interna Branca - 0,040m

Orla Externa Vermelha m - 0,020m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR URBANA – R-2

Lado - 0,900m

Orla - 0,150m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR RURAL ESTRADA – R-2

Lado - 0,900m

Orla - 0,150m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR RURAL ESTRADA – R-2

Lado - 1,00m

Orla - 0,20m

4.5.3.3 SINALIZAÇÃO DE ADVERTÊNCIA

Tem por finalidade alertar aos usuários da via para condições potencialmente perigosas, indicando sua natureza. Suas mensagens possuem caráter de recomendação.

Forma Cores

A forma padrão do sinal de advertência é quadrada, devendo uma das diagonais ficar na posição vertical, nas seguintes cores:

Fundo - Amarelo



Orla Interna - Preta

Orla Externa - Amarela

Símbolo e/ou Legenda –Pretos

4.5.3.3.1 Dimensões

SINAIS DE FORMA QUADRADA

VIA URBANA

Lado - 0,450m

Orla Externa - 0,009m

Orla Interna - 0,018m

VIA RURAL ESTRADA

Lado - 0,500m

Orla Externa - 0,010m

Orla Interna - 0,020m

VIA RURAL RODOVIA

Lado - 0,600m

Orla Externa - 0,012m

Orla Interna - 0,024m

4.5.3.4 SINALIZAÇÃO DE INDICAÇÃO

Tem por finalidade identificar as vias, os destinos e os locais de interesse, bem como orientar condutores de veículos quanto aos percursos, os destinos, as distâncias e os serviços

auxiliares, podendo também ter como função a educação do usuário. Suas mensagens possuem um caráter meramente informativo ou educativo, não constituindo imposição.

4.5.3.5 PLACAS DE LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE DESTINO

Posicionam o condutor ao longo do seu deslocamento, ou com relação a distâncias ou ainda aos locais de destino.

4.5.3.6 PLACAS DE ORIENTAÇÃO DE DESTINO

Indicam ao condutor a direção que o mesmo deverá seguir para atingir determinados lugares, orientando seu percurso e distâncias.

4.5.3.7 PLACAS INDICATIVAS DE SENTIDO (DIREÇÃO)

CORES

Fundo	- Verde
Orlas Internas	- Brancas
Orla Externa	- Verde
Legenda	- Branca
Símbolos	- Rodovia Nacional (BR 101/262)

FORMAS E DIMENSÕES MÍNIMAS:

Largura	- 1.000m
Altura	- 0,400m
Altura da Letra	- 0,150m
Orla Interna e Tarja	- 0,020m
Orla Externa	- 0,010m

4.5.4 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

É um subsistema da sinalização viária que se utiliza de linhas, marcações, símbolos e legendas, pintados ou apostos sobre o pavimento das vias.

Tem como função organizar o fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

4.5.4.1 CARACTERÍSTICAS

Diferentemente dos sinais verticais, a sinalização horizontal mantém alguns padrões cuja mescla e a forma de coloração na via definem os diversos tipos de sinais.

4.5.4.2 PADRÃO DE TRAÇADO

Seu padrão de traçado pode ser:

CONTÍNUA: são as linhas sem interrupção pelo trecho da via onde estão demarcando; podem estar longitudinalmente ou transversalmente apostas à via.

TRACEJADA OU SECCIONADA: são linhas seccionadas com espaçamentos de extensão igual ou maior que o traço.

SÍMBOLOS E LEGENDAS: são informações escritas ou desenhadas no pavimento indicando uma situação ou complementando sinalização vertical existente.

4.5.4.3 CORES

A sinalização horizontal utilizada apresenta três cores:

AMARELA: para a regulação de fluxos de sentidos opostos;

VERMELHA: utilizada na regulação do espaço destinado ao deslocamento de bicicletas leves (ciclovias);

BRANCA: para a regulação de fluxos de mesmo sentido e na marcação de faixas de travessias de pedestres; na pintura de símbolos e legendas.

4.5.4.4 CLASSIFICAÇÃO

A sinalização horizontal é classificada em:

- Marcas longitudinais;
- Marcas transversais;
- Marcas de canalização;
- Inscrições no pavimento.

4.5.4.5 MARCAS LONGITUDINAIS

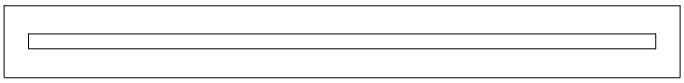
Separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada ao rolamento, a sua divisão em faixas, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo de um tipo de veículo, as reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem.

De acordo com a sua função as marcas longitudinais são subdivididas nos seguintes tipos:

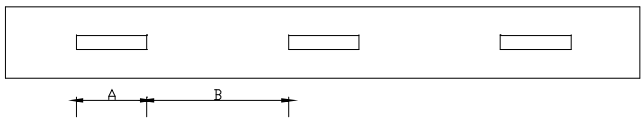
LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS OPOSTOS

(cor amarela)

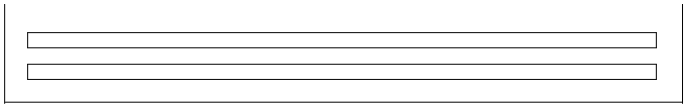
SIMPLES CONTÍNUA



SIMPLES SECCIONADA



DUPLA CONTÍNUA



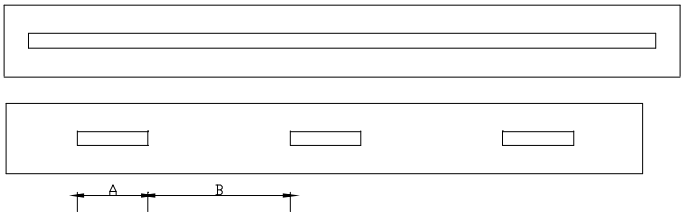
Largura das linhas: 0,120m

Distância entre as linhas: 0,120m

Relação entre A e B: 1:2

LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS DE MESMO SENTIDO

(cor branca)



Largura da Linha: 0,120m

Relação entre A e B: 1:1

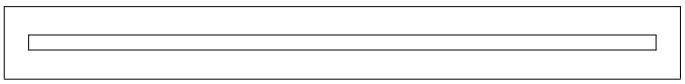
Dimensões: A = 4,000m

B = 4,000m

LINHAS DE BORDO

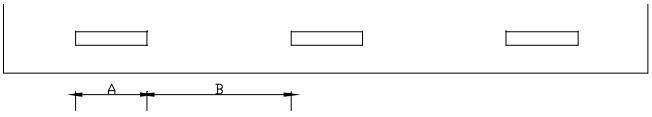
(cor branca, exceto em vias com canteiro central muito estreito quando então são amarelas separando fluxos opostos)

CONTÍNUA



Largura da Linha:0,120m

SECCIONADA



Relação entre A e B. 1:2

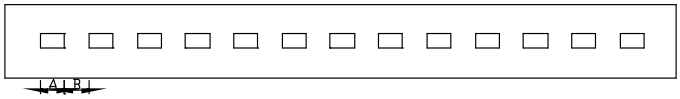
Dimensões: A = 4,000m

B = 4,000m

LINHA DE CONTINUIDADE

(cor branca quando dá continuidade a linhas brancas; cor amarela quando dá continuidade a linhas amarelas)

TRACEJADA



Largura da Linha: 0,120m
Relação entre A e B = 1:1

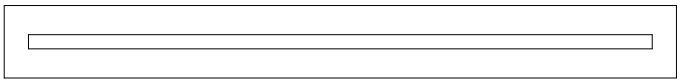
4.5.4.6 MARCAS TRANSVERSAIS

Ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com os deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, ou seja, adverte os condutores relativamente sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indica a posição de parada, de modo a garantir sua própria segurança e a dos demais usuários da via.

De acordo com a sua função, as marcas longitudinais são subdivididas nos seguintes tipos:

LINHAS DE RETENÇÃO

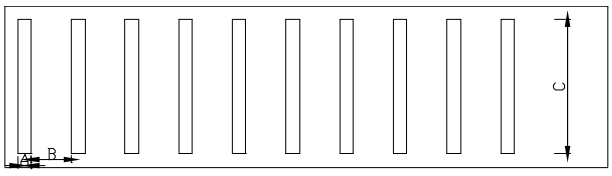
(cor branca)



Largura da Linha: 0,400m

FAIXAS DE TRAVESSIA DE PEDESTRES

(cor branca)



Largura da Linha A: 0,400m

Distância entre as linhas B: 0,400

Largura da Faixa C : 4,000m

4.5.5 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se no ***Volume 02 – Projeto de Execução***, o Projeto de Sinalização (Planta e Projetos-tipo) em formato A1 e/ou A3 (ABNT).

4.6 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

4.6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para o Projeto de Obras Complementares foram cadastradas tudo o que pode de alguma forma interferir com a execução da obra, contidas entre as linhas de *off-set* e/ou dentro da faixa de domínio da via.

Foram indicados:

- Remoção e implantação de cercas de madeira;

- Aplicação de hidrossemeadura;

4.6.2 APRESENTAÇÃO

O ***Projeto de Obras Complementares***, em formato A3 e/ou A1 (ABNT), está apresentado no ***Volume 2 – Projeto de Execução***.

5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

As Especificações de Serviços listadas abaixo, preconizadas pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (**IPR/DNIT**), Associação Brasileira de Normas Técnicas (**ABNT**) e demais elementos da literatura técnica, devem ser estritamente consideradas durante a execução das obras.

5.1.1 ESPECIFICAÇÕES DE TERRAPLENAGEM

5.1.1.1 EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS PRELIMINARES DE TERRAPLENAGEM (DNIT 104/2009-ES)

Conforme DNIT 104/2009-ES, a execução dos serviços preliminares de terraplenagem, de forma geral, consiste na instalação de canteiro de obras e eventual remoção de elementos como: vegetações, blocos de rocha, linhas de transmissão de energia elétrica e telefônicas, cercas, construções e demais elementos que venham interferir no desenvolvimento da execução do projeto.

Os serviços devem ser desenvolvidos conforme as indicações de projeto, especialmente no que se refere à destinação do material removido.

Deve ser feito o controle qualitativo de forma visual, avaliando se a área superficial tratada se encontra efetivamente isenta da camada vegetal e/ou de outros elementos suscetíveis de impedir ou prejudicar o pleno desenvolvimento e a qualidade dos serviços de terraplenagem

É importante ressaltar que antes do início de serviços de corte e aterro deve-se ter os serviços preliminares já executados.

5.1.1.2 ESCAVAÇÃO MECÂNICA EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA

Escavação mecanizada com a utilização de retroescavadeira ou escavadeira hidráulica do material constituinte do terreno natural até o greide de terraplenagem projetado.

5.1.1.3 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM

- DNIT 104/2009-ES - Serviços Preliminares;
- DNIT 106/2009-ES - Cortes;
- DNIT 107/2009-ES - Empréstimos;

- DNIT 108/2009-ES - Aterros.

5.1.2 ESPECIFICAÇÕES DE DRENAGEM

5.1.2.1 ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALA EM MATERIAL DE 1º CATEGORIA

Escavação do material constituinte do terreno natural até a profundidade para assentamento do tubo com a utilização de retroescavadeira, devendo ser respeitadas as cotas e declividades definidas em projeto.

5.1.2.2 REATERRO MECANIZADO DE VALA

Consiste no reaterro das valas onde foram instaladas as tubulações. O reaterro será executado com material proveniente da escavação mecânica de vala. O lançamento do material é realizado com restroescavadeira, seguido de compactação com soquete.

5.1.2.3 EXECUÇÃO DE POÇO DE VISITA

Os poços de visita serão executados em concreto, fôrma e armação em aço CA-60, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem. O concreto deverá apresentar fck=20MPa, confeccionado em betoneira e lançado manualmente.

5.1.2.4 EXECUÇÃO DE CHAMINÉ DOS POÇOS DE VISITA

Sobre a laje dos poços de visita será instalada a chaminé de alvenaria de blocos de concreto, rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, incluindo tampão de ferro fundido articulado DN 600 classe 400, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem.

5.1.2.5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE DRENAGEM

As Especificações de Serviços listadas abaixo devem ser estritamente consideradas durante a execução das obras.

- DNIT 023/2006-ES - Bueiros tubulares de concreto;
- DNIT 026/2004-ES - Caixas coletoras;
- DNIT 020/2006-ES - Meio-fios e guias;
- DNIT 027/2004-ES - Demolição de dispositivos de concreto.

5.1.3 ESPECIFICAÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO

5.1.3.1 REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO

Consiste nas atividades necessárias à obtenção de um leito “conformado” para receber a estrutura do pavimento, devendo ser executada na área a ser pavimentada. O serviço de regularização envolve a compactação dos 20cm finais da camada de corte ou aterro com energia de compactação correspondente a 100% do Proctor Intermediário. A regularização do subleito consiste basicamente das seguintes operações:

- Escarificação e Espalhamento dos Materiais;
- Homogeneização dos Materiais Secos;
- Umedecimento (ou Aeração) e Homogeneização da Umidade;
- Compactação;
- Acabamento.

5.1.3.2 BASE DE BRITA GRADUADA

Os serviços para execução de base de brita graduada deverão ser iniciados somente após a regularização do subleito. Os serviços de implantação da camada de base deverão ser executados mecanicamente, com os seguintes esquipamentos: caminhão tanque, distribuidor de agregados, rolo compactador de pneus autopropelido e rolo compactador vibratório autopropelido.

O agregado deverá estar isento de matéria vegetal e outras substâncias nocivas e sua composição deverá se enquadrar em uma das faixas granulométricas especificadas pelo DNIT. O grau de compactação mínimo para a camada de base será de 100% da energia de compactação correspondente ao Proctor Modificado.

A execução da camada de base de brita graduado consiste basicamente das seguintes operações:

- Fornecimento;
- Transporte;
- Mistura;
- Espalhamento;
- Compactação.

5.1.3.3 PAVIMENTAÇÃO EM BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto são colocados seguindo dois critérios: um padrão de posicionamento (modo relativo como ficam posicionados em relação ao outro) e um padrão de alinhamento (posição relativa entre o eixo dos blocos e o da via). Ambos devem ser definidos antes do início do calçamento. Quando há tráfego de veículos, não podem existir juntas contínuas que fiquem paralelas à direção do tráfego, devendo ser escolhido um padrão de posicionamento dos blocos em que esta coincidência não seja possível. Por este motivo, existem padrões de posicionamento que só se prestam para vias de trânsito de pedestres.

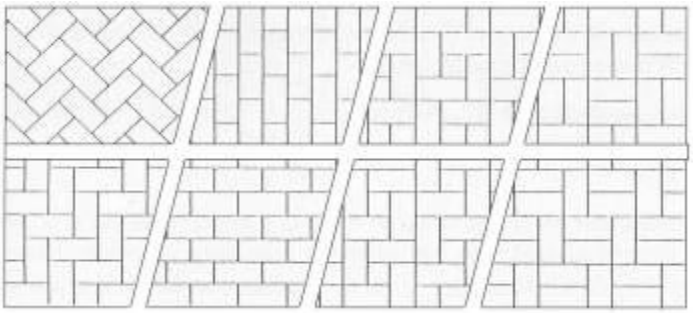


Figura 22 – Padrões posicionamento dos blocos

Existe uma diversidade de formas dos blocos, e alguns deles, como os retangulares, podem ter padrões de posicionamento muito diversos. Todos eles são utilizáveis em via de trânsito de pedestres, onde o padrão de alinhamento não tem importância.

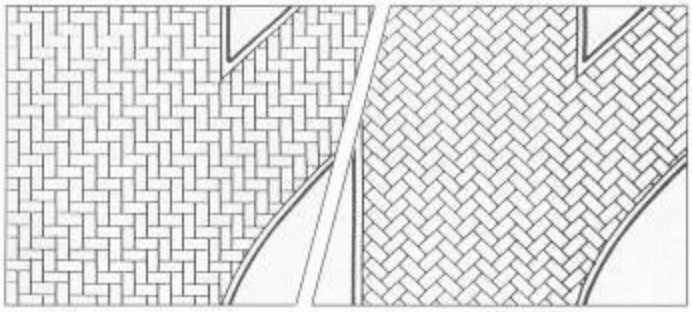


Figura 23 - Posicionamento de blocos em espinha de peixe

Pavimentos com tráfego veicular têm os blocos dispostos, de preferência, no padrão espinha de peixe e alinhados com o eixo da via num ângulo qualquer. Este padrão tem a vantagem de não requerer uma mudança de alinhamento em curvas ou esquinas.

Quando os blocos retangulares são colocados em fileiras, estas devem ser travadas da mesma maneira que os tijolos de uma parede, e devem ficar alinhadas transversalmente ao sentido do tráfego. Nas interseções com curvas ou esquinas, o padrão de posicionamento deve ser "girado", de modo que as fileiras fiquem transversais ao fluxo das rodas. Esta mudança se realiza mediante o corte preciso dos blocos ou adotando um cordão transversal de calçamento. Fileiras nunca devem ficar alinhadas com o eixo da via.

Início

Cada padrão de posicionamento deve obedecer a uma determinada sequência de montagem dos blocos, de modo a atingir o máximo rendimento. Esta sequência deve permitir o trabalho simultâneo de mais de um colocador, montando dois blocos ao mesmo tempo, não tendo que encaixar peças em vazios, mas apenas deslocando-as lateralmente. Para conseguir a necessária coordenação, deve-se iniciar a colocação de uma maneira bem definida, a qual varia de acordo com o padrão de posicionamento e com o alinhamento escolhido. Convém fazer inicialmente um teste de 2 a 3 m para corrigir o alinhamento e memorizar a sequência.

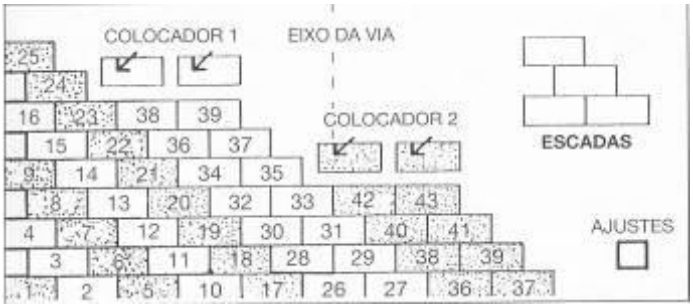


Figura 24 – Sequência de assentamento blocos

Para colocar blocos (dos tipos 1, 2 ou 3) em fileiras transversais, pode ser utilizada como guia, tanto um dos lados da via como uma linha no seu eixo. Inicialmente colocam-se uns 25 blocos até que o padrão fique definido e, a seguir, se prossegue com um ou dois colocadores (com duas linhas cada um) e, de preferência, um na frente do outro.

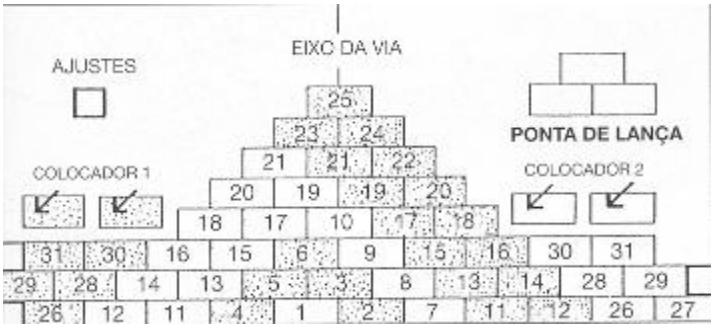


Figura 25 - Sequência de assentamento blocos

Seguindo uma linha ou o eixo da via se colocam os primeiros 10 blocos e, a seguir, os colocadores (até 4) continuam avançando simetricamente em linhas oblíquas duplas até a ponta encontrar o eixo. Os espaços vazios resultantes são preenchidos posteriormente.

Para o posicionamento em espinha de peixe, deve-se escolher para qual lado se deseja que fique a sua diagonal. Caso se queira o avanço da esquerda para a direita, colocar-se-ão primeiramente uns 18 blocos e, a seguir 1 ou 2 colocadores poderão continuar com as duas fileiras seguindo a diagonal sempre da frente para trás.

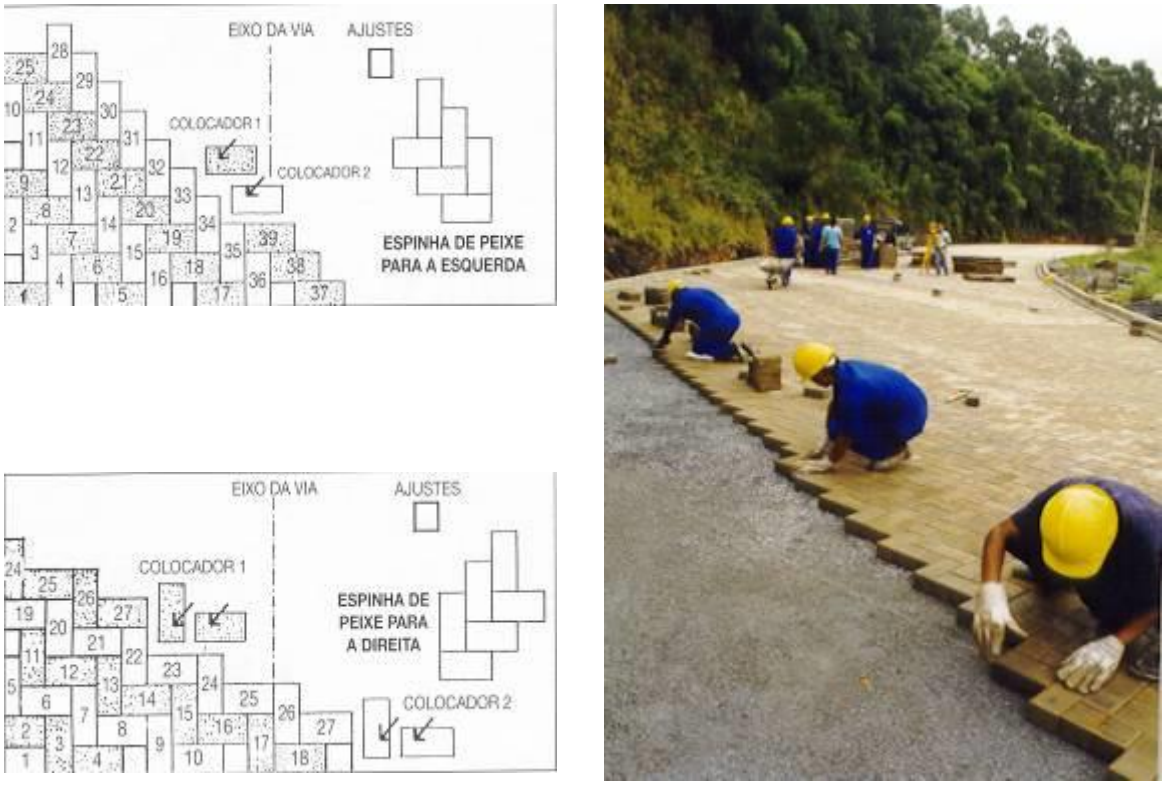


Figura 26 – Assentamento de blocos em espinha de peixe

Caso se queira que a diagonal da espinha de peixe avance da direita para a esquerda, somente um colocador poderá avançar pela diagonal colocando uma única fileira para frente e logo a seguinte para trás. Para espinhas de peixe posicionadas em outro ângulo qualquer, recomenda-se empregar este segundo esquema, embora dê um maior número de ajustes.

Alinhamento

Um alinhamento correto dos blocos depende de unidades de boa qualidade (dimensões homogêneas) e esmero dos colocadores durante a montagem. Não há muita diferença no rendimento da colocação de blocos corretamente alinhados ou colocados de forma descuidada. No entanto, a diferença na aparência será expressiva.

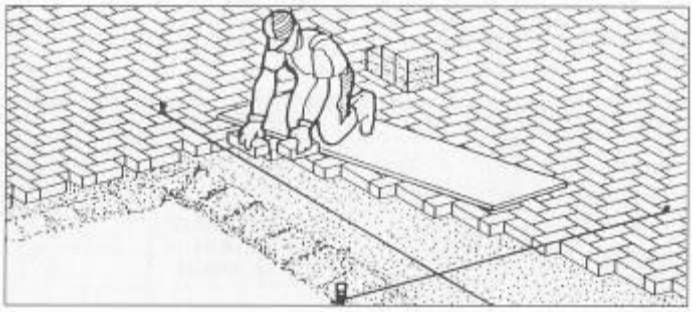


Figura 27 - Assentamento blocos seguindo alinhamento

É importante manter sob controle, ao longo da via, tanto o padrão de posicionamento como o alinhamento dos blocos. Com este objetivo deve-se utilizar linhas longitudinais e transversais fixadas e esticadas com estacas, varetas ou blocos.

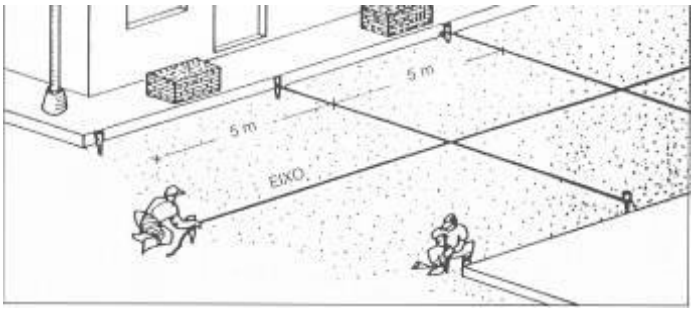


Figura 28 – Execução preliminar de locação eixo

Definida uma frente de avanço, o alinhamento da colocação dos blocos deve ser verificado, pelo menos, com uma linha longitudinal e linhas transversais a cada 5 m. Eventuais desajustes podem ser corrigidos sem a necessidade de retirar blocos, mas apenas utilizando cuidadosamente uma cunha ou talhadeira

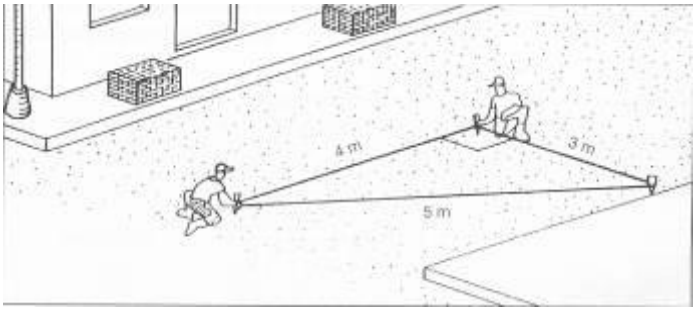


Figura 29 - Locação eixo da via

Para poder checar ângulos retos, especialmente no início do serviço, é empregada uma linha de 12 m, com as extremidades unidas e com marcas correspondentes aos 5, 4 e 3 m. Colocando as marcas de 3 e 4 m sobre estacas e esticando o conjunto, a diagonal do triângulo coincidirá exatamente com a marca dos 5 m.

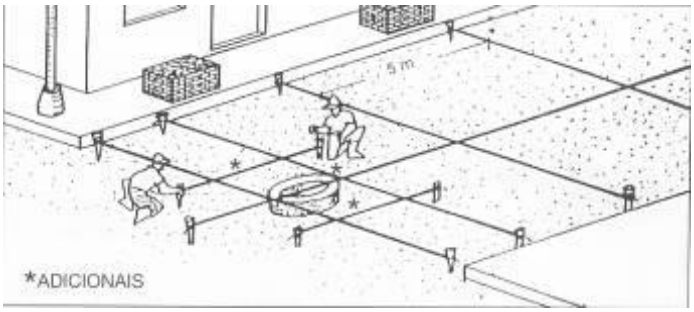


Figura 30 – Instalação marcações para verificação ângulos retos

Quando houver interrupções na via (sumidouros, caixas de inspeção ou outros confinamentos internos), a seqüência de colocação deverá ser controlada com linhas em forma de quadrícula ao seu redor, de modo a não perder o alinhamento até que esta interferência seja ultrapassada.

Colocação dos blocos de concreto

A etapa da montagem dos blocos é a atividade mais importante da construção do pavimento, pois responde, em grande medida, pela qualidade final deste. Dependem dela: nivelamento, alinhamento do padrão de colocação, regularidade superficial, largura das juntas etc.,

fundamentais para o acabamento e durabilidade do pavimento. Pelo fato de ser uma atividade manual, é fundamental exercer um estrito controle sobre cada uma das suas etapas.

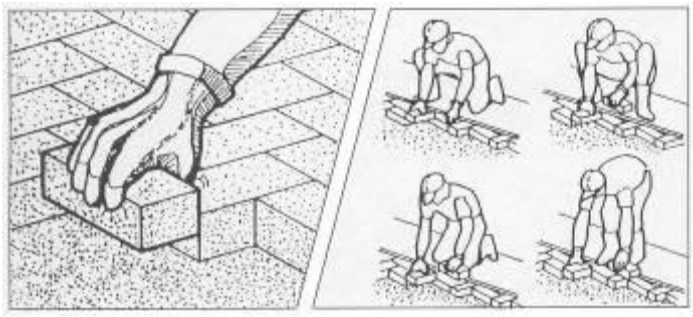


Figura 31 - Detalhe da instalação manual blocos

Como os blocos são colocados, principalmente, a mão, o colocador deverá usar, ao máximo, luvas de proteção. O seu trabalho, no nível do chão, é cansativo. Para evitar fadiga terá que mudar frequentemente de posição.

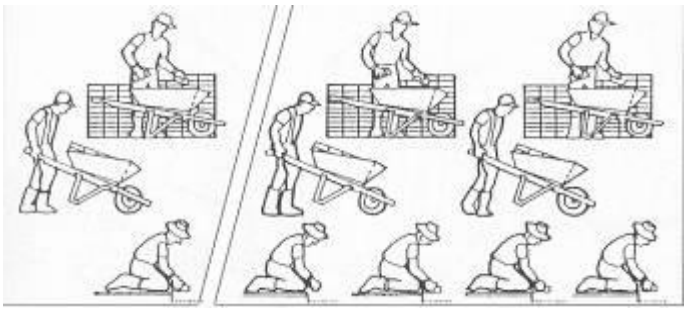


Figura 32 – Detalhe do transporte dos blocos

A equipe mínima de trabalho será de três operários: um colocador, um auxiliar para transportar e outro para carregar e distribuir. Porém, se a obra permitir, poderão ser utilizadas equipes com maior número de colocadores.

A atividade do colocador é a mais cansativa de todas. Para não sobrecarregar a sua capacidade física, é conveniente dispor de equipes nas quais cada função possa ser exercida por todos, em rodízio.



Figura 33 - Detalhe instalação blocos intertravados

Durante a colocação e antes que os blocos sejam compactados, a circulação dos operários e dos materiais sobre as áreas não terminadas deverá ser exclusivamente sobre proteções de madeira (tábuas ou chapas grossas).

Juntas

Além da uniformidade superficial dos blocos, também é importante que as juntas entre eles sejam as mais estreitas possíveis, de modo que o bom intertravamento garanta o bom funcionamento mecânico do pavimento, e de maneira que o pavimento não seja muito permeável, não seja afetado pelo escorrimento da água nem facilite o crescimento de grama etc.

Os blocos são assentados diretamente sobre a camada de areia previamente rasada. Cada bloco é pego com a mão, encostado firmemente contra os outros já assentados e, a seguir, deslizado verticalmente para baixo até tocar na areia.

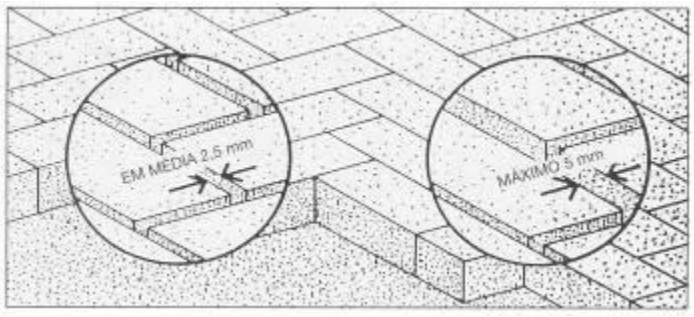


Figura 34 - Detalhe juntas entre blocos

Procedendo desta forma se consegue a junta com a mínima abertura. Esta junta tem, em decorrência das irregularidades das faces, aproximadamente, 2,5 mm de abertura. No caso da abertura da junta ficar muito grande, o bloco deve ser batido lateralmente com uma marreta de madeira ou borracha contra os blocos adjacentes, para fechá-la.

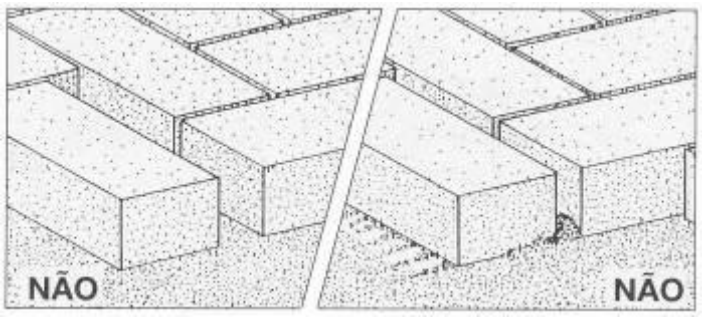


Figura 35 – Procedimento para execução junta

Procedimento inadequado é primeiro deitar o bloco sobre a areia e, logo, empurrá-lo horizontalmente contra os blocos vizinhos. A areia que se arrasta desta forma não permite um encosto perfeito.

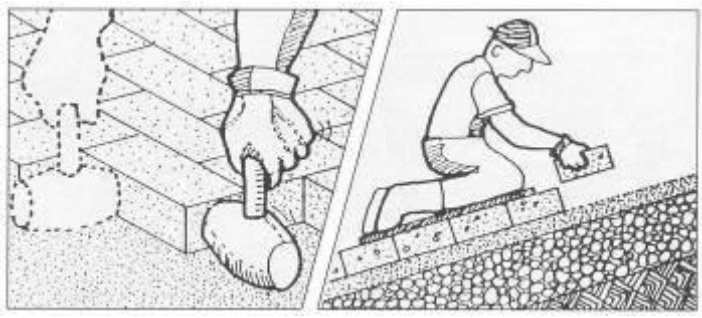


Figura 36 – Detalhe golpeamento bloco

Os blocos não devem ser golpeados verticalmente para que fiquem rentes entre si. Os golpes devem ser utilizados apenas para minimizar as juntas ou para corrigir o alinhamento. Em pistas inclinadas é aconselhável executar a colocação de baixo para cima.

Ajustes

Uma vez terminada a montagem de todos os blocos inteiros que caibam num trecho, deve-se colocar os de ajuste (frações de unidade) nos vazios juntos a confinamentos, estruturas de

drenagem etc. Estes ajustes são feitos com frações dos mesmos blocos inteiros colocados e com o mesmo alinhamento ou padrão de posicionamento do resto do pavimento. Existem três procedimentos para preparar os pedaços de blocos para ajustes, cada um dando faces de corte de qualidade diferente. Quanto melhor o plano de corte, mais cara é a sua obtenção e melhor será a sua aparência e o seu comportamento.

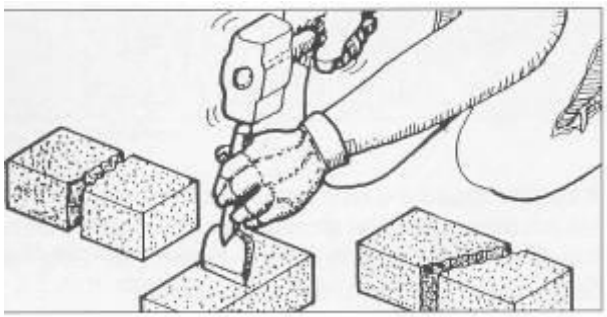


Figura 37 - Corte manual dos blocos

A forma mais simples de cortar o bloco é com talhadeira e marreta, apoiando a peça sobre um calço duro e dando um golpe seco. O fio da talhadeira deverá ter uma largura de 8 a 12 cm.

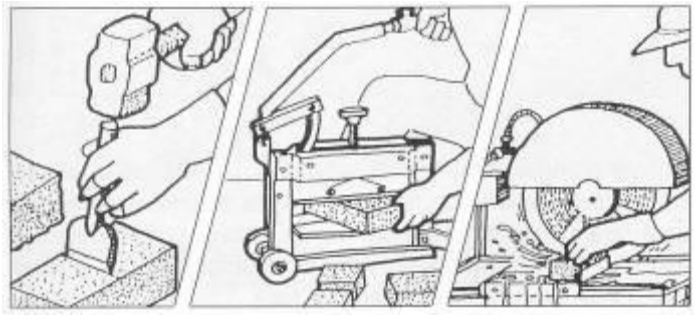


Figura 38 - Corte mecânico dos blocos

Uma outra maneira de produzir o corte da peça de ajuste é com o cisalhamento, entre duas lâminas, por golpe ou com auxílio de uma prensa (hidráulica ou parafuso). Por último, o corte de melhor qualidade é executado com serra circular munida de disco abrasivo e, estando o bloco preso numa morsa.

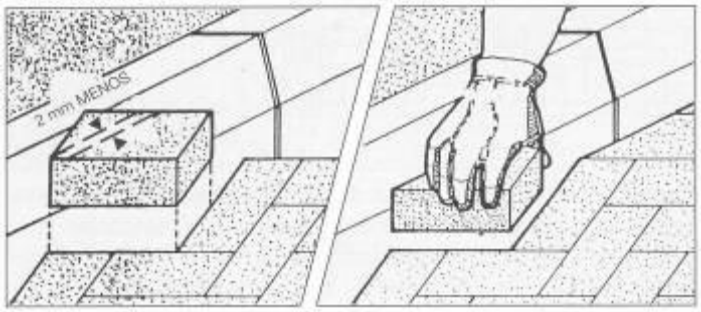


Figura 39 - Detalhe peça de ajuste

A peça de ajuste deve ser cortada 2 mm mais curta que o espaço a ser preenchido. O corte manual de ajustes muito pequenos é difícil. Para preencher os vazios de dimensões inferiores a ¼ do bloco, é melhor usar uma argamassa muito seca (1 parte de cimento por 4 partes de areia) sacada com força no vazio.

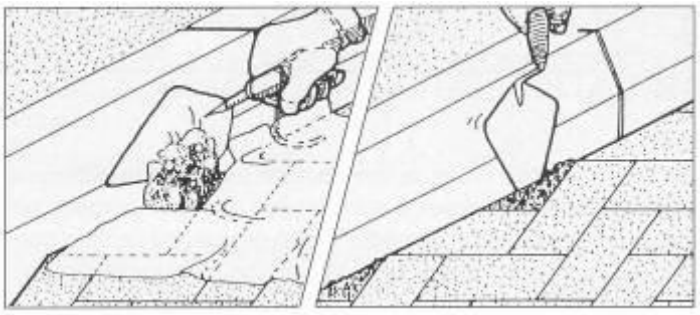


Figura 40 – Detalhe preenchimento com argamassa

No preenchimento com esta argamassa deve-se tomar cuidado de cobrir os blocos vizinhos com plástico ou papel grosso para evitar o seu manchamento. Após o endurecimento da argamassa esta proteção é retirada. A argamassa é compactada com soquete e rasada com colher de pedreiro.

Compactação inicial

A compactação inicial tem como funções: rasar os blocos pela face externa, dar início ao adensamento da camada de areia sob os blocos e induzir esta a penetrar, de baixo para cima,nas juntas entre as faces laterais de modo de produzir o seu intertravamento.

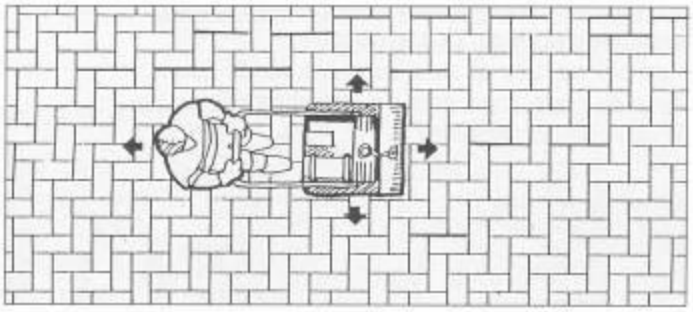


Figura 41 - Detalhe compactação blocos

Tanto a compactação inicial, como a compactação final realizada logo após o rejuntamento, devem ser realizadas com uma placa de vibrocompressão de tamanho comum. Evitar equipamentos muito potentes em pavimentos com blocos de 6 cm de espessura, pois podem provocar a sua quebra.

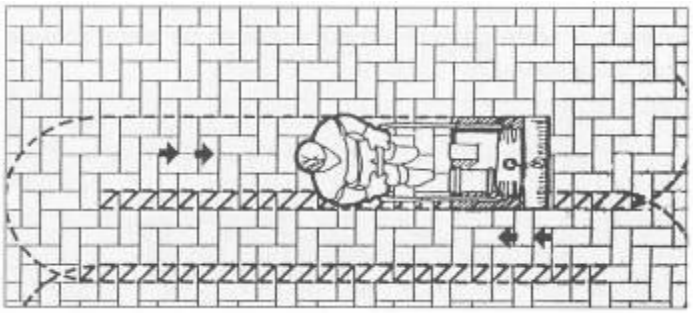


Figura 42 – Detalhe sentido de compactação blocos

Na compactação inicial se deve passar a vibrocompactadora, pelo menos, duas vezes, e em direções opostas: primeiro um circuito completo num sentido, e logo depois, no sentido contrário. Deve haver uma sobreposição dos percursos para evitar a formação de degraus.

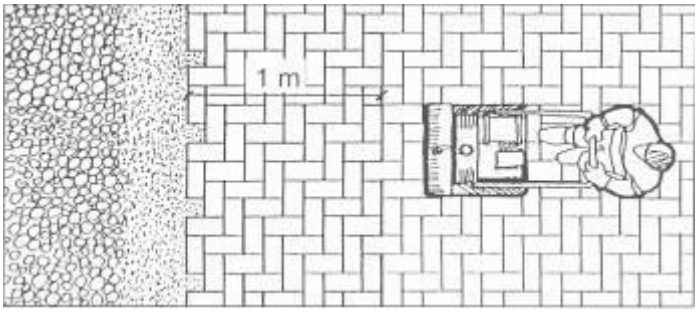


Figura 43 - Limite de compactação

A compactação e o rejuntamento com areia devem avançar até um metro antes de alcançar a extremidade livre não confinada em que prossegue a pavimentação. Esta faixa será compactada junto com o trecho seguinte.

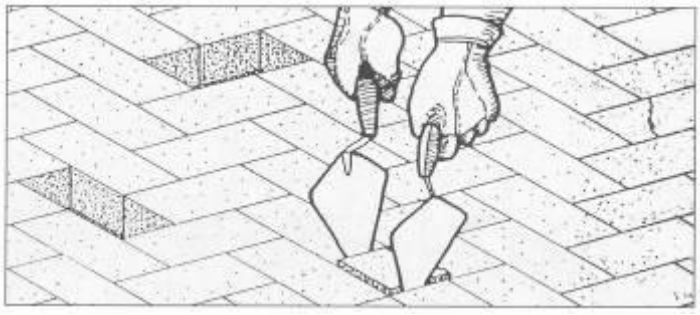


Figura 44 – Detalhe retirada de blocos danificados

Após a compactação inicial, retirar com auxílio de duas colheres de pedreiro ou chaves de fenda aqueles blocos que quebraram e substituí-los por novos. Esta operação deve ser executada antes do rejunte e da compactação final, porque nesta fase, essa atividade ainda é fácil.

Selagem das juntas

No Rejuntamento com areia é necessário para reduzir a percolação de água e garantir o funcionamento mecânico do pavimento. Isto obriga a utilizar material e mão-de-obra de boa qualidade na execução deste selo e da compactação final. Com rejunte mal feito os blocos

ficam soltos e o pavimento perde travamento, deteriorando rapidamente. Isto é valido tanto para pavimentos novos como para já existentes.



Figura 45 - Detalhe material para preenchimento de juntas

No rejunte deve ser utilizada areia fina com grãos menores do que 2,5 mm, do tipo utilizado para preparar rebocos de paredes. No instante da colocação, a areia deve estar bem seca e não conter cimento ou cal. Nunca utilizar argamassa, o que tornaria o rejunte muito quebradiço.



Figura 46 – Detalhe peneiramento areia para rejuntamento blocos

A areia deve ser passada por uma peneira de malha quadrada para retirar os grãos maiores do que 2,5 mm, os contaminantes e corpos estranhos e soltá-la, para que seque mais facilmente.

Quando muito molhado, a areia pode ser seca estendendo-a numa camada fina exposta ao solou coberta. Deve-se evitar a sua contaminação com o solo e ser freqüentemente remexida. De um modo geral, não são necessários mais de 3,5 litros de areia por m², ou seja, 1 m³ serve para selar 285 m² de pavimento.

A areia é posta sobre os blocos de concreto numa fina camada (insuficiente para cobri-los totalmente) e espalhada com uma vassoura até preencher completamente as juntas. A varrição pode ser alternada (desde que se disponha do pessoal suficiente) com a compactação final.

Compactação final e limpeza

A compactação final se destina a dar a firmeza definitiva ao pavimento e, portanto, não se deve economizar esforços na sua execução. Porém, mesmo que tenha sido muito bem executada, o tráfego posterior continuará compactando a areia das juntas e acomodando os blocos.

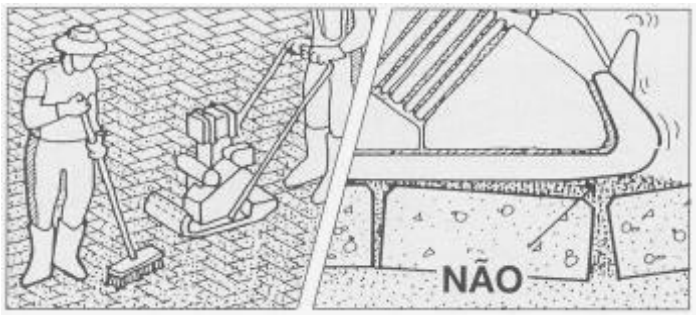


Figura 47 - Detalhe compactação final

A compactação final se executa com o mesmo equipamento e da mesma forma que a inicial. Apenas que a varrição pode ser alternada ou simultânea com a compactação. Deve evitar-se que a areia grude na superfície dos blocos e nem forme protuberâncias que afundem excessivamente os blocos quando a vibrocompactadora passar sobre eles.

Deverão ser feitos, pelo menos, quatro passadas, em diversas direções, com a placa vibrocompressora e sobreposicionando parcialmente os percursos sucessivos. Encerrada esta operação o pavimento pode ser aberto ao tráfego.

O excesso da areia para rejunte deve ser deixado sobre o pavimento umas duas semanas, de modo que o próprio tráfego contribua para completar o selado das juntas. Evidentemente que isto só é recomendável na ausência de chuvas, quando a frenagem não for dificultada ou a poeira não incomodar.

Caso isto não seja possível, deverá ser realizada a varrição final e aberta ao tráfego. Uma ou duas semanas depois o empreiteiro deverá voltar para refazer a selagem e nova varrição. Não será permitido jogar água sobre o pavimento antes de um mês.

Uso e manutenção

Cada pavimento tem seus cuidados característicos, diferentes entre si, tanto na utilização como na manutenção. Por este motivo é importante que as autoridades que dispõem de pavimentos de blocos de concreto saibam como cuidar deles corretamente, identificar os problemas e danos, de modo que os técnicos possam ordenar, em tempo hábil, os reparos requeridos. Desta maneira os pavimentos serão permanentemente cômodos para os usuários e mais econômicos para a comunidade.

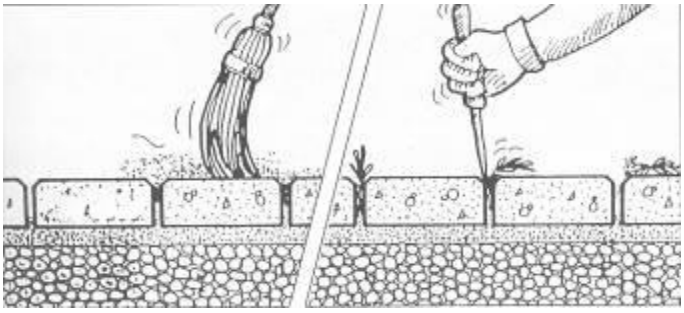


Figura 48 – Detalhe manutenção blocos intertravaods

Para que uma junta intertravada funcione bem, é necessário que ela permaneça permanentemente cheia. Caso fique vazia em mais de 1 cm deve ser averiguada a causa deste fato, corrigir a anomalia e novamente preenchê-la e completar o procedimento descrito anteriormente. A grama nas juntas não atrapalha e pode ser eliminada com ferramenta adequada.

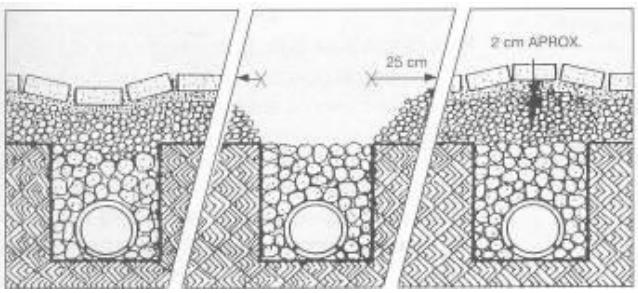


Figura 49 - Detalhe de manutenção em rede sob pavimento de bloco

Em pavimentos que afundam devido a danos nas redes de tubulações ou falta local de compactação, os blocos devem ser retirados, a anomalia consertada e a área afetada repavimentada. Neste caso, o nível da base compactada deve ficar uns 2 cm mais alta para que com a consolidação posterior, o pavimento fique rente ao resto da superfície.

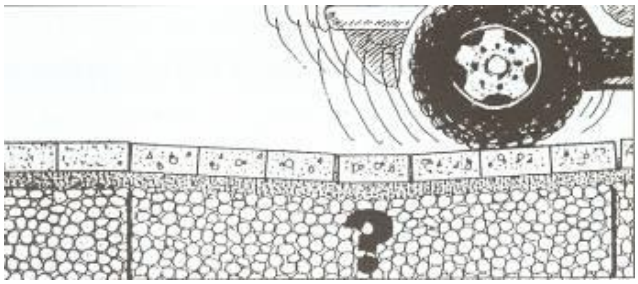


Figura 50 – Detalhe de ondulações no pavimento

Pavimentos que ao longo do tempo apresentam ondulações revelam que foram construídos sobre bases de qualidade portante insuficiente, sobre subleitos instáveis ou que estão submetidos a tráfegos superiores aos previstos. A causa da disfunção deve ser pesquisada e a anomalia eliminada antes de repavimentar.

O pavimento de blocos pré-moldados de concreto deve ser limpo apenas com varrição, sendo permitido apenas esporadicamente o esguicho com água. Os vizinhos do pavimento devem ficar informados que a areia das juntas não constitui sujeira e é necessária para o seu correto funcionamento.

5.1.3.4 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

- ES 141/2010 - Base de solo estabilizado granulometricamente;
- ES 137/2010 - Regularização do Subleito.
- ABCP – ET27 – Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto
- NBR 15953/2011 – Pavimento intertravado com blocos de concreto

5.1.4 ESPECIFICAÇÕES DE SINALIZAÇÃO

5.1.4.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização rodoviária horizontal refere-se às marcas, símbolos, legendas e tachas aplicados na superfície da pista de uma rodovia, seguindo um projeto específico. Essa sinalização tem como objetivo proporcionar condições seguras e confortáveis para os usuários da rodovia.

A fase de execução da sinalização horizontal engloba as etapas de limpeza do pavimento, pré-marcação e pintura. A limpeza deverá ser executada de modo a eliminar qualquer tipo de material que possa prejudicar a aderência do produto aplicado no pavimento. A pré-marcação deverá seguir as cotas do projeto e o alinhamento dos pontos locados. A locação deverá ser feita com base no projeto da sinalização. Para execução da sinalização definitiva em pavimentos novos a aplicação deverá ser feita após um período de cura. A pintura consiste na aplicação do material por equipamentos adequados e em conformidade com o alinhamento fornecido pela pré-marcação e pelo projeto de sinalização.

5.1.4.2 SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização rodoviária vertical é constituída por placas e painéis montados sobre suportes, na posição vertical, implantados ao lado ou sobre a rodovia, por meio dos quais são fornecidas mensagens de caráter permanente e, eventualmente temporário, através de legendas e símbolos legalmente instituídos, com propósito de regulamentar, advertir e indicar o uso das vias para condutores de veículos e pedestres da forma mais segura e eficiente.

Considerando o disposto no Código de Trânsito Brasileiro, que exige sinais com perfeita visibilidade e legibilidade durante o dia e à noite, todos os sinais devem ser confeccionados com material refletivo.

Inicialmente deverá ser feito o levantamento da área para verificação das condições do local de implantação das placas. Posteriormente deverá ser realizada uma limpeza no local de forma a garantir a visibilidade do sinal a ser implantado. Após a limpeza deverá ser realizada a marcação da localização dos dispositivos e a distribuição das placas nos pontos, de acordo com o projeto de sinalização (SIN-01).

Qualquer interferência do projeto de sinalização com a rede de distribuição de concessionária deve ser imediatamente comunicada à Fiscalização.

5.1.4.3 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE SINALIZAÇÃO

- ES 100/2009 - Sinalização horizontal;
- ES 101/2009 - Sinalização vertical.

6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Apresenta-se a seguir as ART dos responsáveis técnicos pelo presente projeto.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-ES

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

ART de Obra ou Serviço

0820250227494

ART de Equipe

1. Responsável Técnico

THIAGO GOMES BONOMO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL,ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO - CIVIL**

RNP: 0807119334
Registro: ES-018427/D
Registro: 9950

Empresa contratada: AVANTEC ENGENHARIA LTDA

2. Dados do Contrato

Contratante: **MUNICIPIO DE FUNDAO** CPF/CNPJ: **27165182000107**
Rua: RUA SAO JOSE Nº: 135
Complemento: CEP: 29185000
Cidade: FUNDÃO UF: ES Bairro: CENTRO
Telefone: 2732671724
Contrato: 140/2025 Nº do Aditivo: 0
Valor do Contrato/Honorários: R$1,00 Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: RUA DUÍLIO SCARTON Nº: SN
Complemento: Bairro: OSÉIAS Quadra Lote
Cidade: FUNDÃO UF: ES CEP: 29185000
Data de início: 09/10/2025 Prev. Término: 09/10/2026 Coord. Geogr.: ,
Proprietário: MUNICIPIO DE FUNDAO CPF/CNPJ:27165182000107

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): 0 **Nº Pavimento(s):** 0 **Dimensão/Quantidade:** 795,35 **Unidade de medida:** M

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): 35 - 5.1 - ELABORAÇÃO DE PROJETO

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: 103 - AUTORIA

NÍVEL: 104 - EXECUÇÃO

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): 9111 - SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS (ESPECIFICAR NO CAMPO 22)

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: 199 - OUTRAS OBRAS/SERVIÇOS,223 - TERRAPLENAGEM,305 - ARRUAMENTO,309 - PAVIMENTAÇÃO

PROJETO(S)/SERVIÇO(S): 9 - ESTUDO GEOTÉCNICO,14 - PROJETO TERRAPLE.DRENAGEM /PAVIMENTAÇÃO,17 - PROJETO DE SINAL.VERTICAL,HORIZONTAL,18 - OUTROS PROJETOS/SERVIÇOS

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

ELABORAÇAO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS RUAS DUÍLIO SCARTON E JOÃO SACCANI, NOS BAIRROS OSÉIAS E SANTO ANTÔNIO, CONFORME O CONTRATO N. 140/2025, FIRMADO COM O MUNICIPIO.

6. Declarações

_____
Profissional

_____
Contratante

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

NENHUMA ENTIDADE

8.Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

_____, _____ de _____ de _____
Local Data

_____
THIAGO GOMES BONOMO - CPF: 05772065750

_____
MUNICIPIO DE FUNDAO - CPF/CNPJ: 27165182000107

9. Informações

- **A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.**
- **A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confea.org.br**
- **A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.**