



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Infraestrutura

Elaboração de Projetos de Engenharia

Rodovia: CE-417, Trecho: Entr. CE -417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

Extensão de 0,5 km;

Rodovia: Vicinal, Trecho: Entr. CE -417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes

Extensão de 1,28 km;

Rodovia: Vicinal, Trecho: Entr. CE -417 – Acesso a Av. Dr. Guarani

Extensão de 3,10 km;

Rodovia: Vicinal, Trecho: Entr. CE -417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo

Extensão de 1,01 km.

VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO **(Projeto Básico)**

Fortaleza
Fevereiro/2022



ÍNDICE

ÍNDICE

1 – APRESENTAÇÃO	4
2 - MAPAS DE SITUAÇÃO	6
3 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	8
3.1 - INTRODUÇÃO	9
3.2 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	9
3.3- SERVIÇOS EXECUTADOS	9
3.3.1 Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	9
3.3.2 Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	9
3.3.3 Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	9
3.3.4 Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	10
3.4 – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO TOPOGRÁFICO	13
4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	15
4.1 - INTRODUÇÃO	16
4.2 - METODOLOGIA	16
4.2.1 – Intensidade da Chuva (I)	16
4.2.2 – Precipitação (P)	16
4.2.3 – Tempo de Concentração (Tc)	17
4.2.4 – Tempo de Recorrência (Tr)	17
4.3 - VAZÕES DE PROJETO	18
4.4 – CÁLCULOS ELABORADOS	22
5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS	35
5.1 - INTRODUÇÃO	36
5.2 – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	36
5.3 - SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS	39
5.4 – APRESENTAÇÃO	42
6 – PROJETO GEOMÉTRICO	43
6.1 - INTRODUÇÃO	44
6.2 - TRAÇADO PROJETADO	44
6.3 - APRESENTAÇÃO	62
7 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM	62
7.1 - INTRODUÇÃO	63
7.2 - CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO	63
7.3 - SEÇÕES TRANSVERSAIS TIPO E TALUDES	64
7.4 - NOTAS DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM	66
7.5 - CUBAÇÃO DOS VOLUMES	66
7.6 - EMPRÉSTIMOS	67
7.7 - DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS	67
8 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	68
8.1 - INTRODUÇÃO	69
8.2 - ELEMENTOS BÁSICOS	69
8.3 - DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	70
8.4 - CONCEPÇÃO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	70
8.5 - DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS NAS CAMADAS DO PAVIMENTO	73
8.6 – DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE	75
9 - PROJETO DE DRENAGEM	82
9.1 - INTRODUÇÃO	83
9.2 - METODOLOGIA	83
9.3 – DIMENSIONAMENTO	87
9.4 – DIMENSIONAMENTO	93
10 - PROJETO DE INTERSEÇÕES	96



10.1 - INTRODUÇÃO	97
10.2 – INTERSECÇÕES PROJETADAS	97
10.3 – DEMAIS INTERFERÊNCIAS	97
10.4 - APRESENTAÇÃO.....	98
11 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO E OBRAS COMPLEMENTARES	99
11.1 - INTRODUÇÃO.....	100
11.2 - SINALIZAÇÃO VERTICAL.....	100
11.3 - SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	101
11.4 - OBRAS COMPLEMENTARES.....	103
11.5 - APRESENTAÇÃO.....	105
12 – PROJETO DE RECUPERAÇÃO E CONTROLE AMBIENTAL.....	106
12.1 – INTRODUÇÃO	107
12.2 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	108
12.3 – LEVANTAMENTO DE PASSIVOS AMBIENTAIS.....	116
12.4 – IDENTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS MITIGADORAS.....	116
12.5. PROGNÓSTICO AMBIENTAL	127
12.6. PLANOS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	128
12.7 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL / ESTADUAL / MUNICIPAL	165
12.8 – CONCLUSÃO	175
12.9 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	176
13 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	178
13.1 - INTRODUÇÃO.....	179
13.2 - ESPECIFICAÇÕES GERAIS	179
ANEXOS.....	181



1 – APRESENTAÇÃO



1 - APRESENTAÇÃO

A **Secretaria de Infraestrutura - SEINFRA**, vem através deste, apresentar o Volume 1 – Relatório dos Projetos e Documentos para Concorrência referente à:

- 1) Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia da Rodovia: CE-440, **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**, com extensão de **0,5 km**;
- 2) Elaboração do Projeto de Engenharia da Rodovia: Vicinal, **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**, com extensão de **1,28 km**;
- 3) Elaboração do Projeto de Engenharia da Rodovia: Vicinal, **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**, com extensão de **3,10 km** lado direito e **1,07 km** lado esquerdo;
- 4) Elaboração do Projeto de Engenharia da Rodovia: Vicinal, **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**, com extensão de **1,01 km**.

O Projeto Básico é composto dos seguintes volumes:

- Volume 1 – Relatório do Projeto (tamanho A-4);
- Volume 2 – Projeto de Execução (tamanho A-3);
- Volume 2A – Notas de Serviço e Cálculo de Volumes (tamanho A-4);
- Volume 2B – Estudos Geotécnicos (tamanho A-4);
- Volume 4 – Orçamento e Memória de Cálculo (tamanho A-4);

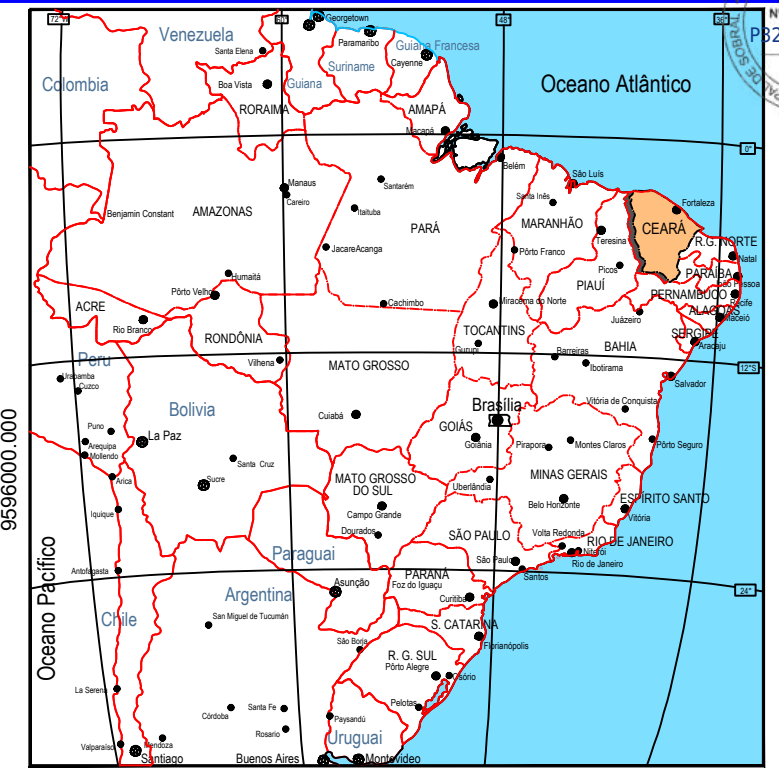
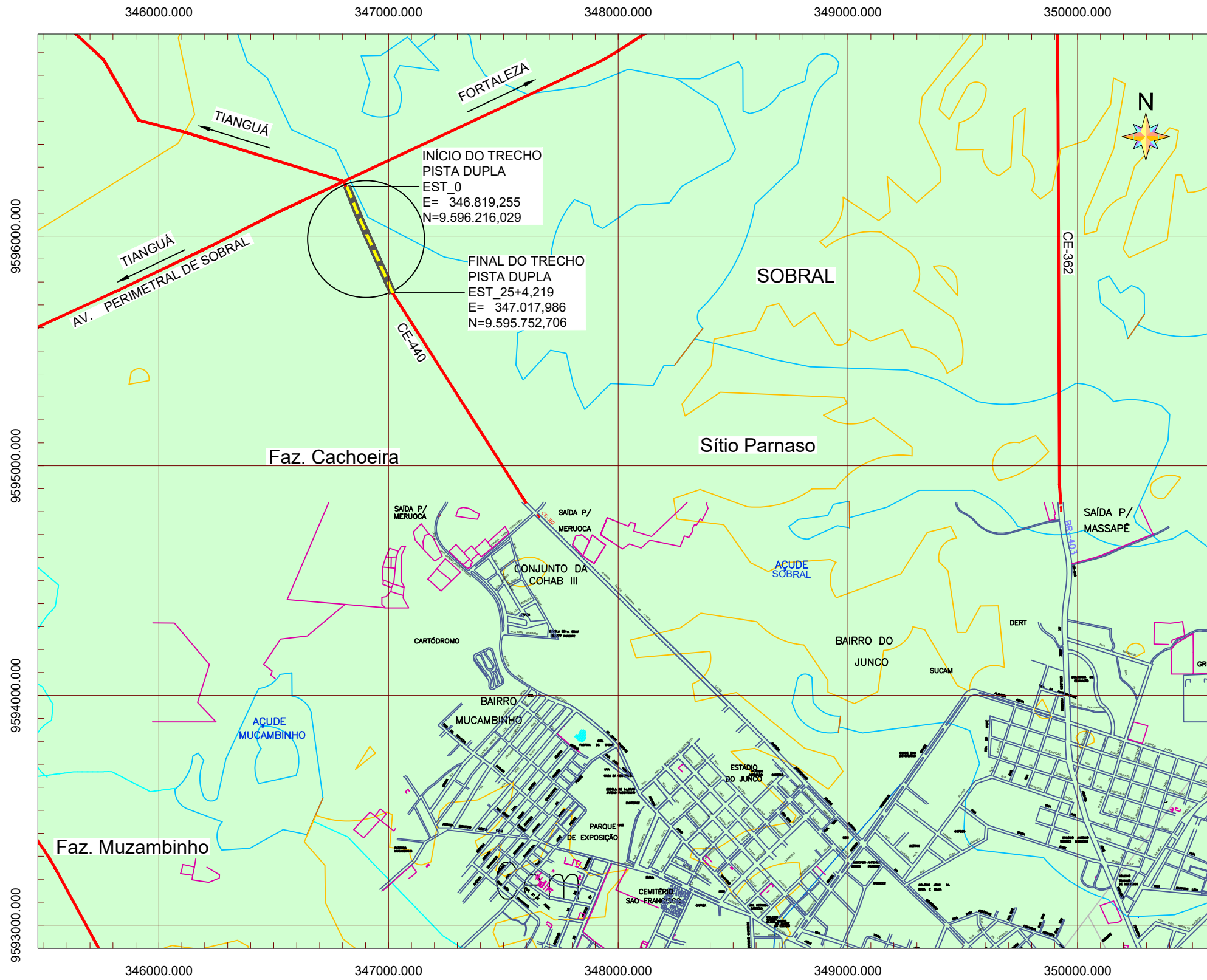
Atenciosamente,

Secretaria de Infraestrutura

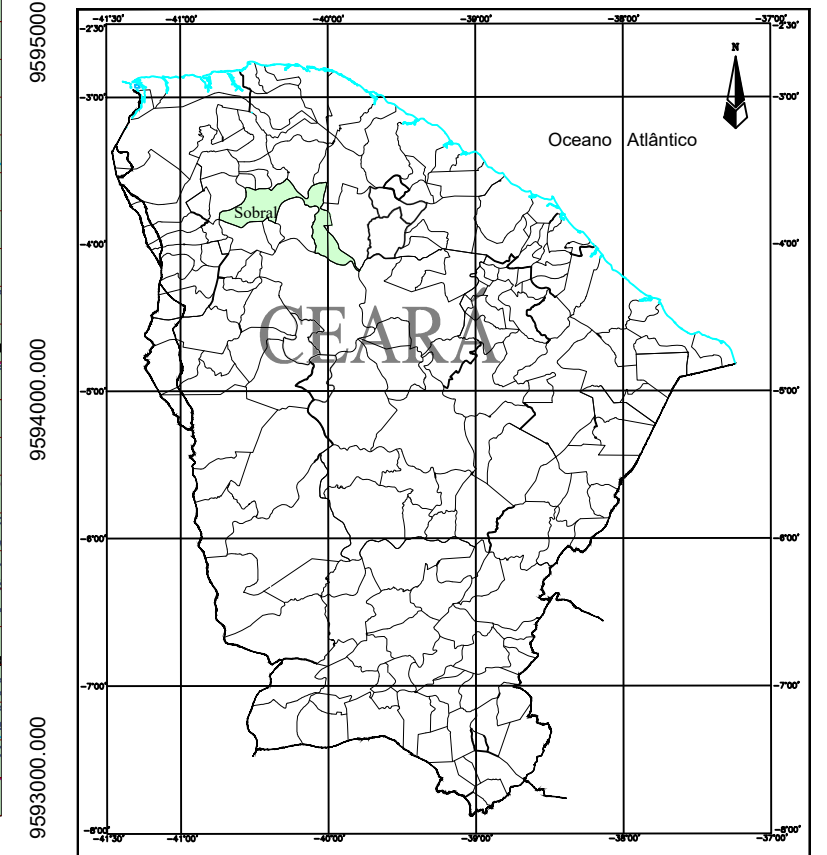


2 - MAPAS DE SITUAÇÃO

MAPA DE SITUAÇÃO



Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala

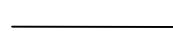


Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala

FONTE: SUDENE

SINAIS CONVENCIONAIS

- Área Urbana
- Revestimento sólido
- Revestimento solto
- Caminho. Trilha
- Limite Municipal



Ponto Cotado

Curso d'água intermitente

Lagoa intermitente

Açudes

Curva de Nível

x792

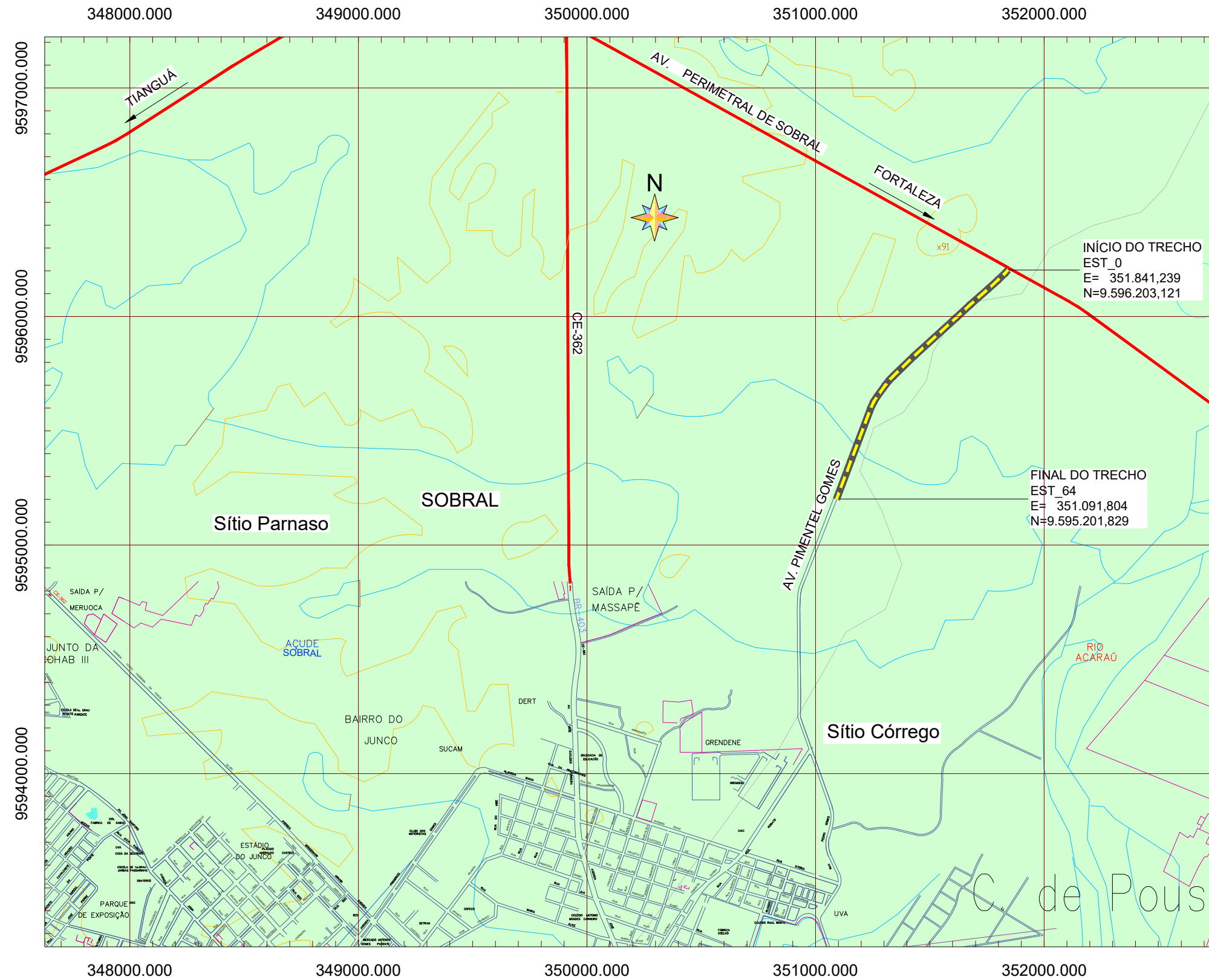


Trecho em Estudo



DATA DA REVISÃO	OBSERVAÇÕES
-	-
02/2022	- PRIMEIRA EMISSÃO
SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA	
SEINFRA	
RODOVIA : CE-440 TRECHO: ENTR. CE-417 - CONFLUÊNCIA COM AS AVENIDAS JOHN SANFORD E CLETO FERREIRA DA PONTE	
MAPA DE SITUAÇÃO	
ESCALA: H = 1/20.000 ARQUIVO: 1.1_MAPA-SITUAÇÃO.dwg	DATA: 02/2022 DESENHISTA: YGHOR PRANCHA Nº: 01/01

MAPA DE SITUAÇÃO



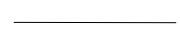
INÍCIO DO TRECHO
EST_0
E= 351.841,239
N=9.596.203,121

FINAL DO TRECHO
EST_64
E= 351.091,804
N=9.595.201,829

FONTE: SUDENE

SINAIS CONVENCIONAIS

- Área Urbana
- Revestimento sólido
- Revestimento solto
- Caminho. Trilha
- Limite Municipal



Ponto Cotado

Curso d'água intermitente

Lagoa intermitente

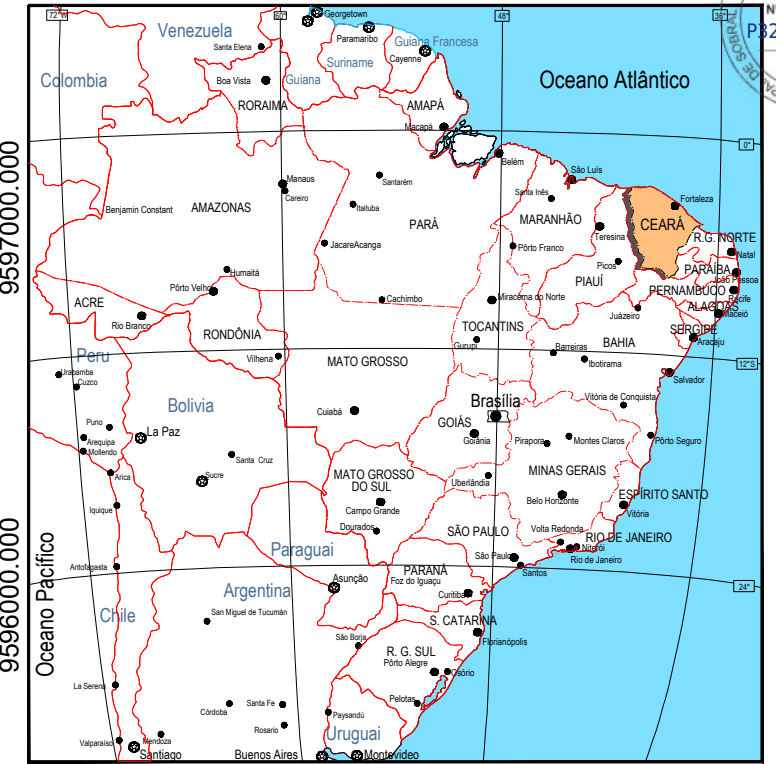
Açudes

Curva de Nível

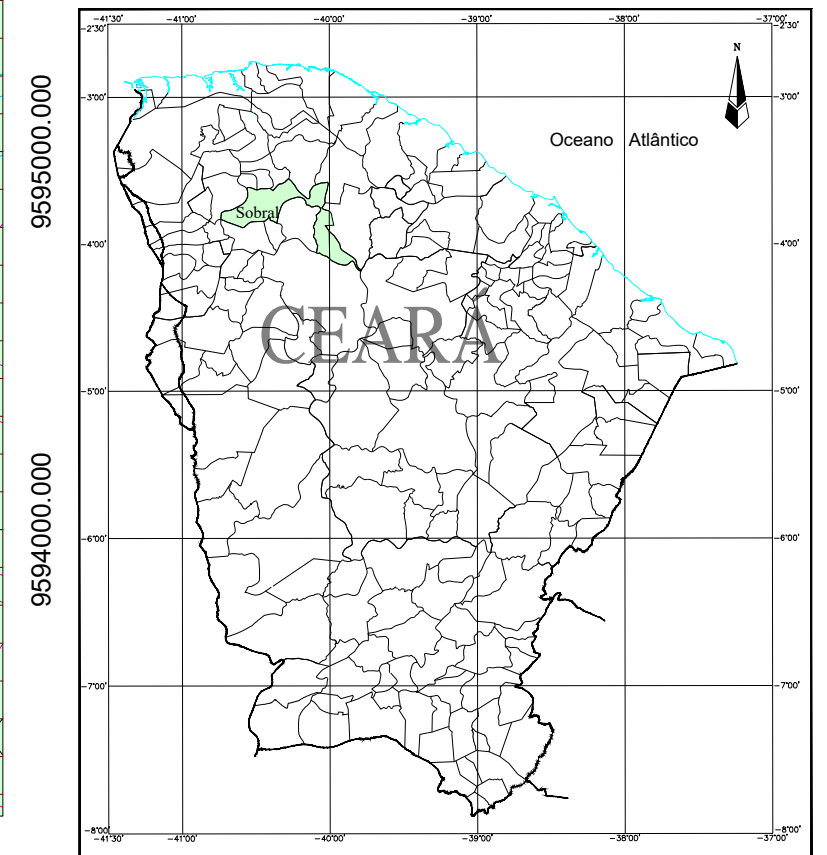
x792



Trecho em Estudo



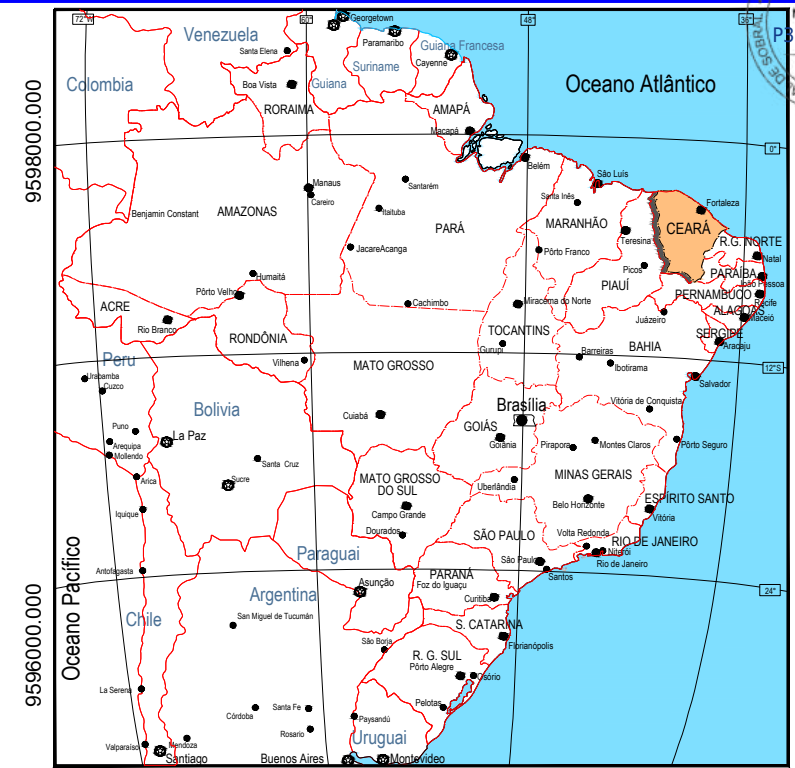
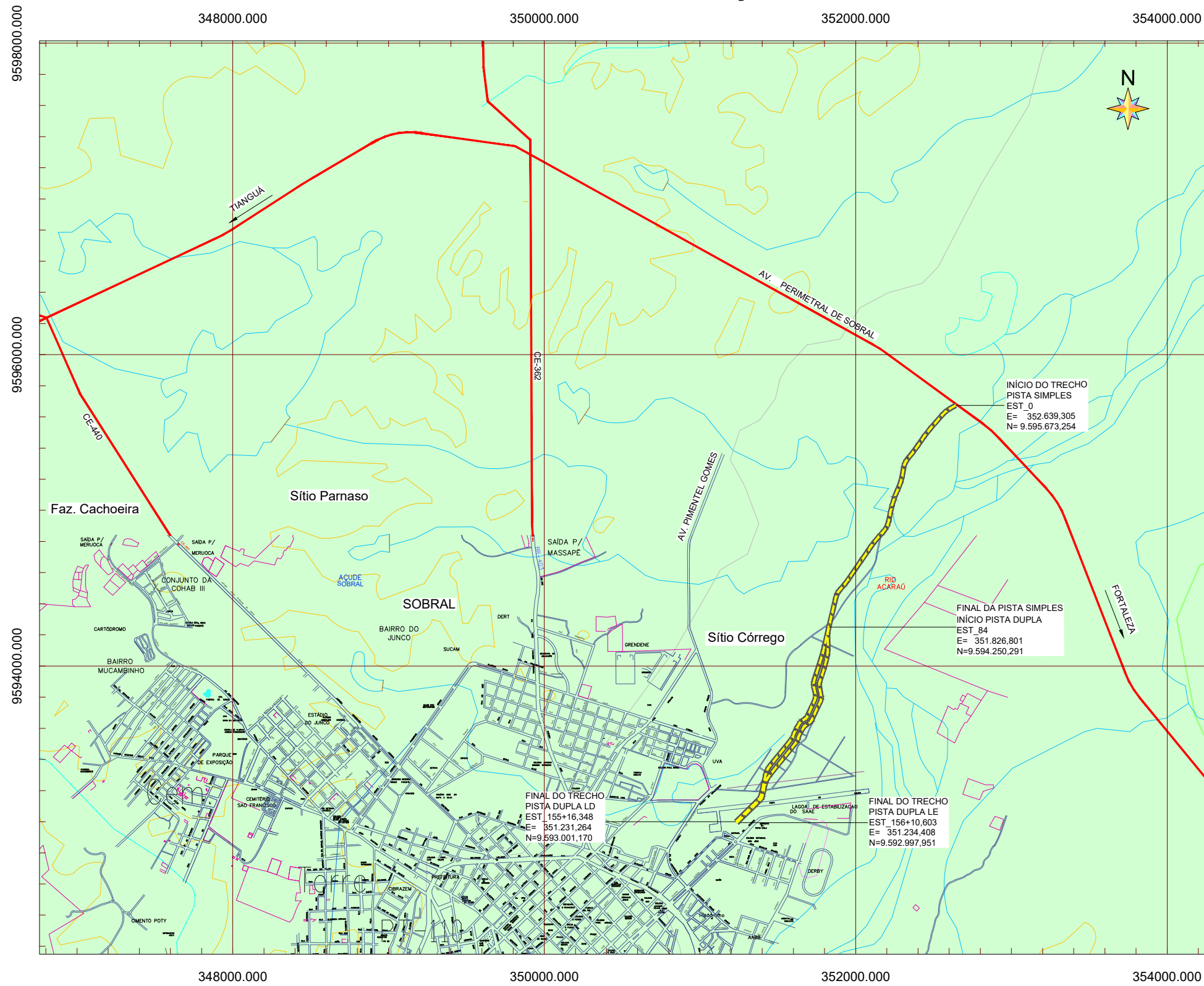
Localização da Obra no Contexto Nacional
Sem Escala



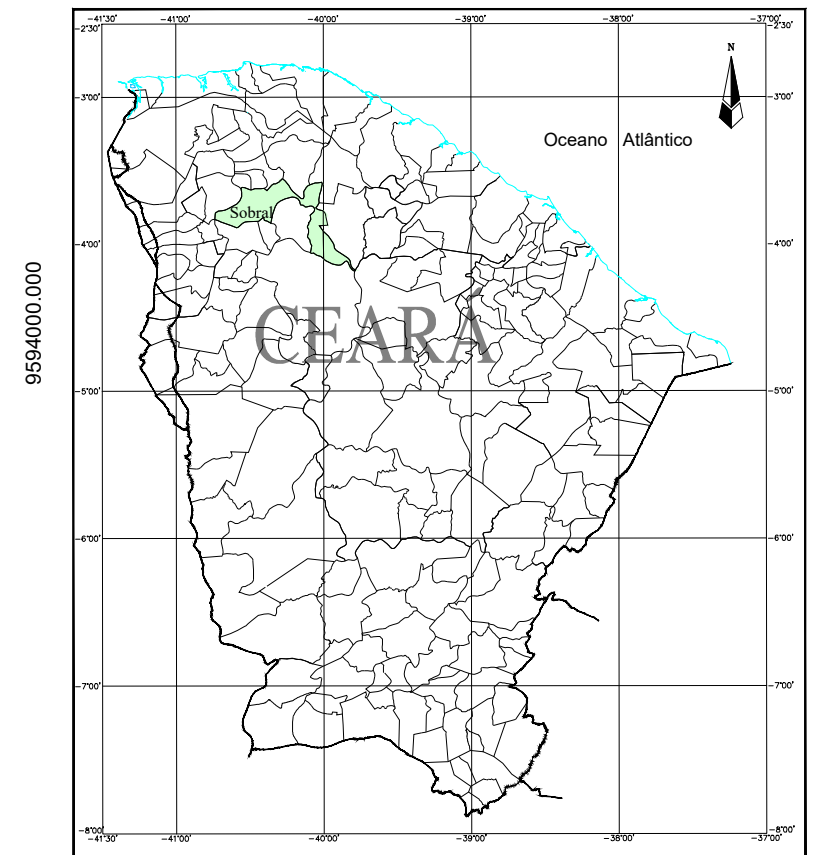
Localização da Obra no Contexto Nacional
Sem Escala

DATA DA REVISÃO	OBSERVAÇÕES		
-	-		
02/2022	- PRIMEIRA EMISSÃO		
SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA		SEINFRA	
RODOVIA : VICINAL		MAPA DE SITUAÇÃO	
TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. PIMENTEL GOMES		ESCALA: H = 1/20.000	DATA: 02/2022
		DESENHISTA: YGHOR	PRANCHA Nº 01/01
		ARQUIVO: 1.1_MAPA-SITUAÇÃO.dwg	

MAPA DE SITUAÇÃO



Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala

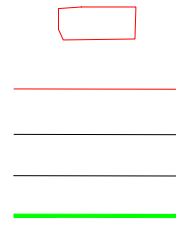


Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala

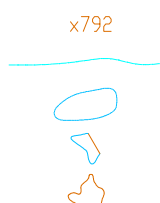
FONTE: SUDENE

SINAIS CONVENCIONAIS

- Área Urbana
- Revestimento sólido
- Revestimento solto
- Caminho. Trilha
- Limite Municipal




- Ponto Cotado
- Curso d'água intermitente
- Lagoa intermitente
- Açudes
- Curva de Nível

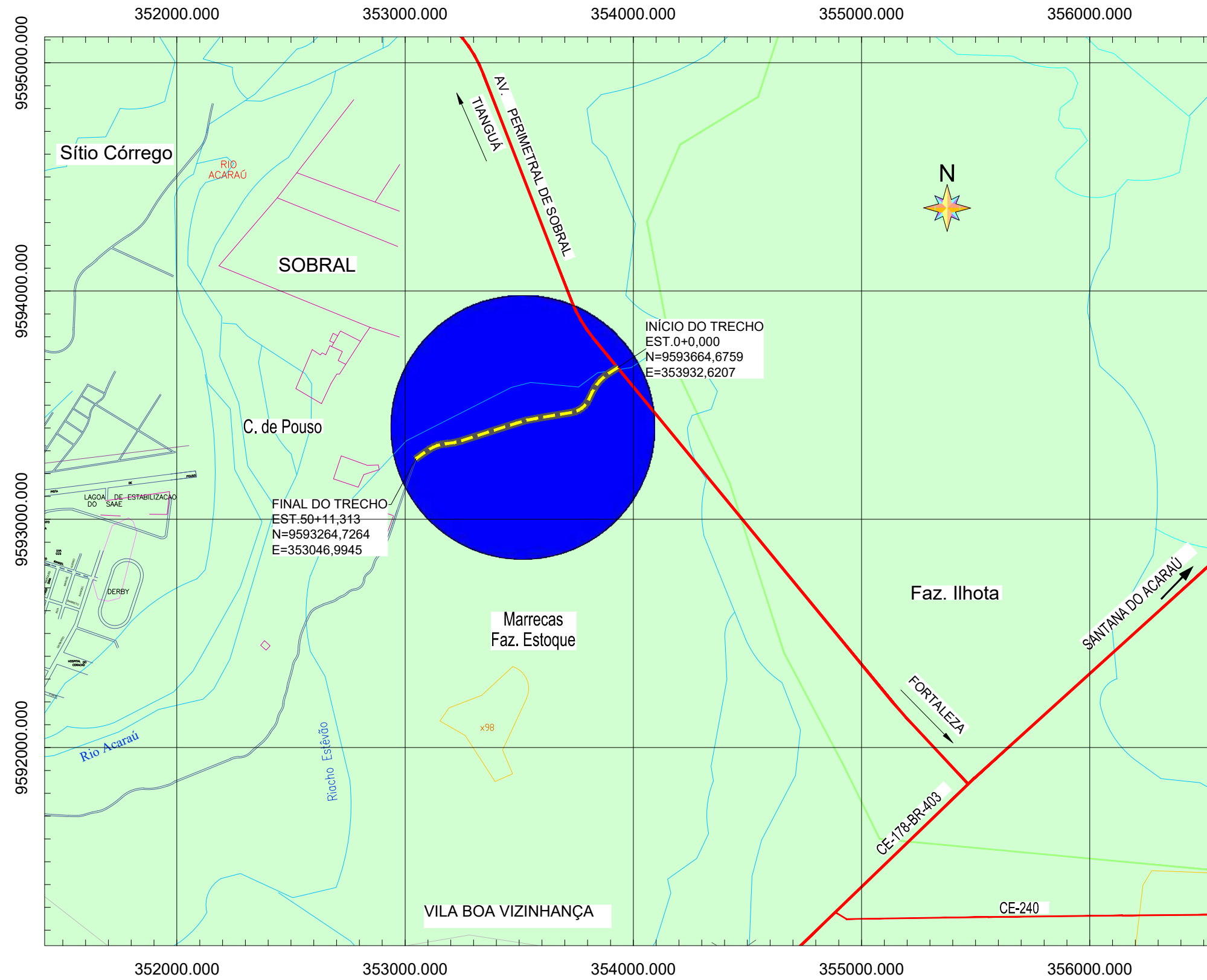


Trecho em Estudo



DATA DA REVISÃO	OBSERVAÇÕES		
-	-		
03/2022	- PRIMEIRA EMISSÃO		
SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA		SEINFRA	
RODOVIA : VICINAL		MAPA DE SITUAÇÃO	
TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. DR. GUARANI		ESCALA: H=30.000	DATA: 03/2022
		ARQUIVO: 1.1_MAPA-SITUAÇÃO.dwg	DESENHISTA: YGHOR
		PRANCHA Nº 01/01	

MAPA DE SITUAÇÃO



FONTE: SUDENE

SINAIS CONVENCIONAIS

- Área Urbana
- Revestimento sólido
- Revestimento solto
- Caminho. Trilha
- Limite Municipal



Ponto Cotado

Curso d'água intermitente

Lagoa intermitente

Açudes

Curva de Nível

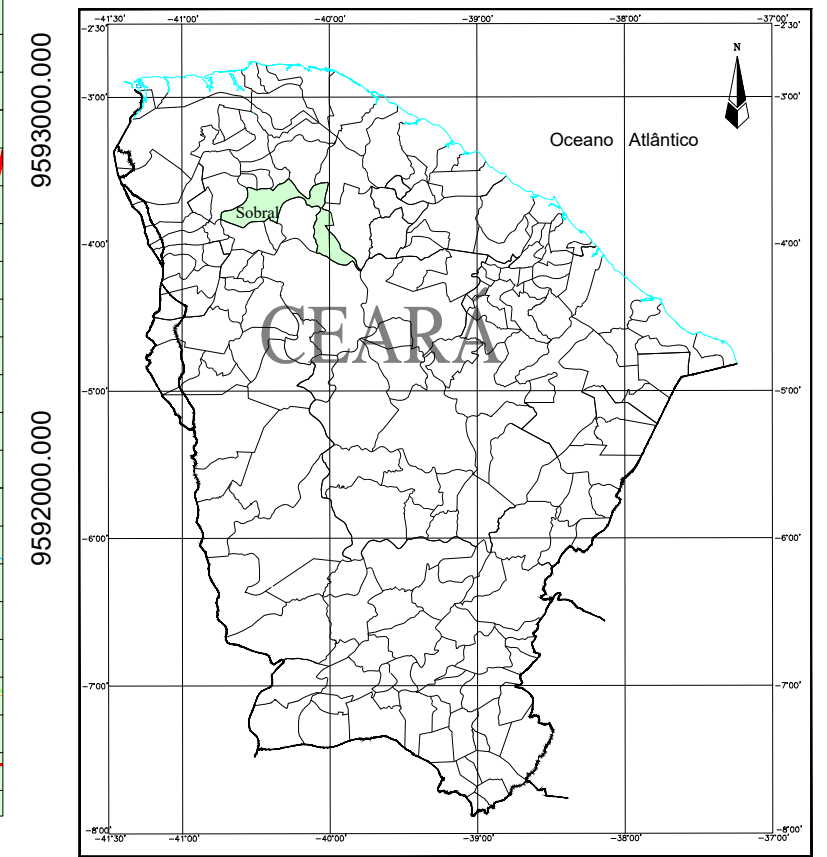
x792



Trecho em Estudo



Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala



Localização da Obra no Contexto Nacional Sem Escala

DATA DA REVISÃO	OBSERVAÇÕES		
-	-		
02/2022	- PRIMEIRA EMISSÃO		
SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA		SEINFRA	
RODOVIA : VICINAL TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. MARIA DA CONCEIÇÃO PONTES DE AZEVEDO		MAPA DE SITUAÇÃO	
	ESCALA:	DATA:	DESENHISTA:
	1:20.000	02/2022	YGHOR
ARQUIVO:	1.1_MAPA-SITUAÇÃO.dwg		PRANCHA Nº
			01/01



3 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

3 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

3.1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Topográficos foram executados de acordo com as *Instruções de Serviço para Estudo Topográfico para Implantação e Pavimentação de Rodovias (IS-05)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

3.2 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Rastreamento de Coordenadas e Locação de Eixo → executada com GPS Geodésico Epoch 50 RTK auxiliado por Estação Total marca NIKKON 332 S.

- Nivelamento e Contranivelamento → realizados com GPS Geodésico Epoch 50 RTK auxiliado por nível automático marca WILD NAK-1 e mira de alumínio com marcações de 1 cm.

3.3- SERVIÇOS EXECUTADOS

3.3.1 Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

No Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral.

A estaca final 25+4,219 foi implantada na Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte, resultando em uma extensão final de 0,5 km.

3.3.2 Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes

No Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral.

A estaca final 64 foi implantada na Av. Pimentel Gomes, resultando em uma extensão final de 1,28 km.

3.3.3 Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani

No Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral.

A estaca final 155+17,968 foi implantada na Av. Dr. Guarani, resultando em uma extensão final de 3,10 km lado direito e 1,07 km lado esquerdo, entre as estacas 85 + 10 e 139 foi projetado uma pista do lado esquerdo e direito do riacho existente.

3.3.4 Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo

No Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral.

A estaca final 50+11,313 foi implantada na Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo, resultando em uma extensão final de 1,01 km.

► Implantação de Marcos de Apoio – Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS Geodésico, 04 (quatro) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, em locais pré-definidos estrategicamente e denominados de Amarração – AM-01 a AM-04.

Quadro 01 – Amarrações

RODOVIA: CE-417		TRECHO: ENTR. CE-417 - CONFLUÊNCIA C/ AS AV. JOHN SANFORD E CLETO FERREIRA DA PONTE				EXTENSÃO: 0,5 KM
NÚMERO	ESTACA	DISTÂNCIA	LADO	COORDENADAS		COTA (M)
				E	N	
AM-01	0	49,1	LE	346.847,40	9.596.256,23	87.328
AM-02	0+14,376	0,4	LE	346.824,94	9.596.202,82	86.573
AM-03	25+17,338	0,7	LE	347.015,85	9.595.759,28	83.442
AM-04	25+4,219	37,32	LD	347.026,69	9.595.716,42	83.442

► Implantação de Marcos de Apoio – Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS Geodésico, 04 (quatro) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, em locais pré-definidos estrategicamente e denominados de Amarração – AM-01 a AM-04.

Quadro 02 – Amarrações

RODOVIA: VICINAL		TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. PIMENTEL GOMES				EXTENSÃO: 1,28 KM
NÚMERO	ESTACA	DISTÂNCIA	LADO	COORDENADAS		COTA (M)
				E	N	
AM-01	10+19,730	4,25	LD	351.893,12	9.596.174,83	60.723
AM-02	0+5,640	61,78	LD	351.792,01	9.596.240,87	63.510
AM-03	63+19,715	12,78	LE	351.103,87	9.595.197,59	50.431
AM-04	64	56,95	LD	351.065,02	9.595.151,58	53.191

► **Implantação de Marcos de Apoio – Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS Geodésico, 06 (seis) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, em locais pré-definidos estrategicamente e denominados de Amarração – AM-01 a AM-06.

Quadro 03 – Amarrações

RODOVIA: VICINAL		TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. DR. GUARANI				EXTENSÃO: 3,10 KM
NÚMERO	ESTACA	DISTÂNCIA	LADO	COORDENADAS		COTA (M)
				E	N	
AM-01	2+0,974	96,4	LD	352.554,90	9.595.736,02	50.568
AM-02	0	102,61	LE	352.727,31	9.595.620,47	51.140
AM-03	132+4,897	0,38	LE	351.512,87	9.593.381,00	48.102
AM-04	134+13,596	7,23	LE	351.488,10	9.593.338,38	47.930
AM-05	144+19,375	2,88	LD	351.382,78	.593.155,341	47.735
AM-06	149+0,079	3,74	LE	351.347,86	9.593.097,22	48.601

► **Implantação de Marcos de Apoio – Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS Geodésico, 04 (quatro) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, em locais pré-definidos estrategicamente e denominados de Amarração – AM-01 a AM-04.

Quadro 04 – Amarrações

RODOVIA: VICINAL		TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. MARIA DA CONCEIÇÃO PONTES DE AZEVEDO				EXTENSÃO: 1,01 KM
NÚMERO	ESTACA	DISTÂNCIA	LADO	COORDENADAS		COTA (M)
				E	N	
AM-01	0	63,65	LE	353.895,83	9.593.716,62	48.694
AM-02	0	66,65	LD	353.972,11	9.593.611,01	48.566
AM-03	50+11,313	10,7	LD	353.040,60	9.593.256,15	47.452
AM-04	50+11,313	68,7	LE	353.009,54	9.593.207,12	47.742

► **Transporte de Coordenadas e Cotas**

Utilizando um GPS Geodésico Epoch 50 RTK, foi executado um sistema de triangulação, utilizando como vértices, a Estação Planimétrica SAT 92.447 (IBGE), localizada nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em Campina Grande, Paraíba e a estação SAT 96.552 (IBGE), situada no prédio da Superintendência Regional do INCRA, em Teresina, Piauí, que serviram de base para transportar coordenadas e cotas para as amarrações implantadas no início do trecho.

O cálculo e o ajustamento das coordenadas das determinações do GPS foram efetuados por programas específicos, sobre Sistema de Proteção UTM (Universal Transverso de Mercator), utilizando-se o datum horizontal WGS-84 (World Geodetic System).

3.3.5 Locação do Eixo de Referência

As locações dos eixos de referência dos trechos em análise foram executadas com estaqueamento a cada 20 metros.

Os pontos locados foram materializados através de pinturas no bordo direito da pista existente, acompanhados de suas respectivas estacas testemunhas, pintadas com o número correspondente junto à respectiva estaca.

Portanto, as extensões finais projetadas foram de:

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

estaca 00 a 25+4,219 → 0,5 km.

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

estaca 00 a 64 → 1,28 km.

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Lado direito: estaca 00 a 155+17,968 → 3,10 km.

Lado esquerdo: estaca 85+10 a 139 → 1,07 km.

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

estaca 00 a 50+11,313 → 1,01 km.

3.3.6 Nivelamento e Contra-Nivelamento

Todos os pontos materializados na locação do eixo de referência foram nivelados e contra nivelados através de processo geométrico, cuja tolerância admitida foi de 10 mm no máximo em pontos isolados e erro máximo admissível calculado pela expressão:

$$E_{\text{máx}} = 12,5 \sqrt{n}$$

$E_{\text{máx}}$ → em milímetros;

n → em quilômetros.

Todos os pontos nivelados tiveram como referência os marcos geodésicos implantados com cotas reais, que serviram de referência para a rede de RN auxiliares

implantadas, em marcos de concreto com pino metálico no seu topo, que foram devidamente cadastrados e apresentados no Projeto Geométrico do Volume 2.

3.3.7 Levantamento de Seções Transversais

As seções foram levantadas com Nível em todas as estacas do eixo locado, correspondendo aos seguintes pontos: eixo, bordos, meio-fio, cristas e pés dos taludes de aterro, cadastramento de cercas e demais pontos obrigatórios.

As seções foram levantadas na direção perpendicular ao eixo locado nas tangentes e na direção da bissetriz do ângulo formado pelas seções anterior e posterior à seção levantada nos desenvolvimentos em curvas, abrangendo os limites da faixa de domínio, mencionando as residências, grotas, margens de riachos, cercas divisórias e demais acidentes atingidos pelas seções.

3.3.8 Levantamento Cadastral da Faixa de Domínio

O levantamento cadastral da faixa de domínio foi executado por processo taqueométrico, com 40 metros de largura, registrando as travessias urbanas e benfeitorias existentes, residências, cercas, cruzamentos e interseções com rodovias, talwegues transpostos, rede elétrica e telefônica e demais interferências atingidas.

3.3.9 Levantamento de Interseções e Acessos

Foi executado o levantamento planialtimétrico cadastral das áreas referentes à interseção do trecho com a Av. Perimetral.

3.3.10 Levantamento de Obras d'Arte Correntes e Especiais

Foi executado o levantamento longitudinal detalhado de todos os talwegues existentes que cruzam o traçado projetado, informando as cotas de eixo, cristas dos taludes, soleira e leito do talvegue.

3.3.11 Levantamento de Ocorrências

Foram feitas as delimitações das áreas de ocorrências: jazidas, areais, pedreiras e empréstimos, procedendo à amarração de cada uma ao eixo da locação de projeto, por coordenadas geodésicas.

3.4 – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO TOPOGRÁFICO

A apresentação do estudo é realizada no Volume 2, no tamanho A-3, contendo:

- Planta topográfica do traçado na escala **1:2.000** com curvas de nível a intervalo de 1 metro e todos os elementos levantados de interesse para o projeto;



- Perfil da linha de locação com rodapé contendo elementos nas escalas **1:2.000** (horizontal) e **1:200** (vertical);
- Desenho dos levantamentos das ocorrências de materiais, interseções e demais elementos do Projeto;
- Características técnicas–operacionais da rodovia.



4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos foram desenvolvidos conforme as *Instruções de Serviço para Estudo Hidrológico (IS-04)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

4.2 - METODOLOGIA

Para a determinação dos elementos hidrológicos de cada bacia foi utilizada a publicação do Engº Otto Pfafstetter “**Chuvas Intensas no Brasil**” aplicado aos dados relativos às chuvas do posto de Quixeramobim, no estado do Ceará, que melhor se assemelha à região cortada pelo traçado.

4.2.1 – Intensidade da Chuva (I)

A determinação da intensidade de chuva foi obtida a partir da seguinte expressão:

$$I = 60 \cdot P / T_c$$

- I → intensidade da chuva (em mm/h);
- P → precipitação (em mm);
- T_c → tempo de concentração (em min).

4.2.2 – Precipitação (P)

A precipitação “P” foi determinada a partir da expressão:

$$P = K [a \cdot t + b \cdot \log (1+c \cdot t)]$$

$$a = 0,20, \quad b = 17, \quad c = 60$$

- t → duração (em horas)
- K → fator de probabilidade

$$K = T^{(\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma})}$$

- T → tempo de recorrência (em anos)
- α e β → parâmetros variáveis com a duração
- $\gamma = 0,25$

Quadro 05 – Valores de α e β

Duração da Chuva	5 min	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	1440 min
α	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,168	0,170
β	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

4.2.3 – Tempo de Concentração (T_c)

A Intensidade de chuva (I) para cada bacia foi obtida considerando a duração da chuva igual ao Tempo de Concentração (T_c) da bacia.

Os Tempos de Concentração (T_c) foram calculados usando-se a expressão de **Kirpich Modificada**, proposta pelo “California Highways and Public Roads”:

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

Onde: - T_c → tempo de concentração (em minutos);

- L → extensão do talvegue (em km);

- H → diferença de nível (em metros).

4.2.4 – Tempo de Recorrência (Tr)

Foram adotados os seguintes tempos de recorrência:

a) Obras de drenagem superficial: $Tr = 10$ anos

b) Obras de arte correntes: $Tr = 15$ anos, como canal
 $Tr = 25$ anos, seção plena

c) Obras especiais: $Tr = 50$ anos
 $Tr = 100$ anos



Quadro 06 – Cálculo do fator de probabilidade (K)

DURAÇÃO (min)	Tempo de Recorrência (anos)				
	10	15	25	50	100
5	1,350	1,416	1,500	1,618	1,743
15	1,395	1,470	1,569	1,709	1,859
30	1,524	1,622	1,750	1,930	2,121
60	1,589	1,703	1,854	2,071	2,305
120	1,626	1,750	1,915	2,153	2,413
180	1,633	1,760	1,927	2,170	2,436
1.440	1,641	1,769	1,939	2,187	2,458

Quadro 07 – Cálculo da precipitação (P)

DURAÇÃO (min)	Tempo de Recorrência (anos)				
	10	(min)	10	(min)	10
5	21	5	21	5	21
15	39	15	39	15	39
30	57	30	57	30	57
60	76	60	76	60	76
120	95	120	95	120	95
180	106	180	106	180	106
1.440	166	1.440	166	1.440	166

4.3 - VAZÕES DE PROJETO

As bacias foram divididas em 03 (três) classificações, em função das áreas de contribuição:

- **Pequenas bacias** → áreas de contribuição inferiores a 4,0 km² e correspondem em geral às obras de drenagem superficial como sarjetas, banquetas, descidas d'água e bueiros tubulares, cujas vazões são calculadas pelo **Método Racional**, com a fórmula:

$$Q = \frac{C.I.A}{3,60}$$

- Q → vazão de projeto (m³/s)
- I → intensidade de precipitação (mm/h), duração igual ao tempo de concentração.
- A → área da bacia (km²)
- C → coeficiente de deflúvio (RUN-OFF), Quadro 08 e 09.

- **Médias bacias** → áreas de contribuição entre 4,0 e 10,0 km² e correspondem em geral às obras de arte correntes (bueiros tubulares e capeados), cujas vazões são calculadas pelo Método Racional corrigido, pela expressão:

$$Q = \frac{C.I.A}{3,60} . n$$

n = coeficiente adimensional de retardo, sendo $n = A^{-0,10}$

Quadro 08 – run-off em áreas rurais

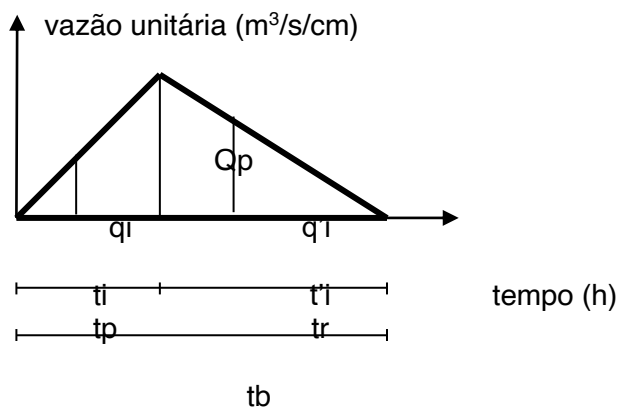
Tipos de Superfície	Coeficientes “C”, de “RUN-OFF”
Revestimento asfáltico	0,8 - 0,9
Terra compactada	0,4 - 0,6
Solo natural	0,2 - 0,4
Solo com cobertura vegetal	0,3 - 0,4

Quadro 09 – run-off em áreas urbanas

Tipos de Superfície	Coeficientes “C” de “RUN-OFF”
Pavimento de concreto de cimento Portland ou concreto betuminoso	0,75 – 0,95
Pavimento de macadame betuminoso	0,65 – 0,80
Acostamento ou revestimento primário	0,40 – 0,60
Solo sem revestimento	0,20 – 0,90
Taludes gramados (2:1)	0,50 – 0,70
Prados gramado	0,10 – 0,40
Áreas florestais	0,10 – 0,30
Campos cultivados	0,20 – 0,40
Áreas comerciais, zonas de centro da cidade	0,70 – 0,95
Zonas moderad. inclinadas c/aprox. 50 % de área impermeável	0,60 – 0,70
Zonas planas com aproximadamente 60 % de área impermeável	0,50 – 0,60
Zonas planas com aproximadamente 30 % de área impermeável	0,35 – 0,45

- **Grandes bacias** → áreas de contribuição superior a 10 km² e correspondem às obras de arte correntes (bueiros capeados/celulares) e especiais (pontes/pontilhões), cujas vazões são calculadas pelo **Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)**, apresentado a seguir:

Os parâmetros do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) para uma chuva efetiva “R” são os seguintes:



$$Q_p = 2,08 \times (A / t_p)$$

$$t_p = (D / 2) + 0,6 t_c$$

$$D = t_c / 5$$

$$T_c = 0,95 (L^3 / H)^{0,385}$$

$$t_r = 1,67 \times t_p$$

$$t_b = 2,67 \times t_p$$

- Q_p → descarga de pico (em m³/s);
- A → área da bacia hidrográfica (em km²);
- t_p → tempo de pico (em hora);
- D → duração da chuva (em hora);
- T_c → tempo de concentração (em hora);
- L → linha de fundo da bacia (em km);
- H → desnível da bacia (em metros);
- t_r → tempo de recessão (em hora);
- t_b → tempo de base (em hora).

A influência da distribuição da chuva na área foi considerada utilizando-se a relação chuva na área / chuva pontual pela fórmula empírica apresentada a seguir conforme a publicação do trabalho “Práticas Hidrológicas” do Engenheiro Jaime Torga Torrico.

$$P / P_0 = 1 - w \cdot \log A/A_0$$

- P → precipitação média sobre a bacia;
- P_0 → precipitação pontual no centro de gravidade da bacia;
- W → fator regional, em função das relações chuva / área / tempo de duração;
- A → área da bacia;
- A_0 → área base, na qual $P = P_0$ ($A_0 = 25 \text{ km}^2$)

No Brasil as pesquisas indicam um valor médio de $w = 0,10$; portanto:

$$P / P_0 = 1 - 0,10 \cdot \log A/25$$

A Chuva Efetiva “R” foi calculada em função da Precipitação total “P”, na duração total da chuva, através das curvas do complexo Solo / Vegetação, utilizada pelo “Soil Conservation Service” – S.C.S, cuja Fórmula é apresentada a seguir:

$$R = [P - (5080/N) + 50,8]^2 / [P + (20320/N) - 203,2]$$

- R → chuva efetiva (em mm);
- P → precipitação total (em mm);
- N → número representativo do complexo solo x vegetação.

As ordenadas de chuva podem ser facilmente obtidas do triângulo unitário, para cada tempo t_i ou t'_i , por semelhança de triângulos. Até o tempo de pico t_p a ordenada unitária q_i , para 1 cm de precipitação, pode ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$q_i / t_i = q_p / t_p \rightarrow q_i = (t_i / t_p) \cdot q_p \quad p / t_i < t_p$$

Após o tempo de pico, a relação se altera para:

$$q'_i / (t_b - t'_i) = q_p / t_r \rightarrow q'_i = ((t_b - t'_i) / t_r) \cdot q_p \quad p / t_i > t_p$$

Para o cálculo das descargas da enchente de projeto devem-se re-agrupar os acréscimos de precipitação de sequência mais provável para formar a tempestade que a provoca.

O tempo de concentração serve de parâmetro para a duração das precipitações a ser considerada no Hidrograma sintético, visto que é o tempo mínimo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial de projeto.

- calculam-se as chuvas efetivas (q_i) parciais para os tempos t_i por simples diferença:

$$P_{e_i} - P_{e_{i-1}};$$

- conhecidas as chuvas efetivas parciais q_i , procede-se à construção de tabela típica da obtenção dos valores de Q_i , pelo método hidrógrafo unitário:

$$Q_i = q_i \mu_1 + q_{i-1} \mu_2 + q_{i-2} \mu_3 + \dots + q_1 \mu_i$$

4.4 – CÁLCULOS ELABORADOS

4.4.1 – Drenagem Superficial

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 12,00 m.

Adotou ainda, o Tempo de Concentração $T_c = 5$ minutos, obtendo as seguintes vazões:

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$\alpha = 0,108$

$\beta = -0,08$

$\gamma = 0,25$

$K = 1,156$

$a = 0,20$

$b = 17$

$c = 60$

$P = 15,313$ mm

$I = 183,761$ mm/h

$A = (9,00 + 1,50 + 1,50) \times 1,00 = 12,00 \text{ m}^2 = 1,2 \times 10^{-5} \text{ km}^2$

$C = 0,85$

$$q_1 = \frac{0,85 \times 183,761 \times 1,2 \times 10^{-5}}{3,60} = 5,21 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Banqueta de aterro

$$q_b = q_1 = 5,21 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

Quadro 10 – Hidrologia dos Dispositivos de Drenagem

HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL							
RODOVIA: CE-440		TRECHO: ENTR. CE-417 - CONFLUENCIA COM AS AV. JOHN SANFORD E CLETO FERREIRA DA				EXTENSÃO: 0,50 km	
BANQUETA							
DECLIVIDADE LONGITUDINAL	DECLIVIDADE TRANVERSA	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	PROFUNDIDADE DA LÂMINA	FATOR DE REDUÇÃO	VAZÃO ADMISSÍVEL	VAZÃO AFLUENTE	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO
(m/m)	(Z)	(n)	(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s/m)	(m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000521	46
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000521	81
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000521	115
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000521	129
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000521	125
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000521	113
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000521	100
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000521	88
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000521	79
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000521	71
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000521	65
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000521	61
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000521	56

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 7,00 m.

Adotou ainda, o Tempo de Concentração $T_c = 5$ minutos, obtendo as seguintes vazões:

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$\alpha = 0,108$

$\beta = -0,08$

$\gamma = 0,25$

$K = 1,156$

$a = 0,20$

$b = 17$

$c = 60$

$P = 15,313$ mm

$I = 183,761$ mm/h

$A = 7,00 \times 1,00 = 7,00 \text{ m}^2 = 7,0 \times 10^{-6} \text{ km}^2$



$$C = 0,85$$

$$q_1 = \frac{0,85 \times 183,761 \times 7,0 \times 10^{-6}}{3,60} = 3,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Banqueta de aterro

$$q_b = q_1 = 3,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Sarjeta de corte

$$q_1 = \frac{0,85 \times 183,761 \times 10,0 \times 10^{-6}}{3,60} = 3,50 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

$$q_b = q_1 = 3,50 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

Quadro 11 – Hidrologia dos Dispositivos de Drenagem

HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

RODOVIA: VICINAL	TRECHO: ENTR. 417 - ACESSO A AV. PIMENTEL GOMES	EXTENSÃO: 1,28 km
------------------	---	-------------------

SARJETA TIPO "L"

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	LARGURA DA LÂMINA (m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z2)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO (V1) ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO (V2) ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO TOTAL ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO AFLUENTE (m3/s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,50		0,013	0,30	0,65	0,141		0,141	0,000350	403
0,010	0,50	1,00	0,013	0,30	0,80	0,186	0,093	0,279	0,000350	798
0,020	0,50	1,00	0,013	0,30	0,80	0,263	0,132	0,395	0,000350	1.130
0,030	0,50	1,00	0,013	0,30	0,73	0,294	0,147	0,441	0,000350	1.261
0,040	0,50	1,00	0,013	0,30	0,61	0,284	0,142	0,426	0,000350	1.218
0,050	0,50	1,00	0,013	0,30	0,50	0,260	0,130	0,390	0,000350	1.115
0,060	0,50	1,00	0,013	0,30	0,40	0,228	0,114	0,342	0,000350	978
0,070	0,50	1,00	0,013	0,30	0,33	0,203	0,102	0,305	0,000350	872
0,080	0,50	1,00	0,013	0,30	0,27	0,178	0,089	0,267	0,000350	764
0,090	0,50	1,00	0,013	0,30	0,23	0,161	0,080	0,241	0,000350	689
0,100	0,50	1,00	0,013	0,30	0,20	0,147	0,074	0,221	0,000350	632
0,110	0,50	1,00	0,013	0,30	0,18	0,139	0,069	0,208	0,000350	595
0,120	0,50	1,00	0,013	0,30	0,16	0,129	0,064	0,193	0,000350	552

BANQUETA

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO AFLUENTE (m3/s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000304	79
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000304	138
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000304	198
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000304	221
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000304	214
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000304	194
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000304	171
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000304	151
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000304	135
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000304	122
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000304	112
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000304	105
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000304	95

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 10,50 m.

Adotou ainda, o Tempo de Concentração $T_c = 5$ minutos, obtendo as seguintes vazões:

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$$\alpha = 0,108$$

$$\beta = -0,08$$

$$\gamma = 0,25$$

$$K = 1,156$$

$$a = 0,20$$

$$b = 17$$

$$c = 60$$

$$P = 15,313 \text{ mm}$$

$$I = 183,761 \text{ mm/h}$$

$$A = (7,00 + 2,00 + 1,50) \times 1,00 = 10,50 \text{ m}^2 = 1,05 \times 10^{-5} \text{ km}^2$$

$$C = 0,85$$

$$q_1 = \frac{0,85 \times 183,761 \times 1,05 \times 10^{-5}}{3,60} = 4,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Banqueta de aterro

$$q_b = q_1 = 4,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

Quadro 12 – Hidrologia dos Dispositivos de Drenagem

HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

RODOVIA: VICINAL

TRECHO: ENTR. 417 - ACESSO A AV. DR. GUARANI

EXTENSÃO: 3,10 km

BANQUETA

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO ADMISSÍVEL (m ³ /s)	VAZÃO AFLUENTE (m ³ /s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000456	53
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000456	92
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000456	132
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000456	147
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000456	143
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000456	130
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000456	114
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000456	101
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000456	90
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000456	81
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000456	75
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000456	70
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000456	64

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 7,00 m.

Adotou ainda, o Tempo de Concentração $T_c = 5$ minutos, obtendo as seguintes vazões:

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$\alpha = 0,108$

$\beta = -0,08$

$\gamma = 0,25$

$K = 1,156$

$a = 0,20$

$b = 17$

$c = 60$

$P = 15,313$ mm

$I = 183,761$ mm/h

$A = 7,00 \times 1,00 = 7,00$ m² = $7,0 \times 10^{-6}$ km²

$C = 0,85$

$$q_1 = \frac{0,85 \times 183,761 \times 7,0 \times 10^{-6}}{3,60} = 3,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Banqueta de aterro

$$q_b = q_1 = 3,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

Quadro 13 – Hidrologia dos Dispositivos de Drenagem

HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

RODOVIA: VICINAL TRECHO: ENTR. 417 - ACESSO A AV. MARIA DA CONCEIÇÃO PONTES DE AZEVEDO EXTENSÃO: 1,01 km

BANQUETA

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO ADMISSÍVEL (m ³ /s)	VAZÃO AFLUENTE (m ³ /s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000304	79
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000304	138
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000304	198
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000304	221
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000304	214
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000304	194
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000304	171
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000304	151
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000304	135
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000304	122
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000304	112
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000304	105
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000304	95

4.4.2 – Obras d'Arte Correntes e Especiais

- Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

Foi cadastrada pela topografia a existência de 01 bueiro simples tubular e 02 bueiros simples capeados. As quantidades levantadas dos bueiros são apresentadas no quadro 14.

Quadro 14 – Bueiros existentes

BUEIROS			QUANTIDADE (un)
	TIPO	SEÇÃO (m)	
TUBULARES	BSTC	Ø = 1,00	1
CAPEADOS	BSCC	1,00 x 1,00	1
		3,00 x 1,50	1
TOTAL			3

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

Foi cadastrada pela topografia a existência de 02 bueiros triplos tubulares e 02 bueiros simples tubulares. As quantidades levantadas dos bueiros são apresentadas no quadro 15.

Quadro 15 – Bueiros existentes

BUEIROS			QUANTIDADE
	TIPO	SEÇÃO (m)	(un)
TUBULARES	B TTC	Ø = 1,00	2
	B STC	Ø = 0,80	1
		Ø = 0,60	1
TOTAL			4

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Não foi cadastrado pela topografia a existência de bueiros.

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

Não cadastrado pela topografia a existência de bueiros.

Após lançamento do traçado projetado sobre as Cartas da SUDENE da região atravessada pelo **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**, foi determinada a delimitação da área (A) da bacia identificada onde existe um pontilhão, com sua respectiva linha de fundo (L) e o seu desnível (H).

A vazão afluyente da bacia identificada nas Cartas da SUDENE é apresentada nos quadros a seguir.



Quadro 16 – Vazões afluentes das bacias – p/ 25 anos

BACIA 04												
COMPOSIÇÃO DOS HIDROGRAMAS TRIANGULARES SUCESSIVOS												
CÁLCULO DOS VALORES DE Q(i)												
(i)	q (i)	Q (1)	Q (2)	Q (3)	Q (4)	Q (5)	Q (6)	Q (7)	Q (8)	Q (9)	Q (10)	Q (total)
		0,136	0,442	0,286	0,223	0,179	0,156	0,147	0,131	0,125	0,031	
0,46	14,63	1,99										1,99
0,93	29,26	3,98	6,47									10,45
1,39	43,88	5,97	12,93	4,18								23,08
1,85	46,82	6,37	19,39	8,37	3,26							37,39
2,32	38,06	5,18	20,69	12,55	6,52	2,62						47,56
2,78	29,30	3,98	16,82	13,39	9,79	5,24	2,28					51,50
3,25	20,54	2,79	12,95	10,89	10,44	7,85	4,56	2,15				51,64
3,71	11,78	1,60	9,08	8,38	8,49	8,38	6,85	4,30	1,92			48,99
4,17	3,02	0,41	5,21	5,87	6,53	6,81	7,30	6,45	3,83	1,83		44,25
4,64	0,00	0,00	1,33	3,37	4,58	5,24	5,94	6,88	5,75	3,66	0,45	37,21
5,10			0,00	0,86	2,63	3,68	4,57	5,59	6,13	5,49	0,91	29,86
5,56				0,00	0,67	2,11	3,20	4,31	4,99	5,85	1,36	22,49
6,03					0,00	0,54	1,84	3,02	3,84	4,76	1,45	15,44
6,49						0,00	0,47	1,73	2,69	3,66	1,18	9,74
6,96							0,00	0,44	1,54	2,57	0,91	5,46
7,42								0,00	0,40	1,47	0,64	2,50
7,88									0,00	0,38	0,37	0,74
8,35										0,00	0,09	0,09
8,81											0,00	0,00

CÁLCULO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR			
0			
Localização:	Estaca 46+5,00		
Talvegue transposto:	BACIA 04		
Área da bacia (km ²):	39,95		
Diferença de nível (m):	800,0		
Linha de fundo (km):	20,10		
Curva solo - vegetação:	66		
Tempo de recorrência (ano):	25		
Declividade da bacia (m/km):	39,80		
Tempo de concentração (hora):	2,32		
Duração total (hora):	5,00		
Coefficiente de redução (P/P ₀):	0,98		
D _T =	0,46	T _R =	2,71
T _P =	1,62	T _B =	4,33
Q(t _P) =	51,20		
POSTO DE QUIXERAMOBIM			
a	b	c	
0,2	17	60	

(i)	i(h)	q (i)	q (i')	P ₀ (mm)	P (mm)	R i (cm)	e(i) (cm)	tc (min)	k p/T=50	gama	alfa	beta
1	0,46	14,63	0,00	41,0	40,2	0,136	0,136	28	1,648	0,25	0,122	0,074
2	0,93	29,26	0,00	57,9	56,7	0,578	0,442	56	1,931	0,25	0,153	0,114
3	1,39	43,88	0,00	65,7	64,4	0,864	0,286	83	1,989	0,25	0,160	0,120
4	1,85	0,00	46,82	71,1	69,7	1,087	0,223	111	2,019	0,25	0,165	0,120
5	2,32	0,00	38,06	75,2	73,7	1,266	0,179	139	2,036	0,25	0,167	0,120
6	2,78	0,00	29,30	78,6	77,0	1,422	0,156	167	2,049	0,25	0,169	0,120
7	3,25	0,00	20,54	81,6	80,0	1,569	0,147	195	2,061	0,25	0,171	0,120
8	3,71	0,00	11,78	84,3	82,6	1,700	0,131	223	2,073	0,25	0,173	0,120
9	4,17	0,00	3,02	86,7	85,0	1,825	0,125	250	2,082	0,25	0,174	0,120
10	4,33	0,00	0,00	87,3	85,6	1,856	0,031	260	2,082	0,25	0,174	0,120



Quadro 17 – Vazões afluentes das bacias – p/ 50 anos

BACIA 04												
COMPOSIÇÃO DOS HIDROGRAMAS TRIANGULARES SUCESSIVOS												
CÁLCULO DOS VALORES DE Q(i)												
(i)	q (i)	Q (1)	Q (2)	Q (3)	Q (4)	Q (5)	Q (6)	Q (7)	Q (8)	Q (9)	Q (10)	Q (total)
		0,212	0,613	0,373	0,292	0,236	0,199	0,190	0,173	0,148	0,046	
0,46	14,63	3,10										3,10
0,93	29,26	6,20	8,97									15,17
1,39	43,88	9,30	17,94	5,46								32,70
1,85	46,82	9,93	26,90	10,91	4,27							52,01
2,32	38,06	8,07	28,70	16,37	8,54	3,45						65,13
2,78	29,30	6,21	23,33	17,46	12,81	6,91	2,91					69,64
3,25	20,54	4,35	17,96	14,20	13,67	10,36	5,82	2,78				69,14
3,71	11,78	2,50	12,59	10,93	11,11	11,05	8,73	5,56	2,53			65,00
4,17	3,02	0,64	7,22	7,66	8,56	8,98	9,32	8,34	5,06	2,17		57,94
4,64	0,00	0,00	1,85	4,39	6,00	6,91	7,57	8,90	7,59	4,33	0,67	48,22
5,10			0,00	1,13	3,44	4,85	5,83	7,23	8,10	6,49	1,35	38,42
5,56				0,00	0,88	2,78	4,09	5,57	6,58	6,93	2,02	28,85
6,03					0,00	0,71	2,34	3,90	5,07	5,63	2,15	19,82
6,49						0,00	0,60	2,24	3,55	4,34	1,75	12,48
6,96							0,00	0,57	2,04	3,04	1,35	7,00
7,42								0,00	0,52	1,74	0,94	3,21
7,88									0,00	0,45	0,54	0,99
8,35										0,00	0,14	0,14
8,81											0,00	0,00

CÁLCULO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

0

Localização:	Estaca 46+5,00
Talvegue transposto:	BACIA 04
Área da bacia (km²):	39,95
Diferença de nível (m):	800,00
Linha de fundo (km):	20,10
Curva solo - vegetação:	66,00
Tempo de recorrência (ano):	50

Declividade da bacia (m/km):	39,80
Tempo de concentração (hora):	2,32
Duração total (hora):	5,00
Coefficiente de redução (P/P₀):	0,98

D_T =	0,46	T_R =	2,71	Q(t_p) =	51,20
T_P =	1,62	T_B =	4,33		

POSTO DE QUIXERAMOBIM		
a	b	c
0,2	17	60

(i)	i(h)	q (i)	q (i')	P ₀ (mm)	P (mm)	R i (cm)	e(i) (cm)	tc (min)	k p/T=100	gama	alfa	beta
1	0,46	14,63	0,00	44,8	43,9	0,212	0,212	28	1,798	0,25	0,122	0,074
2	0,93	29,26	0,00	64,7	63,4	0,825	0,613	56	2,156	0,25	0,153	0,114
3	1,39	43,88	0,00	73,7	72,2	1,198	0,373	83	2,230	0,25	0,160	0,120
4	1,85	0,00	46,82	80,0	78,4	1,490	0,292	111	2,271	0,25	0,165	0,120
5	2,32	0,00	38,06	84,8	83,1	1,726	0,236	139	2,295	0,25	0,167	0,120
6	2,78	0,00	29,30	88,7	86,9	1,925	0,199	167	2,312	0,25	0,169	0,120
7	3,25	0,00	20,54	92,2	90,4	2,115	0,190	195	2,329	0,25	0,171	0,120
8	3,71	0,00	11,78	95,4	93,5	2,288	0,173	223	2,346	0,25	0,173	0,120
9	4,17	0,00	3,02	98,1	96,1	2,436	0,148	250	2,357	0,25	0,174	0,120
10	4,33	0,00	0,00	98,9	96,9	2,482	0,046	260	2,358	0,25	0,174	0,120

Nos outros trechos não houve nenhuma vazão afluente das bacias com área de contribuição superior a 10 km², calculada pelo método do **Hidrograma Unitário Triangular - HUT** para as bacias identificadas nas Cartas da SUDENE.

As vazões afluentes para as demais obras das bacias identificadas nas Cartas da SUDENE calculadas pelo **Método Racional** são apresentadas nos quadros abaixo.

Quadro 18 – Vazão Afluyente dos Bueiros Projetados – Trecho: Entr. CE-417 – Confluência com as Av. John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

VAZÃO AFLUYENTE DOS BUEIROS PROJETADOS

RODOVIA : CE-440 TRECHO: ENTR.CE-417 - CONFLUÊNCIA COM AS AVENIDAS JOHN SANFORD E CLETO FERREIRA DA PONTE																	
Método Racional - bacias com área até 4 km ²					KIRPICH MODIFICADA					POSTO DE QUIXERAMOBIM							
Método Racional Corrigido - bacias com área entre 4 e 10 km ²										a = 0,2		b = 17		c = 60			
Nº	BACIA	ESTACA	TIPO	SEÇÃO (m)	ÁREA		L (km)	H (m)	TC (min)	PRECIPITAÇÃO		INTENSIDADE		RUN OFF	n	VAZÃO AFLUYENTE	
					BACIA (km ²)	ACUM. (km ²)				15 anos (mm)	25 anos (mm)	15 anos (mm/h)	25 anos (mm/h)			15 anos (m ³ /s)	25 anos (m ³ /s)
TRECHO 01																	
1	B01	0 + 5,00	BSTC	Ø = 1,00	0,13	0,13	0,7	5,0	30,37	41,480	44,750	81,950	88,409	0,20	1,22	0,61	0,66
2		21 + 12,00	BSCC	1,00 x 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	B02	21 + 18,00	BSCC	3,50 x 1,50	1,26	1,26	1,9	33,0	46,53	49,244	53,458	63,500	68,933	0,20	0,98	4,43	4,81

Quadro 19 – Vazão Afluyente dos Bueiros Projetados – Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes

VAZÃO AFLUYENTE DOS BUEIROS PROJETADOS

TRECHO: ENTR. CE-417 - ACESSO A AV. PIMENTEL GOMES																	
Método Racional - bacias com área até 4 km ²					KIRPICH MODIFICADA					POSTO DE QUIXERAMOBIM							
Método Racional Corrigido - bacias com área entre 4 e 10 km ²										a = 0,2		b = 17		c = 60			
Nº	BACIA	ESTACA	TIPO	SEÇÃO (m)	ÁREA		L (km)	H (m)	TC (min)	PRECIPITAÇÃO		INTENSIDADE		RUN OFF	n	VAZÃO AFLUYENTE	
					BACIA (km ²)	ACUM. (km ²)				15 anos (mm)	25 anos (mm)	15 anos (mm/h)	25 anos (mm/h)			15 anos (m ³ /s)	25 anos (m ³ /s)
TRECHO 02																	
1	B01	14	BTTC	Ø = 1,00	0,27	0,27	0,6	25,0	13,68	28,448	30,297	124,773	132,882	0,25	1,14	2,30	2,45
2		27 + 18,00	BSTC	Ø = 0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	B02	52 + 19,00	BTTC	Ø = 1,00	1,64	1,64	3,8	25,0	115,31	77,354	86,265	40,250	44,887	0,20	0,95	3,67	4,10
4		58 + 19,00	BSTC	Ø = 0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Quadro 20 – Vazão Afluente dos Bueiros Projetados – Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani

VAZÃO AFLUENTE DOS BUEIROS PROJETADOS

TRECHO: SOBRAL-03 (ACESSO A AV. DR. GUARANI)																	
Método Racional - bacias com área até 4 km ²					KIRPICH MODIFICADA					POSTO DE QUIXERAMOBIM							
Método Racional Corrigido - bacias com área entre 4 e 10 km ²										a = 0,2		b = 17		c = 60			
Nº	BACIA	ESTACA	TIPO	SEÇÃO (m)	ÁREA		L (km)	H (m)	TC (min)	PRECIPITAÇÃO		INTENSIDADE		RUN OFF	n	VAZÃO AFLUENTE	
					BACIA (km ²)	ACUM. (km ²)				15 anos (mm)	25 anos (mm)	15 anos (mm/h)	25 anos (mm/h)			15 anos (m ³ /s)	25 anos (m ³ /s)
TRECHO 03																	
1	B01	8 + 15,00	BSTC	Ø = 0,80	0,06	0,06	0,4	6,0	14,83	29,945	31,949	121,155	129,260	0,20	1,32	0,43	0,45
2	B02	46 + 2,20	PONTILHÃO	L = 7,00	40,94	40,94	20,1	800,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	B03	92	BDTC	Ø = 0,80	0,73	0,73	1,5	16,0	46,80	49,346	53,566	63,264	68,674	0,20	1,03	2,56	2,78
4	B03	92 + 15,00	BDTC	Ø = 0,80	0,73	0,73	1,5	16,0	46,80	49,346	53,566	63,264	68,674	0,20	1,03	2,56	2,78
5	B04	130 + 10,00	BSTC	Ø = 1,00	0,17	0,17	0,6	15,0	16,65	31,578	33,745	113,794	121,605	0,20	1,19	1,09	1,16
6	B05	137	BDCC	3,00 x 1,50	5,73	5,73	5,4	44,0	139,20	87,481	98,458	37,707	42,439	0,20	0,84	10,08	11,34



**Quadro 21 – Vazão Afluente dos Bueiros Projetados –
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

VAZÃO AFLUENTE DOS BUEIROS PROJETADOS

TRECHO: SOBRAL-4																	
Método Racional - bacias com área até 4 km ²					KIRPICH MODIFICADA					POSTO DE QUIXERAMOBIM							
Método Racional Corrigido - bacias com área entre 4 e 10 km ²					ÁREA		L (km)	H (m)	TC (min)	PRECIPITAÇÃO		INTENSIDADE		RUN OFF	n	VAZÃO AFLUENTE	
Nº	BACIA	ESTACA	TIPO	SEÇÃO (m)	BACIA (km ²)	ACUM. (km ²)				15 anos (mm)	25 anos (mm)	15 anos (mm/h)	25 anos (mm/h)			15 anos (m ³ /s)	25 anos (m ³ /s)
TRECHO 04																	
1	B01	4 + 4,00	BSTC	Ø = 0,80	0,07	0,07	0,4	9,0	12,69	27,164	28,887	128,434	136,581	0,20	1,30	0,52	0,55
2	B02	22 + 10,00	BSTC	Ø = 0,80	0,09	0,09	0,4	9,0	12,69	27,164	28,887	128,434	136,581	0,20	1,28	0,62	0,66



5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

5.1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Geotécnicos foram elaborados de acordo com as *Instruções de Serviço para Estudo Geotécnico (IS-09)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

5.2 – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Os trechos em estudo estão situados dentro do município de Sobral na porção Noroeste do estado do Ceará, localizados na Região Metropolitana de Sobral, conforme ilustração na figura 01, sendo formada por 18 (dezoito) municípios.

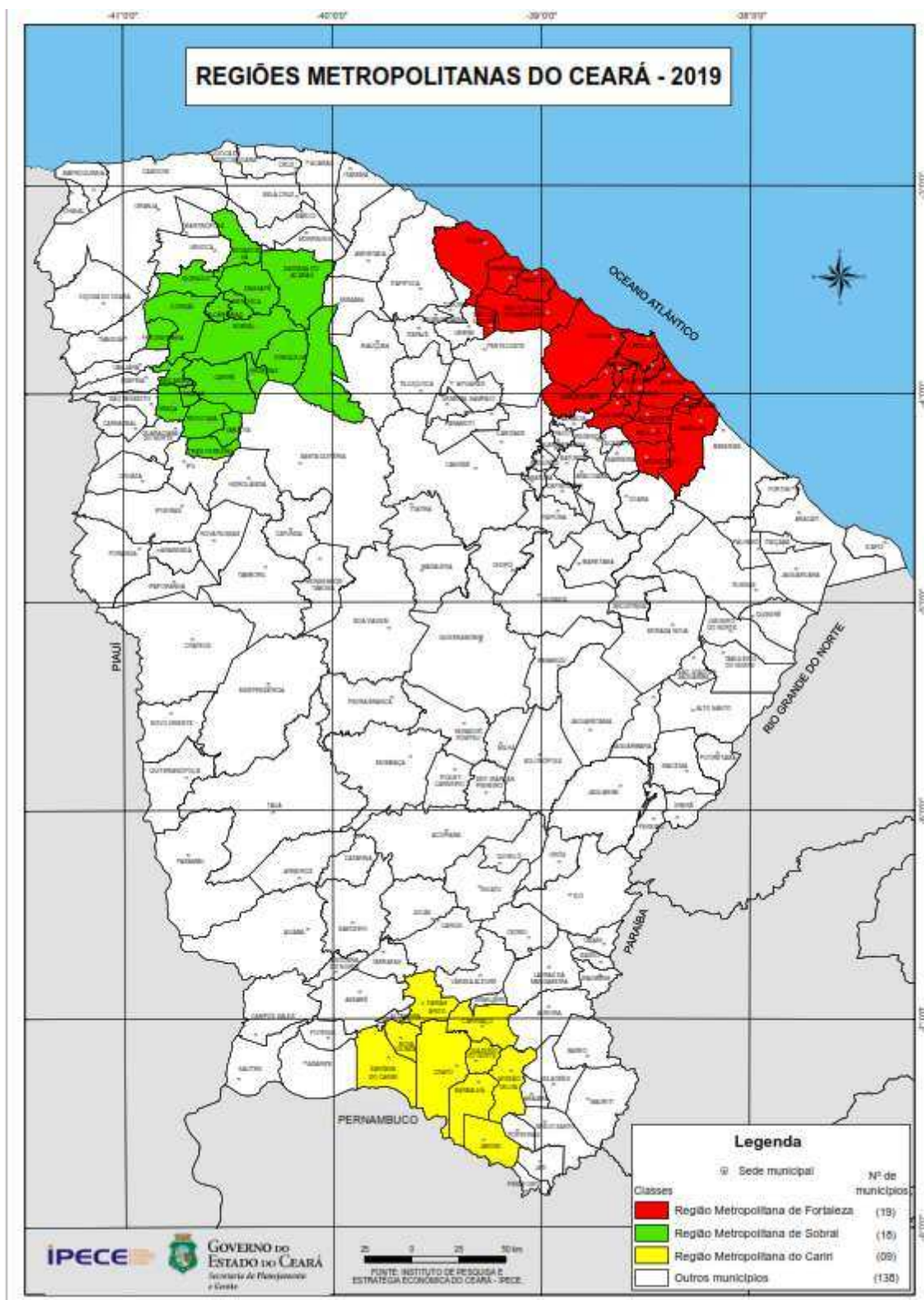


Figura 01 – Regiões Metropolitanas do Ceará – Fonte: IPECE.

5.2.1 – Clima e Pluviometria

De acordo com os dados do Perfil Básico do Município (IPECE, 2017) o município de Sobral é caracterizado por um forte domínio do clima **Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando**.

As propriedades climáticas são afetadas pelos maiores índices pluviométricos. Assim, apresenta-se peculiarmente quente nos meses de estiagem e temperado nos meses de maiores precipitações. A estação chuvosa é conhecida, regionalmente, como inverno. Ocorre entre os meses de janeiro a maio. No restante do ano ocorre a estação seca conhecida como verão. As precipitações pluviométricas totais na região são de 821,60 mm anuais, em **Sobral**, com médias termais máximas variando em torno de 28°C e a média das mínimas ficam em torno de 26°C de acordo com dados da FUNCEME/IPECE.

5.2.2 – Geologia e Geomorfologia

Geomorfologicamente, o relevo na região onde estão inseridos os trechos compreendem as seguintes Unidades Geo-ambientais: Sertões e Planície Ribeirinha.

5.2.3 – Solos

De acordo com o Mapa Classe de Solos, IDACE / EMBRAPA / IPECE, na região onde se desenvolvem os traçados dos trechos projetados, predominam os solos do tipo Neossolos, Argissolos e Latossolos.

5.2.4 – Vegetação

O município apresenta 3 unidades fitoecológicas predominantes, sendo: CAA – Caatinga arbustiva aberta, MS – Floresta subcaducifólia tropical plúvio-nebular (mata seca) e VC – Floresta mista dicotilo – palmácea (mata ciliar com carnaúba e dicotiledôneas).

5.2.5 – Recursos Hídricos

As áreas dos trechos em estudo estão inseridas na Bacia do Acaraú, que tem uma área de drenagem de 14.416 km², correspondente a 10% do território cearense.

5.3 - SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS

Os serviços geotécnicos consistiram na execução de sondagens e ensaios com o intuito de caracterizar a disponibilidade de materiais da região para implantação da rodovia, tendo como escopo básico as seguintes etapas:

- Estudo de Empréstimos
- Estudo de Jazidas
- Estudo de Areais
- Estudo de Pedreiras

5.3.1 – Estudos de Empréstimos

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

Foi estudado **01 (um)** empréstimo de materiais com energia do Proctor Normal (12 golpes) para se necessário ser utilizado na terraplenagem.

Quadro 22 – Características do Empréstimo

Empréstimo	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	Expansão (%)
E-01	00	4.310 – LD	2,50	40.000	100.000	7	1,70

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes e Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Foi estudado **01 (um)** empréstimo de materiais com energia do Proctor Normal (12 golpes) para se necessário ser utilizado na terraplenagem.

Quadro 23 – Características do Empréstimo

Empréstimo	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	Expansão (%)
E-01	00	2,50	38.000	95.000	22	0,35

Quadro 24 – Distância do Empréstimo aos trechos

Trecho	Distância ao Eixo (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	860 - LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	1.825 - LE

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

Foi estudado **01 (um)** empréstimo de materiais com energia do Proctor Normal (12 golpes) para se necessário ser utilizado na terraplenagem.

Quadro 25 – Características do Empréstimo

Empréstimo	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	Expansão (%)
E-01	00	710 – LE	2,50	38.000	95.000	18	0,20

5.3.2 – Estudo de Jazidas

Foi estudada 01 (uma) jazida de solo para ser utilizada nas camadas de base e sub base com energia do Proctor modificado (55 golpes) e Intermediário (26 golpes), respectivamente quadros a seguir:

Quadro 26 – Jazida Base

Jazida	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	Expansão (%)	Faixa	ISC c/ brita (%)
J-01	00	0,70	13.500	9.450	42	0,36	FF	103

Quadro 27 – Jazida Base

Jazida	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	IG
J-01	12	0,70	13.500	9.450	54	0

Como pode ser observado no quadro acima, o ISC de projeto da jazida de base apresentou valor inferior a 80 %. Embora a especificação SOP-ES-P 04/19 determine um suporte > 60 % para esta camada quando o número N for menor que 5×10^6 como os trechos em análise se tratam de uma via urbana, foi adotado um ISC mínimo de 80 %.

Portanto, foi realizado estudo com mistura de 40 % de brita 1" corrida com energia do Proctor Modificado (55 golpes), sempre buscando o enquadramento nas faixas granulométricas recomendadas nas especificações para o número N menor que 5×10^5 , onde foram obtidos os seguintes resultados:

- J-01 sem mistura → ISC de projeto = 42 % e fora de faixa
- 60 % de J-01 + 40 % de brita 1" → **ISC de projeto = 103 % e faixa "D"**

As distâncias da Jazida Base/Jazida Sub base aos trechos são:



Quadro 28 – Distância da Jazida Base/Jazida Sub base aos trechos

Trecho	Distância ao Eixo (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	1.115 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	5.770 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	5.690 – LE
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	2.140 – LE

5.3.3 – Estudo de Arealis

A areia grossa para a confecção dos concretos e argamassas foi indicada no Projeto como proveniente do Rio Acaraú, denominada de A-01, tendo como resultado os seguintes valores:

Quadro 29 – Características do Areal

Areal	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	EA (%)
A-01	00	2,00	16.000	32.000	97

As distâncias do Areal aos trechos são:

Quadro 30 – Distância do Areal aos trechos

Trecho	Distância ao Eixo (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	9.920 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	4.540 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	4.460 – LE
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	5.850 – LE

5.3.4 - Estudo de Pedreiras

A brita que será utilizada para a confecção do revestimento e concretos e a pedra para a alvenaria terá como fonte de exploração a Pedreira P-01, Minermac (Pedreira Comercial), conforme quadro abaixo.

Quadro 31 – Características da Pedreira

Pedreira	Estaca	Abrasão Los Angeles (%)
P-01	00	25 - B

As distâncias da Pedreira aos trechos são:

Quadro 32 – Distância da Pedreira aos trechos

Trecho	Distância ao Eixo (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	9.980 – LD
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	1.617 – LD
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	1.810 – LD
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	1.950 – LD

5.3.5 – Fontes de Exploração de Materiais Nobres

Tanto os materiais betuminosos como os materiais nobres como o cimento, o ferro, a madeira e os tubos de concreto foram indicados no Projeto como provenientes de **Sobral**, com distância média de 5,6 km para o trecho.

5.4 – APRESENTAÇÃO

Os estudos geotécnicos são apresentados no Volume 2B - Estudos Geotécnicos, contendo os boletins de sondagem e o resultado dos ensaios.



6 – PROJETO GEOMÉTRICO

6 - PROJETO GEOMÉTRICO

6.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto Geométrico foi elaborado de acordo com as *Instruções de Serviço para Projeto Geométrico (IS-11)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

6.2 - TRAÇADO PROJETADO

➤ Em Planta

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

O Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte já possui geometria definida com a implantação da estaca 00, no município de Sobral, de coordenadas E = 346.819,255 e N = 9.596.216,029 situada na Av Perimetral.

A estaca final 25+4,219 de coordenadas E = 347.017,986 e N = 9.595.752,706 foi implantada na Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte, resultando em uma extensão final de 0,5 km.

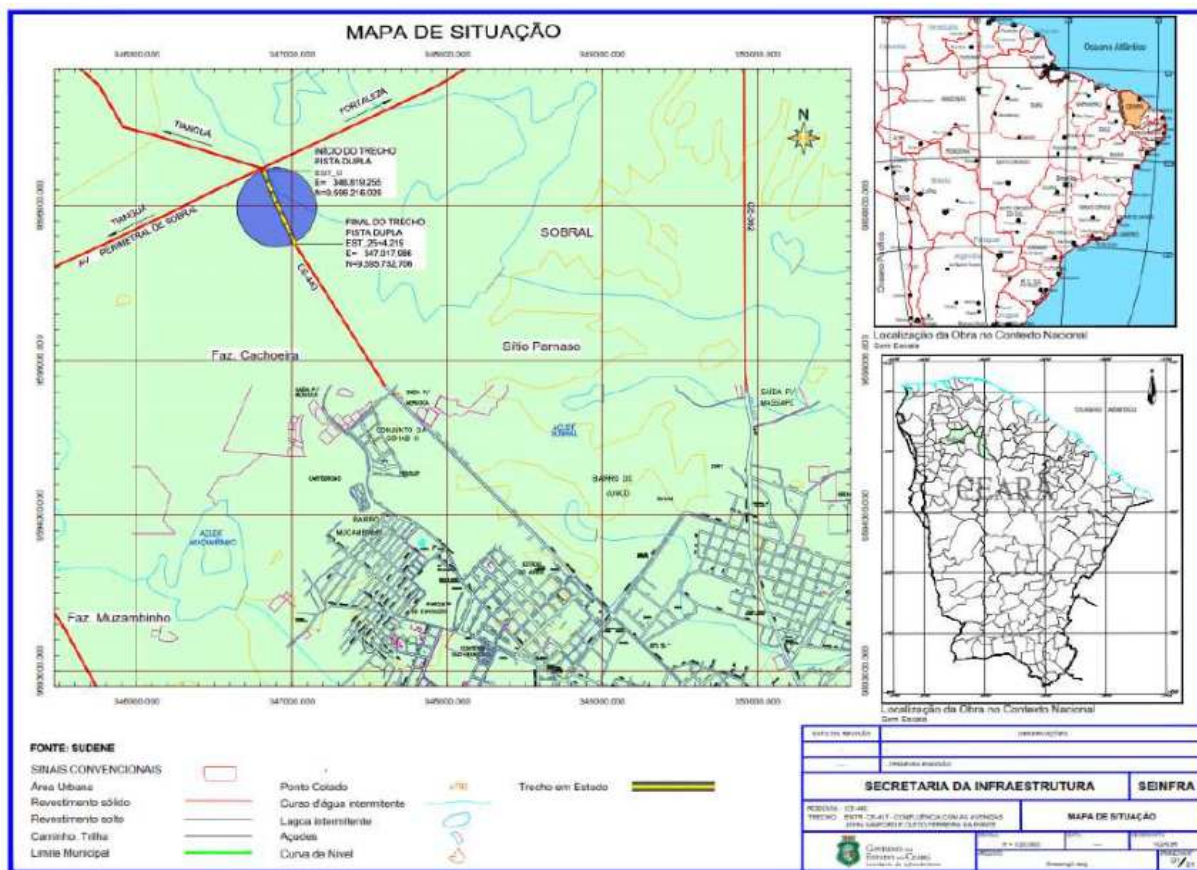


Figura 02 – Mapa de Situação

As larguras das pistas projetadas foram as seguintes, conforme figura 03.

- Pistas de rodagem dupla → 2 x 3,50 m
- Ciclovia → 1 x 3,00 m
- Acostamento → 2 x 1,50 m
- Faixa de Segurança → 2 x 0,50 m
- Calçada → 2 x 1,50 m
- **Largura da plataforma → 24,00 m**



SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

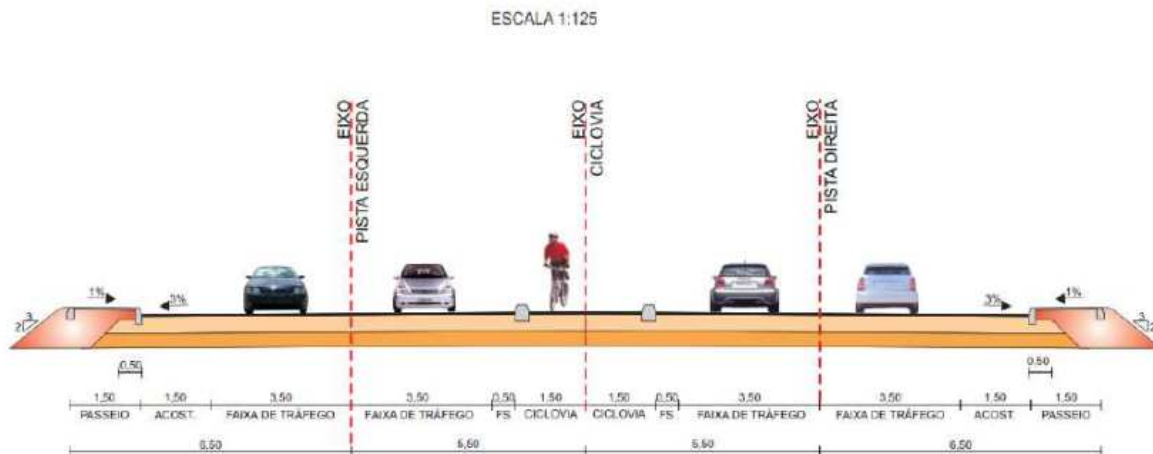


Figura 03 – Seção Tipo de Pavimentação

O trecho projetado não possui curvas.

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

O Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral, nas coordenadas E = 351.841,239 e N = 9.596.203,121.

A estaca final 64 foi implantada na Av. Pimentel Gomes, resultando em uma extensão final de 1,28 km nas coordenadas E = 351.091,804 e N = 9.595.201,829.

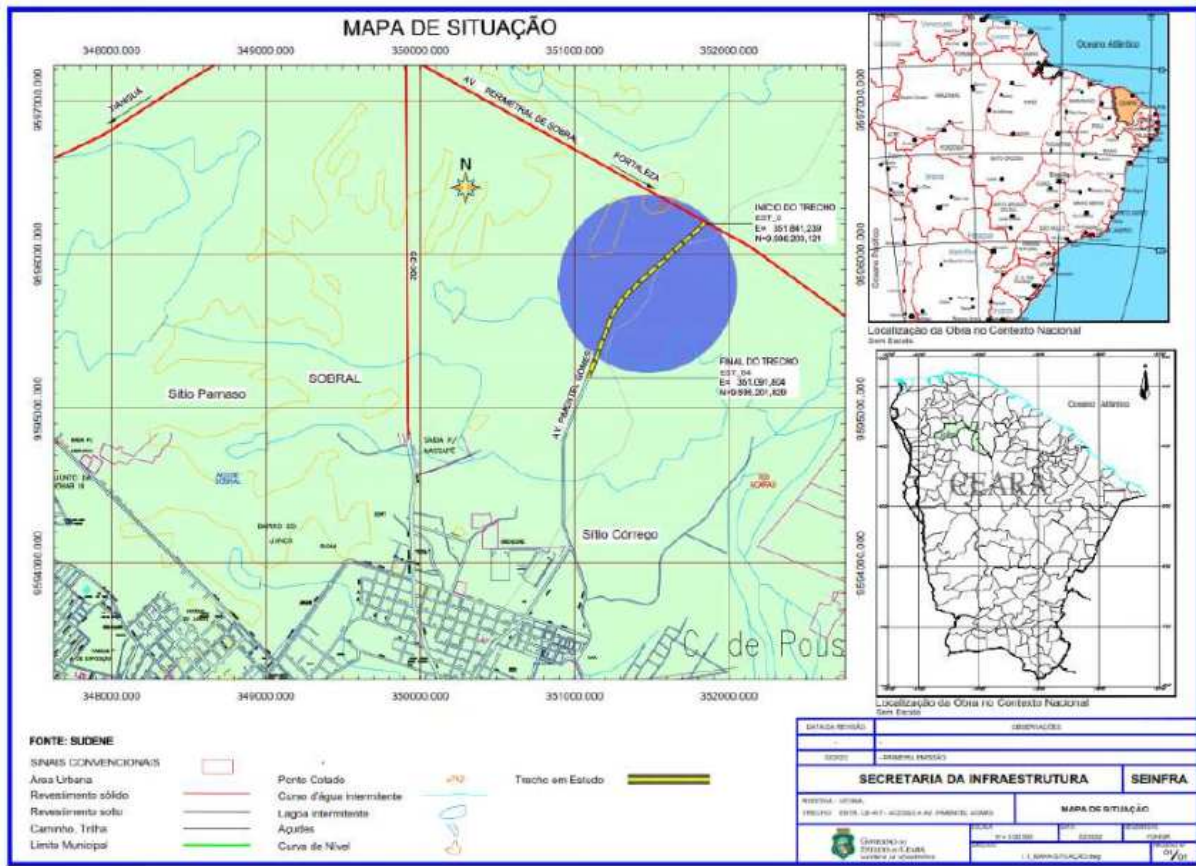


Figura 04 – Mapa de Situação

As larguras das pistas projetadas foram as seguintes, conforme figura 05.

- Pistas de rodagem → 2 x 3,00 m
- Faixa de Segurança → 2 x 0,50 m
- Largura da pista (entre meio-fio) → 8,00 m



SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

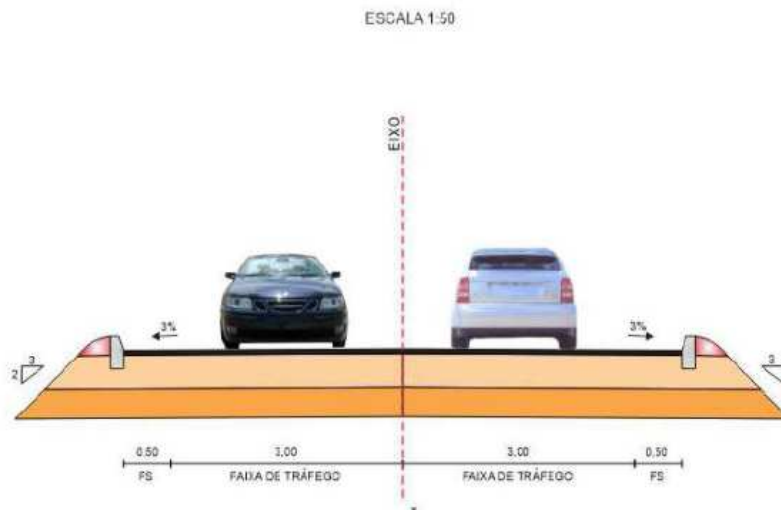


Figura 05 – Seção Tipo de Pavimentação

O trecho em planta foi projetado com 02 curvas horizontais, sendo todas com geometria circular.

Quadro 33 – Curvas projetadas

CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS PROJETADAS

TRECHO: ENTR. CE -417 -ACESSO AV. PIMENTEL GOMES EXTENSÃO: 1,1 km

CURVA	TSE / PCE	TSD / PCD	ST / PT	AC	R (m)	Ts - T (m)	DO - D (m)	dm	Lc (m)
1	34 + 3,331		36 + 16,47	10°01'51"	303,50	26,64	53,13	0,0900	-
2	39 + 18,54		42 + 12,96	15°19'19"	203,50	27,37	54,42	0,1400	-

- Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

No Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral, nas coordenadas E = 352.639,305 e N = 9.595.673,254.

As estacas finais 155+10,603 (lado esquerdo), nas coordenadas E = 351.234,408 / N= 9.592.997,951 e estaca 155+16,348 (lado direito), nas coordenadas E= 351.231,264 /

N= 9.593.001,170 foram implantadas na Av. Dr. Guarani, resultando em uma extensão final de 3,10 km.

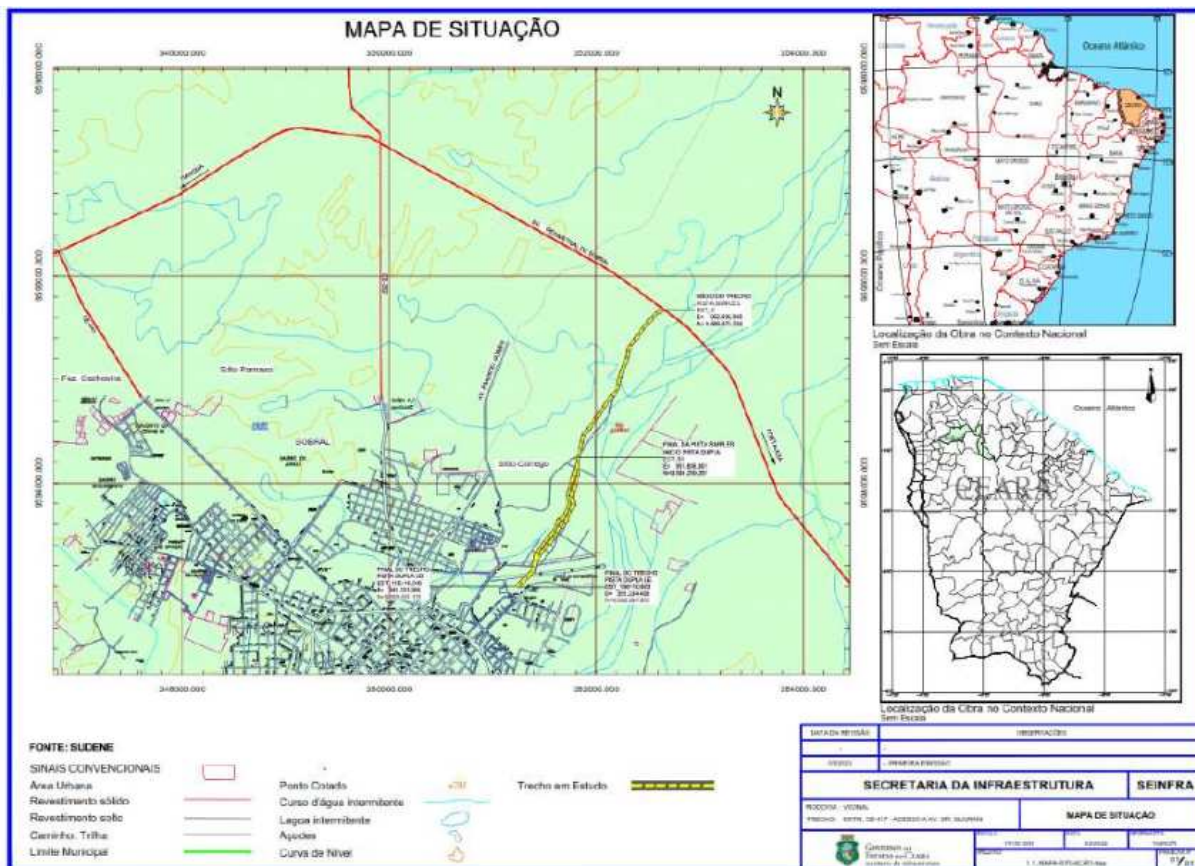


Figura 06 – Mapa de Situação

As larguras das pistas projetadas foram as seguintes, conforme figura 07.

- Seção 01 – est. 00 a 17 / 27 a 65 / 75 a 83
- Seção 02– est. 17 a 27 / 65 a 75 / 83 a 84
 - Pistas de rodagem → 2 x 3,00 m
 - Faixa de Segurança → 2 x 0,50 m
 - **Largura da pista (entre meio-fio) → 7,00 m**
- Seção 03– est. 84 a 89+10
 - Pistas de rodagem → variável
 - Faixa de Segurança → 2 x 0,50 m
 - Calçada → 2 x 2,00 m
 - **Largura da plataforma → variável**



- Seção 04– est. 89+10 a 105 / 115 a 125 / 129 a 135
- Seção 05 – est. 105 a 115 / 125 a 129
 - Pistas de rodagem → (2x) 2 x 3,00 m
 - Ciclovía → (2x)1 x 1,50 m
 - Faixa de Segurança → (2x) 2 x 0,50 m
 - Calçada → (2x)2 x 2,00 m
 - **Largura da plataforma** → **(2x)12,50 m**
- Seção 06 - est. 135 a est. 146
 - Pistas de rodagem → (2x) 2 x 3,00 m
 - Ciclovía → 1 x 3,00 m
 - Faixa de Segurança → (2x) 2 x 0,50 m
 - Calçada → 2 x 2,00 m
 - **Largura da plataforma** → **(2x)10,50 m**
- Seção 07 - est. 146 a 156 + 10,603 (LE) / 146 a 155+16,348 (LD)
 - Pistas de rodagem → (2x) 2 x 3,00 m
 - Ciclovía → 1 x 3,00 m
 - Calçada → 2 x 2,00 m
 - **Largura da plataforma** → **(2x)9,50 m**

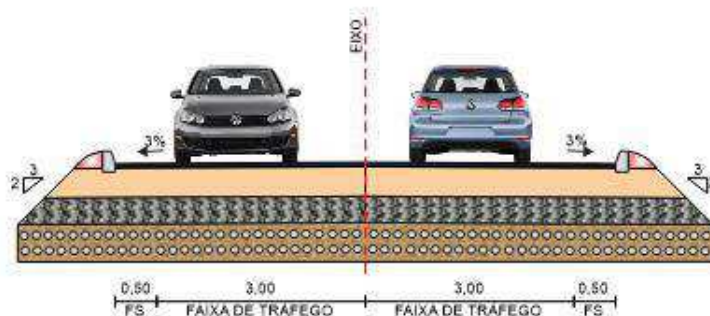


SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

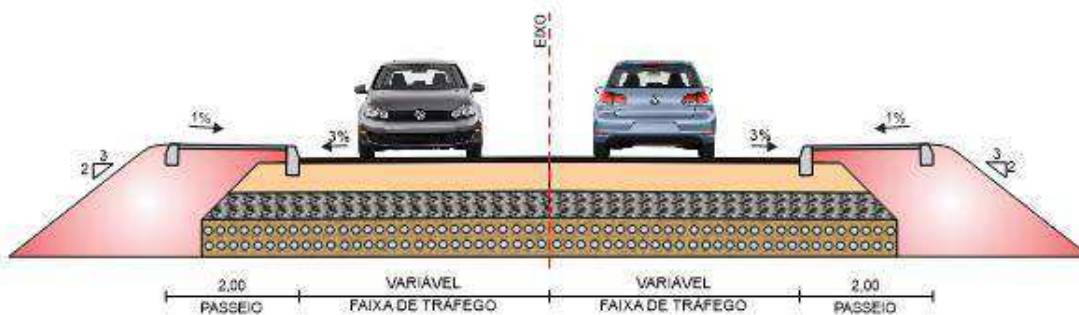
SEÇÃO 01
ESCALA 1:75
EST. 00 A 17 / EST. 27 A 65 / EST. 75 A 83



SEÇÃO 02
ESCALA 1:75
EST. 17 A 27 / EST. 55 A 75 / EST. 83 A 84

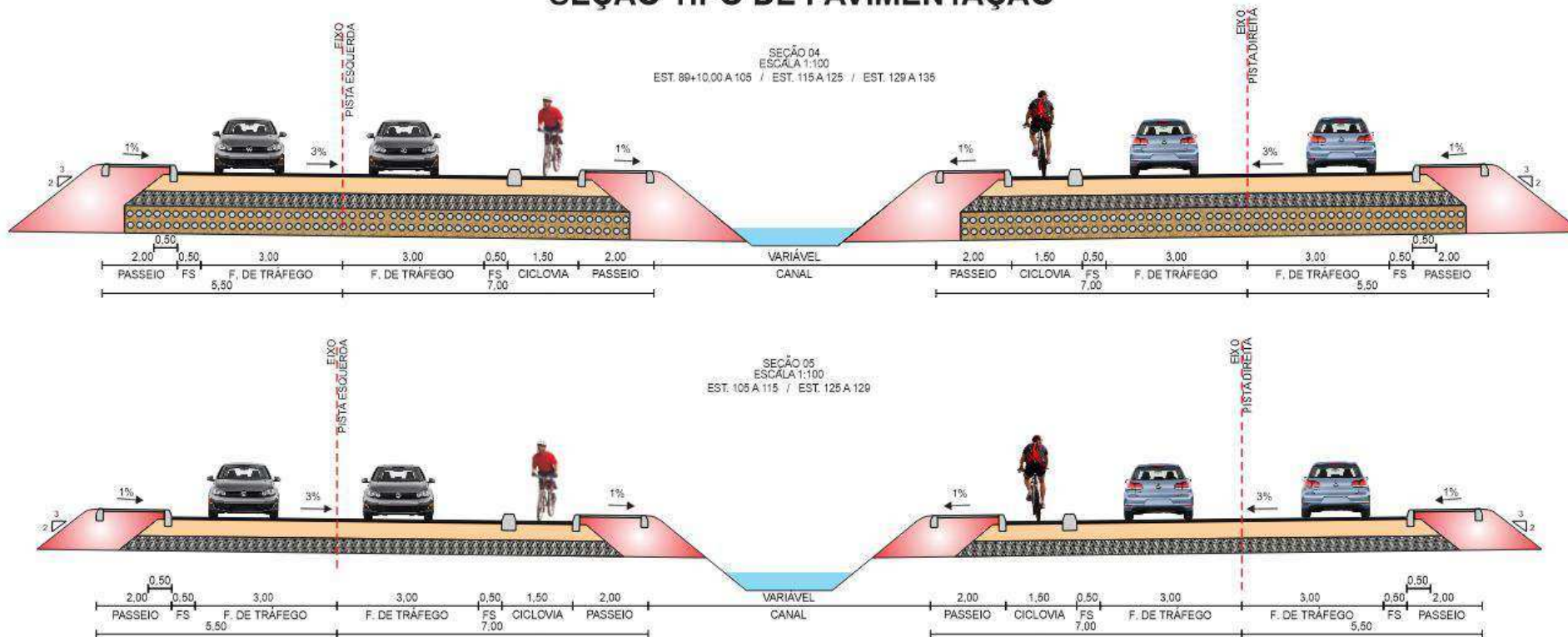


SEÇÃO 03
ESCALA 1:75
EST. 84 A 89+10





SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO





SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

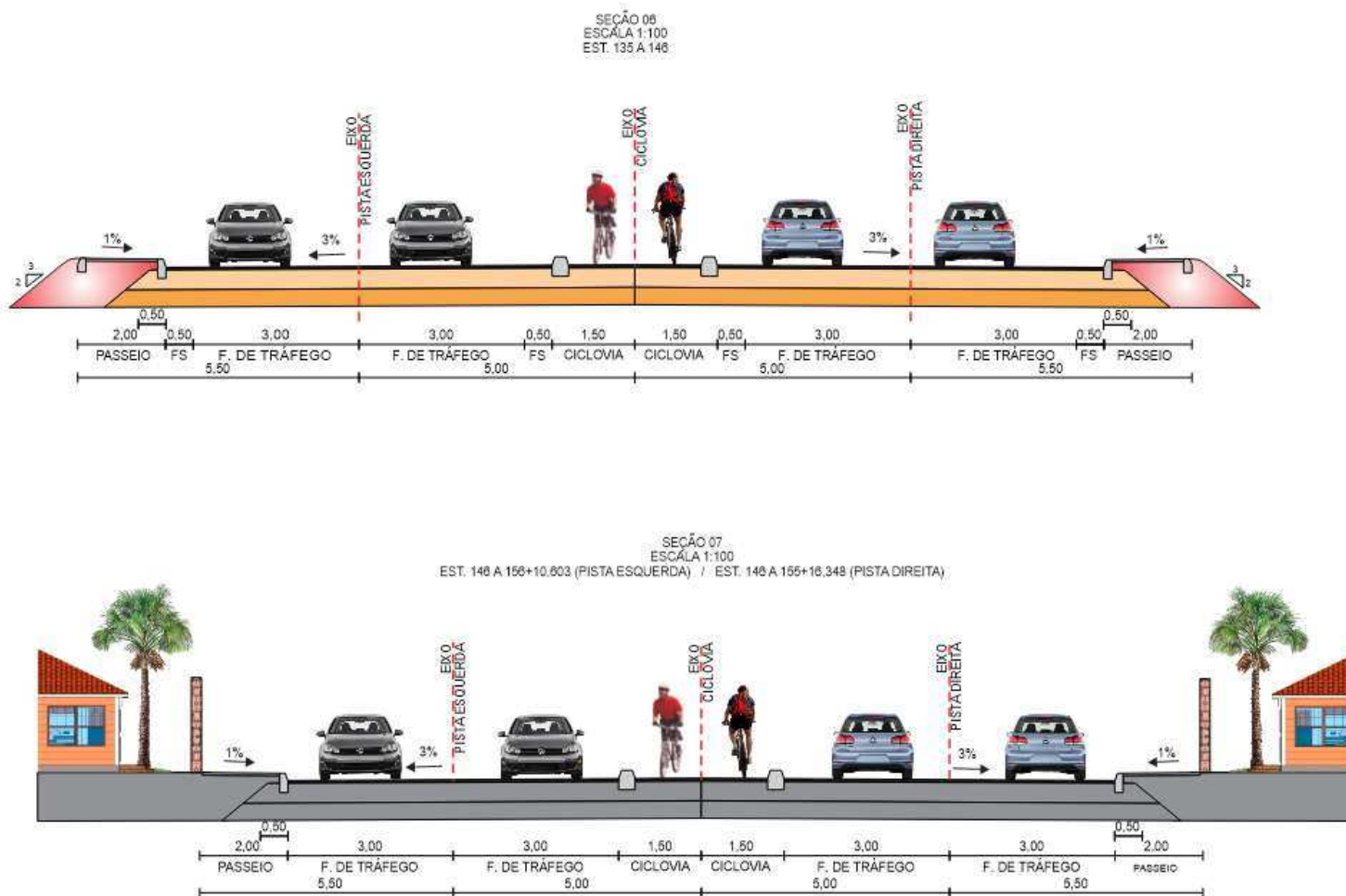


Figura 07 – Seção Tipo de Pavimentação

O trecho em planta foi projetado com 19 curvas horizontais do lado direito e 21 curvas horizontais do lado esquerdo, sendo todas com geometria circular.

Quadro 34 – Curvas projetadas lado direito
CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS PROJETADAS

RODOVIA:VICINAL TRECHO:ENTR.CE-417-ACESSO A AV.DR GUARANI - EXTENSÃO: 3,10 km

CURVA	TSE / PCE	TSD / PCD	ST / PT	AC	R (m)	Ts - T (m)	DO - D (m)	dm	Lc (m)
1	1 + 18,6		5 + 4,93	19°00'12"	200,00	33,47	66,33	0,1400	-
2	23 + 3,391		26 + 2,59	29°13'34"	116,00	30,24	59,17	0,2500	-
3		29 + 5,698	32 + 16,63	14°06'13"	288,00	35,63	70,89	0,1000	-
4	33 + 16,82		36 + 9,99	05°04'37"	600,00	26,60	53,17	0,0500	-
5	36 + 16,28		41 + 6,78	08°38'30"	600,00	45,33	90,50	0,0500	-
6		44 + 2,464	48 + 1,74	32°21'34"	140,36	40,72	79,27	0,2000	-
7	48 + 12,92		49 + 17,65	02°21'39"	600,00	12,36	24,72	0,0500	-
8	52 + 11,41		54 + 7,77	08°16'23"	251,70	18,20	36,34	0,1100	-
9		67 + 2,583	71 + 2,67	09°24'58"	487,32	40,13	80,09	0,0600	-
10	71 + 3,382		74 + 5,18	30°23'52"	116,40	31,62	61,76	0,2500	-
11		91 + 18,333	93 + 17,62	05°33'03"	405,50	19,66	39,28	0,0700	-
12	101 + 10,28		103 + 18,82	29°25'45"	94,50	24,82	48,54	0,3000	-
13		106 + 6,898	108 + 1,90	36°07'54"	55,50	18,10	35,00	0,5200	-
14		114 + 1,311	115 + 5,58	39°10'14"	35,50	12,63	24,27	0,8100	-
15	115 + 18,71		117 + 3,31	31°40'05"	44,50	12,62	24,60	0,6400	-
16	118 + 19,8		120 + 19,76	11°46'09"	194,50	20,05	39,95	0,1500	-
17		122 + 4,825	123 + 3,15	18°55'07"	55,50	9,25	18,33	0,5200	-
18	133 + 8,679		136 + 15,96	26°40'45"	144,50	34,26	67,29	0,2000	-
19		144 + 1,287	145 + 12,28	33°11'21"	53,50	15,94	30,99	0,5400	-

Quadro 35 – Curvas projetadas lado esquerdo
CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS PROJETADAS

RODOVIA:VICINAL TRECHO:ENTR.CE-417-ACESSO A AV.DR GUARANI - EXTENSÃO: 3,10 km

CURVA	TSE / PCE	TSD / PCD	ST / PT	AC	R (m)	Ts - T (m)	DO - D (m)	dm	Lc (m)
1	1 + 18,6		5 + 4,93	19°00'12"	200,00	33,47	66,33	0,1400	-
2	23 + 3,391		26 + 2,59	29°13'34"	116,00	30,24	59,17	0,2500	-
3		29 + 5,698	32 + 16,63	14°06'13"	288,00	35,63	70,89	0,1000	-
4	33 + 16,82		36 + 9,99	05°04'37"	600,00	26,60	53,17	0,0500	-
5	36 + 16,28		41 + 6,78	08°38'30"	600,00	45,33	90,50	0,0500	-
6		44 + 2,464	48 + 1,74	32°21'34"	140,36	40,72	79,27	0,2000	-
7	48 + 12,92		49 + 17,65	02°21'39"	600,00	12,36	24,72	0,0500	-
8	52 + 11,41		54 + 7,77	08°16'23"	251,70	18,20	36,34	0,1100	-
9		67 + 2,583	71 + 2,67	09°24'58"	487,32	40,13	80,09	0,0600	-
10	71 + 3,382		74 + 5,18	30°23'52"	116,40	31,62	61,76	0,2500	-
11	84 + 4,665		87 + 14,87	16°05'23"	250,00	35,33	70,20	0,1100	-
12		89 + 17,05	94 + 7,17	17°31'56"	294,50	45,41	90,12	0,1000	-
13		97 + 5,135	99 + 13,37	04°38'55"	594,50	24,13	48,23	0,0500	-
14	101 + 17,35		103 + 5,13	28°40'46"	55,50	14,19	27,78	0,5200	-
15		106 + 17,964	108 + 4,71	34°26'01"	44,50	13,79	26,74	0,6400	-
16		114 + 19,404	116 + 5,48	33°34'38"	194,50	58,68	113,98	0,1500	-
17	117 + 4,05		118 + 11,04	27°51'44"	55,50	13,77	26,99	0,5200	-
18	120 + 16,06		121 + 18,20	14°50'07"	85,50	11,13	22,14	0,3400	-
19		122 + 13,186	124 + 3,08	22°59'33"	74,50	15,15	29,90	0,3800	-
20	137 + 9,255		141 + 1,31	26°32'59"	155,50	36,69	72,06	0,1800	-
21		144 + 12,089	146 + 2,21	33°11'01"	52,00	15,49	30,12	0,5500	-

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

No Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo a implantação da estaca 00 foi locada na Av Perimetral, nas coordenadas E = 353.932,6207 e N = 9.593.664,6759.

A estaca final 50+11,313 foi implantada na Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo, resultando em uma extensão final de 1,01 km, nas coordenadas E = 353.046,9945 e N = 9.593.264,7264.

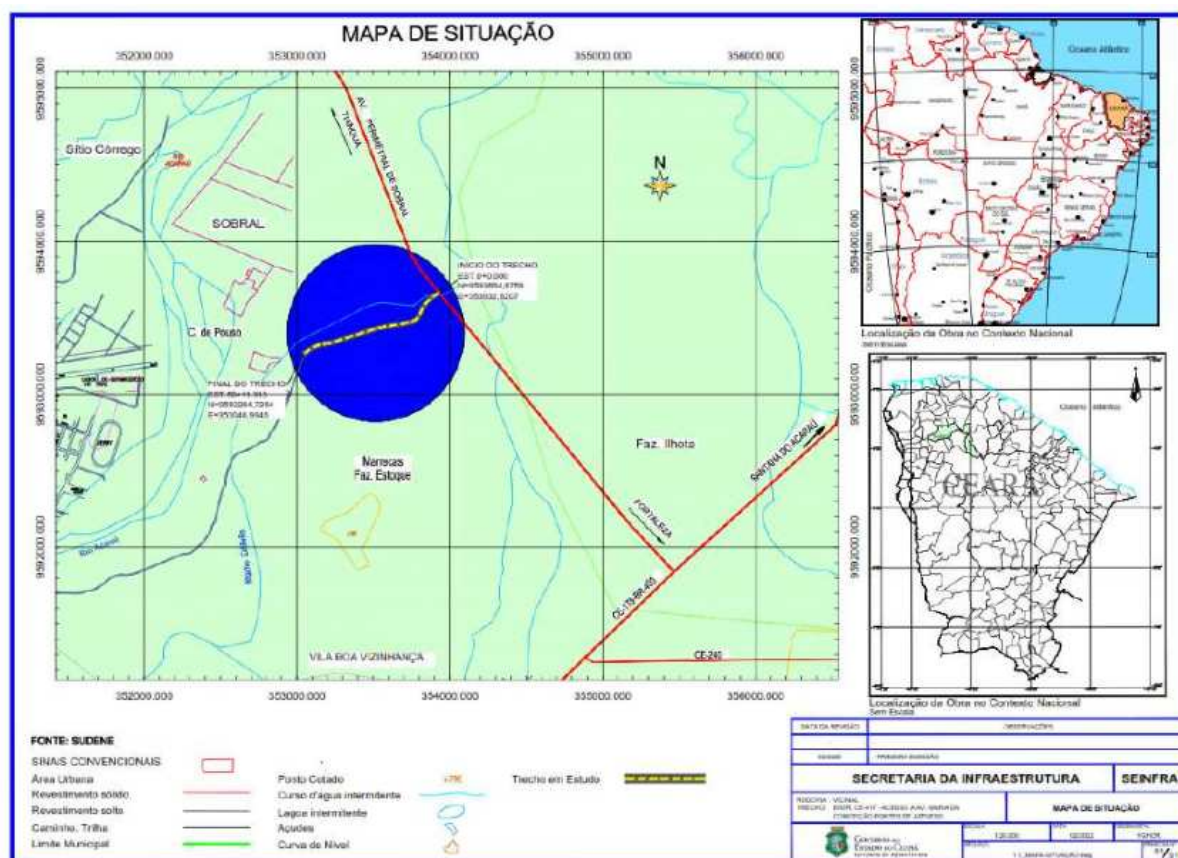


Figura 08 – Mapa de Situação

As larguras das pistas projetadas foram as seguintes, conforme figura 09.

- Pistas de rodagem → 2 x 3,00 m
- Faixa de Segurança → 2 x 0,50 m
- **Largura da pista (entre meio-fio) → 7,00 m**

SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

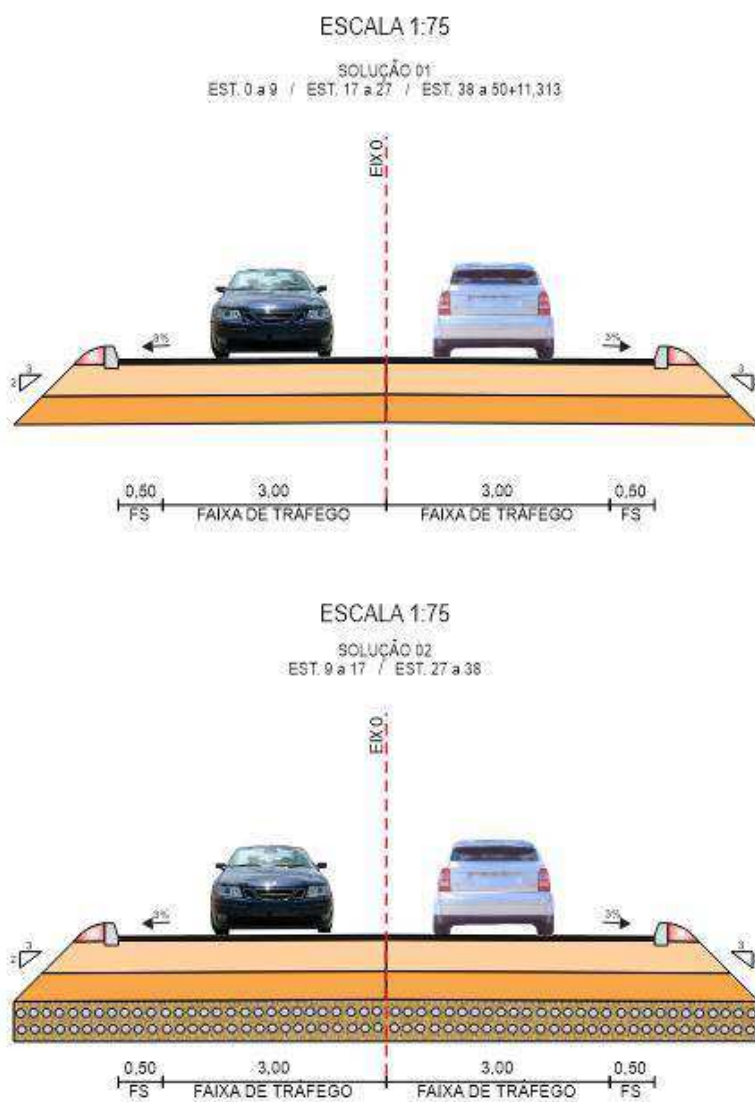


Figura 09 – Seção Tipo de Pavimentação

O trecho em planta foi projetado com 06 curvas horizontais, sendo todas com geometria circular.

Quadro 36 – Curvas projetadas
CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS PROJETADAS

RODOVIA: VICINAL TRECHO: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo - EXTENSÃO:1,01 km

CURVA	TSE / PCE	TSD / PCD	ST / PT	AC	R (m)	Ts - T (m)	DO - D (m)	dm	Lc (m)
1	2 + 2,067		7 + 7,86	33°10'15"	200,00	59,57	115,79	0,1400	-
2		9 + 15,501	14 + 11,09	55°05'37"	99,40	51,85	95,58	0,2900	-
3	22 + 9,835		26 + 15,69	08°11'55"	600,00	43,00	85,86	0,0500	-
4		39 + 14,606	42 + 13,57	13°11'44"	256,00	29,61	58,96	0,1100	-
5	43 + 1,284		46 + 17,81	29°06'40"	150,00	38,95	76,21	0,1900	-
6	48 + 19,51		50 + 5,48	05°32'42"	268,32	12,99	25,97	0,1100	-

Os trechos em estudo foram projetados conforme características geométricas definidas pela SOP-CE, que normalmente adota para suas vias, Rodovia Classe III conforme as Normas para Projeto Geométrico de Estradas de Rodagem da SOP-CE, cujos valores desejáveis deverão ficar enquadrados nos limites apresentados no quadro 37.

Quadro 37 – Características geométricas para Rodovia Classe III

Rodovia	Classe III
Tipo de Relevo	Ondulado
Velocidade Diretriz	60 km/h
Raio Mínimo de Curvatura Horizontal	125 m
Taxa Máxima de Superelevação	8,0 %
Rampa Máxima	6,0 %
"K" Mínimo para Curvas Convexas	18
"K" Mínimo para Curvas Côncavas	17
Distância Simples de Visibilidade de Parada	85 m
Distância de Visibilidade de Ultrapassagem	420 m
Valores Limites do Raio para Dispensar Transição	440 m

➤ **Em Perfil**

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

A rampa máxima projetada para a pista ficou com 4,02 % em 38,00 m de extensão. Portanto, a frequência das rampas projetadas foi a seguinte:

– Rampa → 0,0 a 3,0 % → 466,22 m = 92,5 %



– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 38,00 m	= 7,5 %
– Rampa → 6,1 a 8,0 %	→ -	= 0 %
– Rampa → > 8,0 %	→ -	= <u>0 %</u>
Total	→ 504,22 m	= 100,0 %

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

A rampa máxima projetada para a pista ficou com 11,58 % em 20,98 m de extensão.

Portanto, a frequência das rampas projetadas foi a seguinte:

– Rampa → 0,0 a 3,0 %	→ 839,89 m	= 65,7 %
– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 60,18 m	= 4,7 %
– Rampa → 6,1 a 8,0 %	→ 216,89 m	= 16,9 %
– Rampa → > 8,0 %	→ 163,04 m	= <u>12,7 %</u>
Total	→ 1.280,00 m	= 100,0 %

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

- Lado Esquerdo (est. 00 a 156+10,60)

A rampa máxima projetada para a pista ficou com 6,38 % em 21,18 m de extensão.

Portanto, a frequência das rampas projetadas foi a seguinte:

– Rampa → 0,0 a 3,0 %	→ 2.842,42 m	= 90,80 %
– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 267,00 m	= 8,50 %
– Rampa → 6,1 a 8,0 %	→ 21,18	= 0,70 %
– Rampa → > 8,0 %	→ -	= <u>0 %</u>
Total	→ 3.130,60 m	= 100,0 %

- Lado Direito (est. 00 a 155+16,35)

A rampa máxima projetada para a pista ficou com 5,15 % em 29,18 m de extensão.

Portanto, a frequência das rampas projetadas foi a seguinte:

– Rampa → 0,0 a 3,0 %	→ 2.820,17 m	= 90,50 %
– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 296,18 m	= 9,50 %
– Rampa → 6,1 a 8,0 %	→ -	= 0,00 %
– Rampa → > 8,0 %	→ -	= <u>0 %</u>

Total → 3.116,35 m = 100,0 %

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

A rampa máxima projetada para a pista ficou com 3,53 % em 39,29 m de extensão. Portanto, a frequência das rampas projetadas foi a seguinte:

– Rampa → 0,0 a 3,0 %	→ 972,02 m	= 96,1 %
– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 39,29 m	= 3,9 %
– Rampa → 6,1 a 8,0 %	→ -	= 0 %
– Rampa → > 8,0 %	→ -	= <u>0 %</u>
Total	→ 1.011,31 m	= 100,0 %

➤ **Seção Transversal**

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

As larguras projetadas para a pista dupla são apresentadas no quadro:

Quadro 38 – Largura das pistas (estacas 00 a 25+4,219)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem - Dupla	2 x 3,50 m	2 x 3,50 m
Acostamento externo	1,50 m	1,50 m
Faixa de segurança interna	0,50 m	0,50 m
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Ciclovia	1,50 m	1,50 m
Calçadas	1,50 m	1,50 m
Largura total (entre meio-fio)	21,00 m	
Drenagem em aterro	0,50 m	

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

As larguras projetadas para a pista dupla são apresentadas no quadro:

Quadro 39 – Largura das pistas (estacas 00 a 64)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	1 x 3,00 m	1 x 3,00 m

Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Largura total (entre meio-fio)	7,00 m	
Drenagem em aterro	0,50 m	

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

As larguras projetadas para a pista dupla são apresentadas no quadro:

Solução 01 e 02

Quadro 40 – Largura das pistas (estacas 00 a 84)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	1 x 3,00 m	1 x 3,00 m
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Largura total (entre meio-fio)	7,00 m	
Drenagem em aterro	2 x 0,50 m	

Solução 03

Quadro 41 – Largura das pistas (estacas 84 a 89+10)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	Variável	Variável
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Calçada	2,00 m	2,00 m
Largura total (entre meio-fio)	Variável	
Drenagem em aterro	2 x 0,50 m	

Solução 04 e 05:

Quadro 42 – Largura das pistas (estacas 89+10 a 135)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem - Dupla	2 x 3,00 m	2 x 3,00 m
Faixa de segurança interna	0,50 m	0,50 m
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Ciclovia	1,50 m	1,50 m
Calçada	2 x 2,00 m	2 x 2,00 m
Largura total (entre meio-fio)	2 x 7,00 m	



fi)	
Drenagem em aterro	4 x 0,50 m

Solução 06:

Quadro 43 – Largura das pistas (estacas 135 a 146)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	2 x 3,00 m	2 x 3,00 m
Faixa de segurança interna	0,50 m	0,50 m
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Ciclovia	1,50 m	1,50 m
Calçada	2,00 m	2,00 m
Largura total (entre meio-fio)	2 x 7,00 m	
Drenagem em aterro	2 x 0,50 m	

Solução 07:

Quadro 44 – Largura das pistas (estacas 146 a 156 + 10,603 (LE) / 146 a 155+16,348 (LD))

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	2 x 3,00 m	2 x 3,00 m
Ciclovia	1,50 m	1,50 m
Calçada	2,00 m	2,00 m
Largura total (entre meio-fio)	2 x 6,00 m	
Drenagem em aterro	2 x 0,50 m	

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

As larguras projetadas para a pista dupla são apresentadas no quadro:

Soluções 01 e 02:

Quadro 45 – Largura das pistas (estacas 00 a 50+11,313)

	Pista Esquerda	Pista Direita
Pista de rodagem	1 x 3,00 m	1 x 3,00 m
Faixa de segurança externa	0,50 m	0,50 m
Largura total (entre meio-fio)	7,00 m	

fi)	
Drenagem em aterro	0,50 m

6.3 - APRESENTAÇÃO

O traçado do trecho em planta e perfil é apresentado no Volume 2 - Projeto de Execução indicando o estaqueamento, as alturas, os elementos das curvas horizontais e verticais, as referências de níveis (RN), as amarrações e a localização das obras d'arte correntes e especiais, nas escalas: horizontal 1:2.000 e vertical 1:200.

7 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM

7 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM

7.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Terraplenagem foi elaborado de acordo com as *Instruções de Serviço para Projeto de Terraplenagem (IS-12)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

7.2 - CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO

As seções transversais tipo de terraplenagem foram elaboradas em obediência à plataforma de pavimentação projetada, com aproveitamento da largura atual.

Os volumes de corte em material de 1ª previstos para substituição das camadas de pavimentação, serão removidos para bota-fora.

Serão executados os seguintes serviços:

- Desmatamento, destocamento e limpeza → serão executados nas faixas de domínio.

- Bota-fora → os materiais provenientes dos cortes de 1ª categoria cuja utilização é impossível devido a pequena quantidade escavada ou o expurgo, serão encaminhados para bota-fora indicados no próprio empréstimo estudado.

- Indenização de Jazidas → foi previsto a nível de orçamento a indenização de todas as jazidas e empréstimos de matérias utilizados no projeto.

- Deslocamento de interferências → em obras viárias urbanas sempre ocorre a interferência com redes de concessionárias de água, esgoto, energia e fibra ótica, portanto a Construtora deve dispensar cuidados extras para executar escavações e solicitar destas concessionárias ao iniciar a obra, a remoção ou deslocamento dos dispositivos que interfiram na execução da obra ou estejam em desacordo.

Para todos os volumes geométricos dos aterros, foi considerado um fator de acréscimo de 20 %.

Execução do aterro:

- a) A espessura da camada compactada não deverá ultrapassar 20 cm;
- b) Não será permitido o uso de solo com ISC < 3 % e expansão > 2 %;

- c) A compactação deverá atingir no mínimo, 100 % da MEAS máxima obtida pelo ensaio DNER-ME-47/64 (Proctor Normal);
- d) A espessura mínima da camada compactada não deverá ser inferior a 10 cm.

Em aterro com mais de 20 cm de altura, a camada final superior (última camada) deverá ser executada de acordo com as tolerâncias da SOP-ES-P 01/19 - Regularização do Subleito.

Para os segmentos onde será realizado terraplenagem sobre o pavimento existente, o material asfáltico será reciclado e aproveitado na mistura da base atual e não será pago em separado.

A compactação dos solos nas proximidades das obras de arte, drenagem ou áreas de difícil acesso, será feita com uso de equipamento adequado, como soquetes manuais e compactadores manuais vibratórios e pneumáticos, com espessura das camadas compatíveis com controle da MEAS e umidade.

Os controles geométricos e geotécnicos serão executados de acordo com as Especificações SOP-ES-T 06/19 – Aterros com Solos.

A utilização dos empréstimos está condicionada ao que prescreve as Especificações SOP-ES-T 05/19 - Empréstimos.

7.3 - SEÇÕES TRANSVERSAIS TIPO E TALUDES

As seções transversais tipo de terraplenagem foram elaboradas em obediência à plataforma de pavimentação indicada para os aterros:

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**
 - Pistas de rodagem → 4 x 3,50 m = 14,00 m
 - Faixas de segurança → 2 x 0,50 m = 1,00 m
 - Acostamento → 2 x 1,50 m = 3,00 m
 - Passeio → 2 x 1,00 m = 2,00 m
 - Ciclovia → 2 x 1,50 m = 3,00 m
 - Largura da banquetta → 2 x 0,50 m = 1,00 m
 - Talude da pavimentação → 2 x 0,60 m = 1,20 m
 - **Largura total (aterro) → 25,20 m**



- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

- Pistas de rodagem → $2 \times 3,00 \text{ m} = 6,00 \text{ m}$
- Faixas de segurança → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $2 \times 0,60 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **8,20 m**

- **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

Solução 01 e 02 – Estaca 00 a 84:

- Pistas de rodagem → $2 \times 3,00 \text{ m} = 6,00 \text{ m}$
- Faixas de segurança → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Largura da banquetta → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $2 \times 0,60 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **9,20 m**

Solução 03 – Estaca 84 a 89+10,00:

- Pistas de rodagem → Variável
- Faixas de segurança → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Passeio → $2 \times 2,00 \text{ m} = 4,00 \text{ m}$
- Largura da banquetta → $(2x) 1 \times 0,50 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $(2x) 2 \times 1,20 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **Variável**

Solução 04 e 05 – estaca 89+10 a 135:

- Pistas de rodagem → $(2x) 2 \times 3,00 \text{ m} = 12,00 \text{ m}$
- Faixas de segurança → $(2x) 2 \times 0,50 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$
- Passeio → $(2x) 2 \times 2,00 \text{ m} = 8,00 \text{ m}$
- Ciclovia → $(2x) 1 \times 1,50 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$
- Largura da banquetta → $(2x) 2 \times 0,50 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $(2x) 2 \times 0,60 \text{ m} = 2,40 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **$2 \times 14,70 = 29,40 \text{ m}$**

Solução 06 – estaca 135 a 146:

- Pistas de rodagem → $(2x) 2 \times 3,00 \text{ m} = 12,00 \text{ m}$

- Faixas de segurança → $(2x) 2 \times 0,50 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$
- Passeio → $2 \times 2,00 \text{ m} = 4,00 \text{ m}$
- Ciclovía → $(2x) 1 \times 1,50 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$
- Largura da banqueta → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $2 \times 0,60 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **$2 \times 11,60 = 23,20 \text{ m}$**

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

Solução 01:

- Pistas de rodagem → $2 \times 3,00 \text{ m} = 6,00 \text{ m}$
- Faixas de segurança → $2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$
- Talude da pavimentação → $2 \times 0,60 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$
- **Largura total (aterro)** → **8,20 m**

Com base nos estudos geológicos/geotécnicos e nas experiências em implantações executadas na região do Projeto, os taludes terão as seguintes inclinações:

- * **Aterro** → 3,0 (H) : 2,0 (V)
- * **Corte** → 2,0 (H) : 3,0 (V)

Apresentamos no Volume 2 – Projeto de Execução as seções transversais – tipo em corte e aterro, com os taludes adotados.

7.4 - NOTAS DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM

As notas de serviço de terraplenagem foram elaboradas, após aprovação das geometrias propostas, tomando como base o eixo projetado contendo todos os elementos necessários para a marcação e execução da terraplenagem.

7.5 - CUBAÇÃO DOS VOLUMES

A cubação dos volumes de terraplenagem foi elaborada, após aprovação das geometrias propostas, na gabaritação das seções de projeto lançado sobre o terreno, através de Sistemas Topográficos.

Os volumes de terraplenagem foram obtidos a partir do cálculo dos volumes de corte e aterros para o eixo projetado.

Os volumes de alargamento de corte foram contemplados junto com os volumes escavados para o alargamento do trecho.

7.6 - EMPRÉSTIMOS

Para cada empréstimo estudado foram apresentados os croquis de localização, com a área e a profundidade de exploração, o volume útil, o boletim das sondagens e os resultados dos ensaios tecnológicos executados. Estes elementos estão contidos no Volume 2B – Estudos Geotécnicos.

Para a exploração dos empréstimos serão obedecidos os critérios das Especificações do SOP-ES-T 05/19 - Empréstimos, pertinentes a esses serviços, quanto à localização, taludes, drenagens, etc., além do que prescreve a SOP-ES-MA 02/19 – Tratamento de Taludes com Solos Inconsistentes.

7.7 - DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS

A distribuição dos materiais é apresentada no Volume 2, em quadros próprios com a origem e o destino dos materiais de terraplenagem e suas respectivas distâncias de transportes.



8 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

8 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

8.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Pavimentação foi elaborado de acordo com as *Instruções de Serviço para Projeto de Pavimentação – Pavimentos Flexíveis (IS-14)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

O projeto é apresentado abordando os seguintes tópicos:

- Elementos básicos;
- Dimensionamento do pavimento;
- Concepção do projeto de pavimentação;
- Materiais utilizados nas camadas do pavimento;
- Distância Média de Transporte (DMT).

8.2 - ELEMENTOS BÁSICOS

➤ Estudos Geotécnicos

Foi estudada 01 (uma) jazida de solo para ser utilizada nas camadas de base e sub base com energia do Proctor modificado (55 golpes) e Intermediário (26 golpes), respectivamente quadros a seguir:

Quadro 46 – Jazida Base

Jazida	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	Expansão (%)	Faixa	ISC c/ brita (%)
J-01	00	0,70	13.500	9.450	42	0,36	FF	103

Quadro 47 – Jazida Base

Jazida	Estaca	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	ISC (%)	IG
J-01	12	0,70	13.500	9.450	54	0

Como pode ser observado no quadro acima, o ISC de projeto da jazida de base apresentou valor inferior a 80 %. Embora a especificação SOP-ES-P 04/19 determine um suporte > 60 % para esta camada quando o número N for menor que 5×10^6 como os trechos em análise se tratam de uma via urbana, foi adotado um ISC mínimo de 80 %.

Portanto, foi realizado estudo com mistura de 40 % de brita 1" corrida com energia do Proctor Modificado (55 golpes), sempre buscando o enquadramento nas faixas

granulométricas recomendadas nas especificações para o número N menor que 5×10^5 , onde foram obtidos os seguintes resultados:

- J-01 sem mistura → ISC de projeto = 42 % e fora de faixa
- 60 % de J-01 + 40 % de brita 1" → ISC de projeto = 103 % e faixa "D"

As distâncias da Jazida Base/Jazida Sub base aos trechos são:

Quadro 48 – Distância da Jazida Base/Jazida Sub base aos trechos

Trecho	Distância ao Eixo (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	1.115 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	5.770 – LE
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	5.690 – LE
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	2.140 – LE

8.3 - DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Para o dimensionamento das camadas do pavimento foi utilizado o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis adaptado pelo Eng. Murilo Lopes de Souza e adotado pelo DNIT, com a adoção do período de projeto de 10 anos e ano de abertura da via em 2.022.

8.4 - CONCEPÇÃO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Por se tratar de uma via urbana foi adotado uma solução que atendesse a real demanda de tráfego utilizando um número "N" (USACE) = $5,0 \times 10^6$, portanto no dimensionamento apresentado adiante, podemos concluir o seguinte:

→ Definição do Tipo e Espessura do Revestimento:

- Revestimento → para o número "N" (USACE) = $5,0 \times 10^6$, ou seja, $10^6 < N < 5 \times 10^6$, conforme tabela do DNIT abaixo, foi projetado um revestimento betuminoso tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com 5,0 cm de espessura.



Quadro 49 – Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNER)

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

- Determinação da Espessura da Base:

- Base → para o número “N” citado acima e para a solução do revestimento em CBUQ com 5,0 cm, a **base** foi calculada uma base de solo brita com 40% de brita nos trechos;

- Determinação da Espessura de Sub-base:

- Sub-base → para o citado número “N” e para os valores do ISC do subleito dos diversos segmentos homogêneos encontrados, a **sub-base** nova foi calculada com 15 cm de espessura.

Com base nestes resultados obtidos, foram estudadas as seguintes soluções:

➤ Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

SOLUÇÃO S-01 - ESTACA 0 A 25+4,219

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base sem mistura com Energia Proctor Intermediário – 26 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura.

➤ Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes

SOLUÇÃO S-01 - ESTACA 0 A 64

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base sem mistura com Energia Proctor Intermediário – 26 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura.

➤ **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

SOLUÇÃO S-01 - ESTACA 00 A 85+10

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base sem mistura com Energia Proctor Intermediário – 26 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura.
- Execução reforço do sub leito na espessura de 30 cm com enchimento de macadame hidráulico entre as estacas 17 a 27/ est. 65 a 75 e est. 83 a 85+10 compactado.

SOLUÇÃO S-02 - ESTACA 85+10 A 139 – (Pista esquerda e direita)

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base nova em pó de pedra com Energia Proctor Modificado – 56 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura, após a camada de macadame hidráulico;
- Execução de camada em macadame hidráulico, entre as estacas 85+10 a 105/ est 115 a est. 125 e est 129 e 136 na espessura de 30,0cm compactada.

SOLUÇÃO S-03 - ESTACA 139 A 146

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base sem mistura com Energia Proctor Intermediário – 26 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura.

SOLUÇÃO S-04 – ESTACA 146 A 155+17,968 (PISTA ESQ. E PISTA DIREITA)

Execução de camada de CBUQ na espessura de 5,0 cm na largura de 15,0m.

- **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

SOLUÇÃO S-01 - ESTACA 00 A 8 / 17 A 27 / 38 A 50+11,313

- Execução do revestimento da pista, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na faixa “C” da SOP-ES-P 013/19, com 5,0 cm de espessura, após aplicação de pintura de ligação e imprimação;
- Execução de base com mistura de 40% de brita com Energia Proctor Modificado – 55 golpes, ISC > 80%, com 20 cm de espessura;
- Execução de sub-base sem mistura com Energia Proctor Intermediário – 26 golpes, ISC > 20%, com 15 cm de espessura.
- Execução reforço do sub leito na espessura de 30 cm com enchimento de macadame hidráulico compactada entre as estacas 9 a 17/ est. 27 a 38

8.5 - DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS NAS CAMADAS DO PAVIMENTO

- A sub-base será executada sem mistura com solo da jazida J-02 (sub-base) com energia do Proctor Intermediário (26 golpes) e ISC > 20 %;
- A base será executada com solo da jazida J-01 (base) sobre colchão de pó de pedra da pedreira P-01 para via do trecho em estudo;

- A pintura de ligação será executada com Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida tipo RR-1C com taxa de 5,0 L/m² proveniente de Fortaleza;
- A imprimação da base será executada com Asfalto Diluído tipo CM-30 com taxa de 1,3 L/m² proveniente de Fortaleza;
- O revestimento da pista será executado com CBUQ faixa “C” da SOP-ES-P 13/19, confeccionado em usina através da mistura dos seguintes materiais:
 - Brita 3/8” → 34,0 % - proveniente da pedreira P-01
 - Pó de pedra → 34,0 % - proveniente da pedreira P-01
 - Arisco → 24,0 % - proveniente do areal A-02
 - Filler → 2,0 % - proveniente de Sobral
 - CAP-50/70 → 6,0 % - proveniente de Fortaleza

Foi considerado no CBUQ um melhorador de adesividade tipo DOPE à taxa de 0,5 % do ligante.

Para efeito de orçamento, as instalações de campo/usina foram indicadas a 3,80 km do local da pedreira, com acesso asfaltado e energia elétrica disponível.

A área já é licenciada para exploração de brita e pedra, portanto a empresa Construtora deverá solicitar autorização do proprietário para instalação da usina e junto a SEMACE, o pedido de Licenciamento Ambiental da área, apresentando os documentos necessários para aprovação.

Se a instalação da usina não for permitida, a Construtora deverá procurar uma área conveniente e solicitar junto a SEMACE, o pedido de Licenciamento Ambiental desta área, apresentando os documentos necessários para aprovação.

Devido à restrição de espaço para liberação de tráfego durante a construção, foi prevista a aplicação de pintura de ligação antes da camada de CBUQ.

As taxas dos ligantes e agregados do CBUQ deverão atender a faixa "C" da SOP-ES-P 13/19 e serão confirmadas e aprovadas por ocasião da obra, pela Fiscalização da SOP-CE e Consultoria, sendo que as taxas e valores utilizados foram obtidos através de recomendações determinadas pela SOP-CE para permitir a elaboração do orçamento.

A faixa granulométrica do CBUQ a ser usada deve ter seu diâmetro máximo $D_{max} \leq 2/3 h$, sendo h a espessura da camada compactada do revestimento. Foi considerado no CBUQ um melhorador de adesividade tipo DOPE à taxa de 0,5 % do ligante.

8.6 – DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE

- **Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte**

1 – Material betuminoso de Fortaleza para o trecho (CM-30 e RR-1C):

- Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km
- Percurso em Fortaleza → 15,0 km
- Percurso em Sobral → 16,0 km
- DMT = 221,0 + 15,0 + 16,0 = **252,0 km**

2 – Materiais nobres de Sobral para o trecho (Cimento, madeira, ferro e tubos):

- Percurso em Sobral → 5,38 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,50 km
- DMT = 5,38 + 0,50/2 = **5,60 km**

3 – Material betuminoso de Fortaleza para usina de CBUQ (CAP-50/70 e Dope):

- Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km
- Percurso em Fortaleza → 15,0 km
- Distância de Sobral à usina → 8,0 km
- DMT = 221,0 + 15,0 + 8,0 = **244,0 km**

8 – Filler de Sobral para a usina de asfalto:

- Local da usina → 5,93 km da estaca 00
- Distância de Sobral até a usina → **5,6 km**
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,5 km
- DMT = 2,38 + 3,00 + 0,50/2 = **5,6 km**

9 – Brita e pedra para drenagem e obras d'arte:

- Distância da pedra P-01 → 9,73 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,5 km
- DMT_{P-01} = 9,73 + 0,50/2 = **9,98 km**

10 – Brita e pó de pedra para usina de asfalto:

- Distância da usina para pedra → 3,80 km da pedra
- DMT = **3,80 km**

7 – Arisco para usina de CBUQ:

- Distância do areal A-01 → 15,6 km da usina
- $DMT_{A-01} = 1,7 + 1,2 + 6,77 + 5,93 = 15,6 \text{ km}$

8 – CBUQ da usina para pista

- Distância da usina para o trecho → 5,93 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,50 km
- $DMT_{USINA} = 5,93 + 0,50 / 2 = 6,18 \text{ km}$

11 – Areia de rio (grossa) para drenagem e obras d'arte:

- Distância do areal A-01 → 9,67 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,50 km
- $DMT_{A-01} = 1,7 + 1,2 + 6,77 + 0,50 / 2 = 9,92 \text{ km}$

12 – Solo para base:

- Distância da jazida J-01 Base → 16,83 km da usina
- Distância da jazida J-01 Base → 10,90 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,50 km
- $DMT_{J-01B} = 0,05 + 0,57 + 1,01 + 2,5 + 6,77 + 0,50/2 = 11,15 \text{ km}$

13 – Solo para sub-base:

- Distância da jazida J-02 SB → 10,90 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 0,50 km
- $DMT_{J-02SB} = 0,05 + 0,57 + 1,01 + 2,5 + 6,77 + 0,50/2 = 11,15 \text{ km}$

• **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes**

1 – Material betuminoso de Fortaleza para o trecho (CM-30 e RR-1C):

- Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km
- Percurso em Fortaleza → 15,0 km
- Percurso em Sobral → 16,6 km
- $DMT = 221,0 + 15,0 + 11,6 = 247,6 \text{ km}$

2 – Materiais nobres de Sobral para o trecho (Cimento, madeira, ferro e tubos):

- Percurso em Sobral → 2,00 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km
- $DMT = 1,96 + 1,28/2 = 2,60 \text{ km}$

3 – Material betuminoso de Fortaleza para usina de CBUQ (CAP-50/70 e Dope):

- Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km
- Percurso em Fortaleza → 15,0 km
- Distância de Sobral à usina → 8,0 km
- DMT = $221,0 + 15,0 + 8,0 = 244,0$ km

14 – Filler de Sobral para a usina de asfalto:

- Local da usina → 2,66 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km
- DMT = $2,66 + 1,28/2 = 3,3$ km

15 – Brita e pedra para drenagem e obras d'arte:

- Distância da pedra P-01 → 4,22 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km
- DMT_{P-01} = $3,58 + 1,28/2 = 4,54$ km

16 – Brita e pó de pedra para usina de asfalto:

- Distância da usina para pedra → 3,80 km da pedra
- DMT = **3,80 km**

7 – Arisco para usina de CBUQ:

- Distância do areal A-01 → 15,6 km da usina
- DMT_{A-01} = $1,7 + 1,2 + 6,77 + 5,93 = 15,6$ km

8 – CBUQ da usina para pista

- Distância da usina para o trecho → 12,4 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km
- DMT_{USINA} = $11,73 + 1,28 / 2 = 12,40$ km

17 – Areia de rio (grossa) para drenagem e obras d'arte:

- Distância do areal A-01 → 4,54 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km
- DMT_{A-01} = $1,7 + 1,2 + 1,0 + 1,28/2 = 4,54$ km

18 – Solo para base:

- Distância da jazida J-01 Base → 16,83 km da usina
- Distância usina → 11,73 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km

– $DMT_{J-01B} = 11,73 + 1,28/2 = 12,37 \text{ km}$

19 – Solo para sub-base:

– Distância da jazida J-02 SB → 5,13 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 64) → 1,28 km

– $DMT_{J-02SB} = 0,05 + 0,57 + 1,01 + 2,5 + 1,0 + 1,28/2 = 5,77 \text{ km}$

• **Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani**

1 – Material betuminoso de Fortaleza para o trecho (CM-30 e RR-1C):

– Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km

– Percurso em Fortaleza → 15,0 km

– Percurso em Sobral → 7,5 km

– $DMT = 221,0 + 15,0 + 7,5 = 243,5 \text{ km}$

2 – Materiais nobres de Sobral para o trecho (Cimento, madeira, ferro e tubos):

– Percurso em Sobral → 2,95 km

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT = 2,95 + 3,10/2 = 4,50 \text{ km}$

3 – Material betuminoso de Fortaleza para usina de CBUQ (CAP-50/70 e Dope):

– Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km

– Percurso em Fortaleza → 15,0 km

– Distância de Sobral à usina → 8,0 km

– $DMT = 221,0 + 15,0 + 8,0 = 244,0 \text{ km}$

20 – Filler de Sobral para a usina de asfalto:

– Local da usina → 12,75 km da estaca 00

– Distância de Sobral até a usina → 4,50 km

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT = 3,00 + 3,10/2 = 4,50 \text{ km}$

21 – Brita e pedra para drenagem e obras d'arte:

– Distância da pedreira P-01 → 16,55 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT_{P-01} = 16,55 + 3,10/2 = 18,10 \text{ km}$

22 – Brita e pó de pedra para usina de asfalto:

– Distância da usina para pedreira → 3,80 km da pedreira

– $DMT = 3,80 \text{ km}$

7 – Arisco para usina de CBUQ:

– Distância do areal A-01 → 15,6 km da usina

– $DMT_{A-01} = 1,7 + 1,2 + 6,77 + 5,93 = 15,6 \text{ km}$

8 – CBUQ da usina para pista

– Distância da usina para o trecho → 12,75 km

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT_{USINA} = 12,75 + 3,10/2 = 14,31 \text{ km}$

23 – Areia de rio (grossa) para drenagem e obras d'arte:

– Distância do areal A-01 → 2,90 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT_{A-01} = 1,7 + 1,2 + 3,10/2 = 4,45 \text{ km}$

24 – Solo para base:

– Distância da jazida J-01 Base → 16,83 km da usina

– Distância usina → 12,75 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT_{J-01B} = 12,77 + 3,10/2 = 14,76 \text{ km}$

25 – Solo para sub-base:

– Distância da jazida J-02 SB → 4,13 km da estaca 00

– Extensão do trecho (est. 00 a 155+17,968) → 3,10 km

– $DMT_{J-02SB} = 0,05 + 0,57 + 1,01 + 2,5 + 3,10/2 = 5,68 \text{ km}$

• **Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo**

1 – Material betuminoso de Fortaleza para o trecho (CM-30 e RR-1C):

– Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km

– Percurso em Fortaleza → 15,0 km

– Percurso em Sobral → 16,0 km

– $DMT = 221,0 + 15,0 + 7,45 = 243,5 \text{ km}$

2 – Materiais nobres de Sobral para o trecho (Cimento, madeira, ferro e tubos):

- Percurso em Sobral → 2,10 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 1,01 km
- DMT = $2,10 + 1,01/2 = 2,60$ km

3 – Material betuminoso de Fortaleza para usina de CBUQ (CAP-50/70 e Dope):

- Distância de Fortaleza a Sobral → 221,0 km
- Percurso em Fortaleza → 15,0 km
- Distância de Sobral à usina → 8,0 km
- DMT = $221,0 + 15,0 + 8,0 = 244,0$ km

26 – Filler de Sobral para a usina de asfalto:

- Local da usina → 3,00 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 1,01 km
- DMT = $3,00 + 1,01/2 = 3,5$ km

27 – Brita e pedra para drenagem e obras d'arte:

- Distância da pedra P-01 → 19,0 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 1,01 km
- DMT_{P-01} = $19,0 + 1,01/2 = 19,50$ km

28 – Brita e pó de pedra para usina de asfalto:

- Distância da usina para pedra → 3,80 km da pedra
- DMT = **3,80 km**

7 – Arisco para usina de CBUQ:

- Distância do areal A-01 → 15,65 km da usina
- DMT_{A-01} = $1,7 + 1,2 + 12,75 = 15,65$ km

8 – CBUQ da usina para pista

- Distância da usina para o trecho → 12,75 km
- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 3,10 km
- DMT_{USINA} = $12,75 + 2,50 + 1,01/2 = 15,75$ km

29 – Areia de rio (grossa) para drenagem e obras d'arte:

- Distância do areal A-01 → 5,40 km da estaca 00

- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 1,01 km
- $DMT_{A-01} = 1,7 + 1,2 + 2,50 + 1,01/2 = \mathbf{5,90 \text{ km}}$

30 – Solo para base:

- Distância da jazida J-01 Base → 16,83 km da usina
- Distância da jazida J-01 Base → 15,27 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 50+11,313) → 3,10 km
- $DMT_{J-01B} = 15,27 + 1,01/2 = \mathbf{15,77 \text{ km}}$

31 – Solo para sub-base:

- Distância da jazida J-02 SB → 1,63 km da estaca 00
- Extensão do trecho (est. 00 a 25+4,219) → 1,01 km
- $DMT_{J-02SB} = 0,05 + 0,57 + 1,01 + 1,01/2 = \mathbf{2,13 \text{ km}}$



9 - PROJETO DE DRENAGEM

9 - PROJETO DE DRENAGEM

9.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Drenagem foi desenvolvido conforme as *Instruções de Serviço para Projeto de Drenagem (IS-13)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários da SOP-CE.

9.2 - METODOLOGIA

Os elementos de drenagem superficial, bueiros e obras complementares, foram dimensionados com capacidade de atender às vazões do projeto, obtidas dos estudos hidrológicos.

9.2.1 – Sarjeta de Corte e Banquetas de Aterro

A capacidade teórica de vazão das banquetas de aterro e sarjetas de corte foi determinada pela fórmula de Manning modificado por IZZARD, ou seja:

$$Q = 0,375 (Z / n) i^{1/2} \cdot y^{8/3}$$

Onde:

Q = a vazão em m³/s;

Z = é o inverso da declividade transversal (m/m);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional).

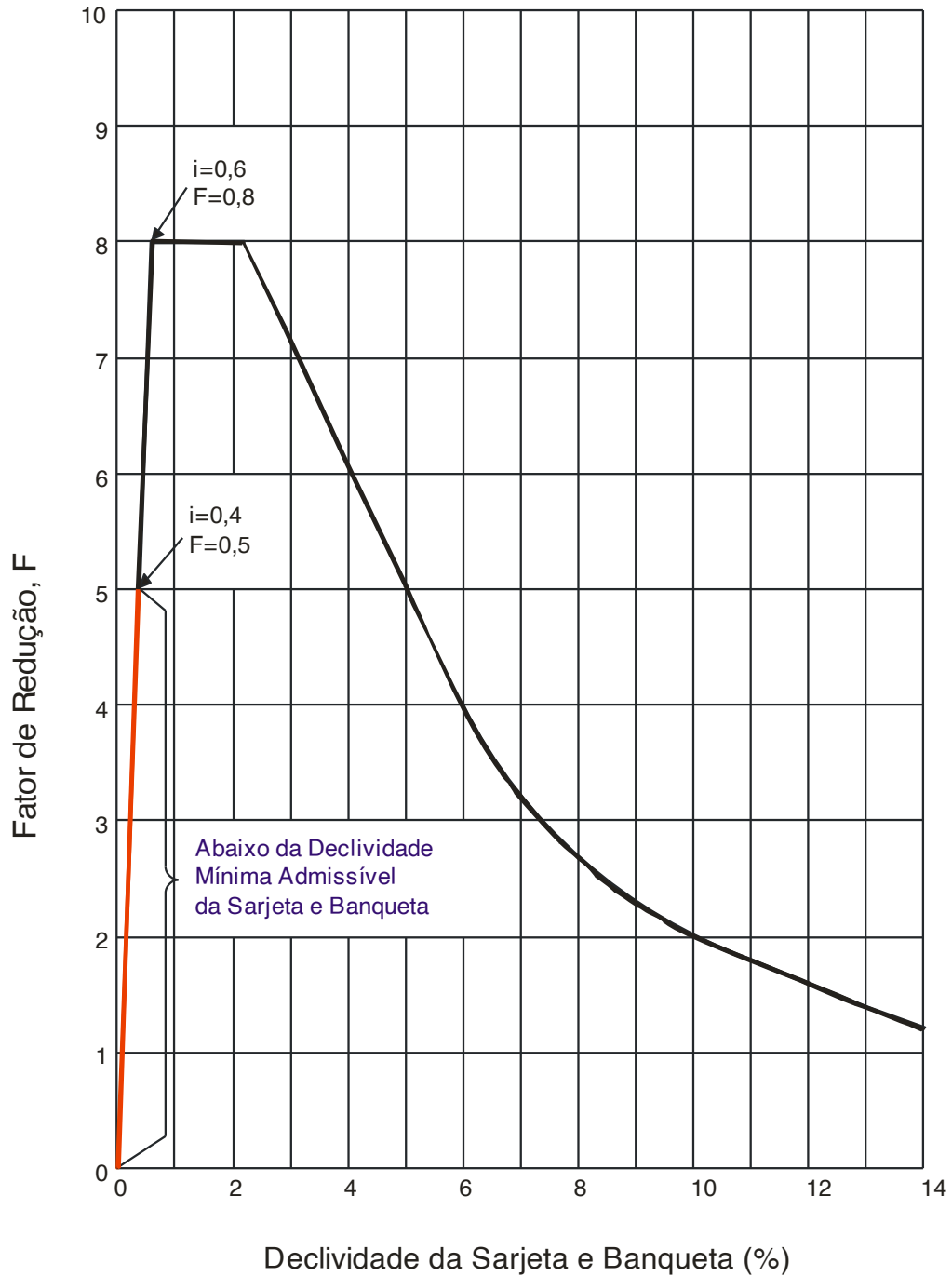
i = declividade longitudinal (m/m);

y = profundidade da lâmina d'água (m).

A descarga teórica obtida da expressão anterior será corrigida pelo fator “F”, obtido em função da declividade longitudinal, do gráfico a seguir:



FATOR DE REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA E BANQUETA



9.2.2 – Descidas d'Água

A capacidade de vazão das descidas d'água foi determinada pelo teorema de Bernoulli, exposto abaixo em forma de expressão:

$$Z_1 + (V_1)^2 / 2g = Z_2 + (V_2)^2 / 2g$$

Onde:

Z_1 = energia potencial no ponto 01;

V_1 = velocidade no ponto 01;

Z_2 = energia potencial no ponto 02;

V_2 = velocidade no ponto 02;

g = aceleração da gravidade igual a 9,81 m/s².

9.2.3 – Dreno Profundo

A capacidade de vazão dos drenos profundos foi determinada pela Lei de Darcy preconizada pelo DNIT, conforme exposto abaixo em forma de expressão:

$$Q = K \cdot A \cdot I$$

Onde:

Q = vazão – descarga no meio poroso (m³/s);

K = coeficiente de condutividade hidráulica – permeabilidade (m/s) – tabela 01;

A = área da seção normal à direção do fluxo (m²);

I = gradiente hidráulico (m/m).

Quadro 50 – Coeficiente Condutividade Hidráulica

TIPO MATERIAL	DE	Granulometria	K (cm/s)
Brita 5		7,5 a 10,0	100
Brita 4		5,0 a 7,5	80
Brita 3		2,5 a 5,0	45
Brita 2		2,0 a 2,5	25
Brita 1		1,0 a 2,0	15
Brita 0		0,5 a 1,0	5
Areia grossa		0,2 a 0,5	1,00E-01
Areia fina		0,005 a 0,04	1,00E-03
Silte		0,0005 a 0,005	1,00E-05
Argila		< 0,0005	1,00E-08

O espaçamento das linhas de drenos é determinada pela seguinte expressão:

$$E = 2 \cdot h \cdot \text{Raiz} (K / q)$$

Onde:

E = espaçamento das linhas de dreno (m);

h = altura do lençol freático acima da linha dos drenos, após construção (m);

K = coeficiente de condutividade hidráulica – permeabilidade (m/s) – tabela 01;

q = contribuição da infiltração por m² de área sujeita a precipitação (m³/s/m²);

l = gradiente hidráulico (m/m).

9.2.4 – Bueiros Projetados

Os bueiros foram dimensionados como canal considerando a Energia Específica do fluxo crítico igual à profundidade do canal (diâmetro ou altura).

As vazões máximas admissíveis serão calculadas para o fluxo crítico, onde temos:

$$E_c = H$$

$$E_c = (3 / 2) h_c$$

$$V_c = \sqrt{g h_c}$$

$$I_c = (n_2 V_2 / R_c)^{4/3}$$

$$Q_c = (1 / n) \cdot A_c \cdot R_c^{2/3} \cdot I_c^{1/2}$$

Onde:

E_c = energia específica do fluxo crítico;

H = profundidade do canal;

h_c = profundidade crítica;

V_c = velocidade crítica;

I_c = declividade crítica;

Q_c = vazão crítica (máxima);

R_c = raio hidráulico crítico;

O cálculo, além de ser feito funcionando como canal, considerou-se também o bueiro funcionando como orifício.

Nesta situação deve-se ter:

$$H_w > 1,2 D \text{ ou } H_w > 1,2 H$$

Onde:

H_w = nível d'água a montante;

D = diâmetro (bueiros tubulares);

H = altura (bueiros capeados).

A vazão é dada pela expressão abaixo:

$$Q = C \times A \sqrt{2g \cdot h}$$

Onde:

Q = vazão do bueiro (m³/s);

C = coeficiente de vazão igual a 0,60 (adimensional).

A = área do bueiro (m²);

g = aceleração da gravidade igual a 9,81 m/s²;

h = carga hidráulica tomada a partir do eixo de seção do bueiro (m);

9.3 – DIMENSIONAMENTO

9.3.1 – Banquetas de Aterro (Meio-fio)

O projeto indicou a implantação das seguintes extensões de banquetas moldadas no local com 25 cm de altura padrão SOP-CE, para contenção externa do calçamento poliédrico e 35 cm para vias urbanas.

Quadro 51 – Extensões de banquetas e meio fio de via urbana pré-moldadas

Trecho	Banquetas projetadas - Via Urbana H=35 cm (m)	Banquetas projetadas H=25 cm (m)
Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte	3.045,32	-
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes	-	1.998,00
Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Dr Guarani	9.800,00	5.930,00
Trecho: Entr. CE-417 – Acesso a Av. Maria da Conceição Pontes de Azevedo	1.100,00	-

As seções transversais destes dispositivos projetados para os trechos são apresentadas no Volume 2 – Projeto de Execução.

Para as seções indicadas, a vazão afluyente, a vazão admissível no final do segmento e a distância de captação para determinar a localização das saídas d'água, considerando um tirante d'água junto a guia de 6 cm, para as declividades de 0,5 % a 12,0 % são apresentadas nos quadros abaixo.



Quadro 52 – Hidrologia dos dispositivos de drenagem – Trecho: Entr. CE-417 - Confluência com as Avenidas John Sanford e Cleto Ferreira da Ponte

HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL							
RODOVIA: CE-440		TRECHO: ENTR. CE-417 - CONFLUÊNCIA COM AS AV. JOHN SANFORD E CLETO FERREIRA DA				EXTENSÃO: 0,50 km	
BANQUETA							
DECLIVIDADE LONGITUDINAL	DECLIVIDADE TRANVERSA	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	PROFUNDIDADE DA LÂMINA	FATOR DE REDUÇÃO	VAZÃO ADMISSÍVEL	VAZÃO AFLUENTE	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO
(m/m)	(Z)	(n)	(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s/m)	(m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000521	46
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000521	81
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000521	115
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000521	129
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000521	125
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000521	113
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000521	100
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000521	88
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000521	79
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000521	71
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000521	65
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000521	61
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000521	56



Quadro 53 – Hidrologia dos dispositivos de drenagem – Trecho: Entr. CE-417 - Acesso a Av. Pimentel Gomes
HIDROLOGIA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

RODOVIA: VICINAL	TRECHO: ENTR. 417 - ACESSO A AV. PIMENTEL GOMES	EXTENSÃO: 1,28 km
------------------	---	-------------------

SARJETA TIPO "L"

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	LARGURA DA LÂMINA (m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z2)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO (V1) ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO (V2) ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO TOTAL ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO AFLUENTE (m3/s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,50		0,013	0,30	0,65	0,141		0,141	0,000350	403
0,010	0,50	1,00	0,013	0,30	0,80	0,186	0,093	0,279	0,000350	798
0,020	0,50	1,00	0,013	0,30	0,80	0,263	0,132	0,395	0,000350	1.130
0,030	0,50	1,00	0,013	0,30	0,73	0,294	0,147	0,441	0,000350	1.261
0,040	0,50	1,00	0,013	0,30	0,61	0,284	0,142	0,426	0,000350	1.218
0,050	0,50	1,00	0,013	0,30	0,50	0,260	0,130	0,390	0,000350	1.115
0,060	0,50	1,00	0,013	0,30	0,40	0,228	0,114	0,342	0,000350	978
0,070	0,50	1,00	0,013	0,30	0,33	0,203	0,102	0,305	0,000350	872
0,080	0,50	1,00	0,013	0,30	0,27	0,178	0,089	0,267	0,000350	764
0,090	0,50	1,00	0,013	0,30	0,23	0,161	0,080	0,241	0,000350	689
0,100	0,50	1,00	0,013	0,30	0,20	0,147	0,074	0,221	0,000350	632
0,110	0,50	1,00	0,013	0,30	0,18	0,139	0,069	0,208	0,000350	595
0,120	0,50	1,00	0,013	0,30	0,16	0,129	0,064	0,193	0,000350	552

BANQUETA

DECLIVIDADE LONGITUDINAL (m/m)	DECLIVIDADE TRANSVERSAL (Z)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (n)	PROFUNDIDADE DA LÂMINA (m)	FATOR DE REDUÇÃO (m)	VAZÃO ADMISSÍVEL (m3/s)	VAZÃO AFLUENTE (m3/s/m)	DISTÂNCIA DE CAPTAÇÃO (m)
0,005	0,03	0,013	0,06	0,65	0,024	0,000304	79
0,010	0,03	0,013	0,06	0,80	0,042	0,000304	138
0,020	0,03	0,013	0,06	0,80	0,060	0,000304	198
0,030	0,03	0,013	0,06	0,73	0,067	0,000304	221
0,040	0,03	0,013	0,06	0,61	0,065	0,000304	214
0,050	0,03	0,013	0,06	0,50	0,059	0,000304	194
0,060	0,03	0,013	0,06	0,40	0,052	0,000304	171
0,070	0,03	0,013	0,06	0,33	0,046	0,000304	151
0,080	0,03	0,013	0,06	0,27	0,041	0,000304	135
0,090	0,03	0,013	0,06	0,23	0,037	0,000304	122
0,100	0,03	0,013	0,06	0,20	0,034	0,000304	112
0,110	0,03	0,013	0,06	0,18	0,032	0,000304	105
0,120	0,03	0,013	0,06	0,16	0,029	0,000304	95