



PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO VIÁRIA
TRECHO: NOVO ORIENTE - SANTA MARIA
EXTENSÃO: 11,47Km
GOVERNO MUNICIPAL DE NOVO ORIENTE

SUMÁRIO



1. APRESENTAÇÃO	5
2. MAPA DE SITUAÇÃO	5
3. ESTUDOS DE TRÁFEGO	6
3.1. INTRODUÇÃO	6
3.2. METODOLOGIA	6
3.3. CÁLCULO DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO	6
3.4. PROJEÇÃO DE TRÁFEGO E CÁLCULO DO NÚMERO "N"	7
3.5. CONCLUSÃO	11
4. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	13
4.1. INTRODUÇÃO	13
4.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	13
4.3. SERVIÇOS EXECUTADOS	13
4.4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO TOPOGRÁFICO	15
5. ESTUDOS HIDROLÓGICO	16
5.1. INTRODUÇÃO	16
5.2. METODOLOGIA	16
5.2.1. Intensidade de Chuva (I)	19
5.2.2. Precipitação (P)	19
5.2.3. Tempo de Concentração (Tc)	20
5.2.4. Tempo de Recorrência (Tr)	20
5.3. VAZÕES DE PROJETO	21
5.4. CÁLCULOS ELABORADOS	25
5.4.1. Drenagem Superficial	25
5.4.2. Obras d'Arte Correntes e Especiais	26
6. ESTUDOS GEOTÉCNICOS	27
6.1. INTRODUÇÃO	27
6.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS	27
6.2.1. Clima e Pluviometria	27
6.2.2. Geologia e Geomorfologia	27
6.2.3. Solos e Vegetação	27
6.2.4. Vegetação	27
6.2.5. Recursos Hídricos	28
6.3. SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS	28



6.3.1.	Estudo do Subleito	28
6.3.2.	Estudos de Empréstimos	29
6.3.3.	Estudo de Jazidas	29
6.3.4.	Estudo de Areais	30
6.3.5.	Fontes de Exploração de Materiais Nobres	31
6.4.	APRESENTAÇÃO	31
7.	PROJETO GEOMÉTRICO	32
7.1.	INTRODUÇÃO	32
7.2.	TRAÇADO PROJETADO	32
7.3.	APRESENTAÇÃO	34
8.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	35
8.1.	INTRODUÇÃO	35
8.2.	CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO	35
8.3.	SEÇÕES TRANSVERSAIS TIPO E TALUDES	36
8.4.	NOTAS DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM	37
8.5.	QUADRO DE VOLUMES	37
8.6.	EMPRÉSTIMOS	37
8.7.	DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS	38
9.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	38
9.1.	INTRODUÇÃO	38
9.2.	CARACTERIZAÇÃO DO PAVIMENTO	38
9.3.	ELEMENTOS BÁSICOS	38
9.4.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	41
9.5.	CONCEPÇÃO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	41
9.6.	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS NAS CAMADAS DO PAVIMENTO	42
9.7.	MEMÓRIA DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	42
9.8.	DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE	44
10.	PROJETO DE DRENAGEM	46
10.1.	INTRODUÇÃO	46
10.2.	METODOLOGIA	46
10.2.1.	Banquetas de Aterro	47
10.2.2.	Descidas d'Água	48
10.2.3.	Bueiros Projetados	49
10.3.	DIMENSIONAMENTO	50
10.3.1.	Banquetas de Aterro (Meio-fio)	50



10.3.2.	Descidas d'Água.....	51
10.3.3.	Bueiros Existentes e Projetados	52
10.4.	INTRODUÇÃO	55
10.5.	INTERSEÇÕES PROJETADAS	55
10.6.	APRESENTAÇÃO	55
11.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	56
11.1.	INTRODUÇÃO	56
11.2.	SINALIZAÇÃO VERTICAL	56
11.3.	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	56
11.4.	APRESENTAÇÃO	57
12.	PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES	58
12.1.	CERCAS DE PROTEÇÃO	58
13.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	59
13.1.	INTRODUÇÃO	59
13.2.	ESPECIFICAÇÕES GERAIS	59



ANEXO I – DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DE MEIO-FIO

ANEXO II – DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DE BUEIROS

1. APRESENTAÇÃO

A Ibiapina Serviços e Construções Eireli, situada na Av. Dom Luis nº 500, 1511/1512 – Bairro Aldeota – Fortaleza – Ceará – CEP: 60.160-196, vem através deste Relatório, apresentar à Prefeitura Municipal de Novo Oriente, o **Volume 1 – Relatório de Projeto**, referente à Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Necessários às Obras de Pavimentação do acesso ao distrito de Santa Maria, com extensão de 11,47 km.



O Projeto Executivo é apresentado nos seguintes volumes:

- Volume 1 – Relatório do Projeto (formato A-4);
- Volume 2 – Projeto de Execução (formato A-3);
- Volume 2A – Notas de Serviço e Cálculo de Volumes (formato A-4);
- Volume 2B – Estudos Geotécnicos (formato A-4);
- Volume 4 – Orçamento (formato A-4);
- Volume 5 – Obras de Artes Especiais (formato A-3);

Atenciosamente,

FRANCISCO
GIORDANO IBIAPINA
RODRIGUES DE
CARVALHO:957596973
15

Assinado digitalmente por FRANCISCO GIORDANO
IBIAPINA RODRIGUES DE CARVALHO:95759697315
ID: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Certificado Digital PF
A1, OU=Assinatura, OU=45616309000149,
OU=ICP-Brasil, CN=FRANCISCO
GIORDANO IBIAPINA RODRIGUES DE
CARVALHO:95759697315
Fizemos o autor deste documento
Localizar:
Data: 2024/10/28 11:34:03-0300
Foxit PDF Reader Versão: 2024.3.0

IBIAPINA SERVIÇOS E CONSTRUÇÕES
Francisco Giordano Ibiapina Rodrigues de Carvalho
Engº Civil RNP 060776210
Representante Legal

2. MAPA DE SITUAÇÃO

A Figura 1 apresenta o mapa contendo a situação do segmento viário, escopo deste trabalho, no contexto geral da região.

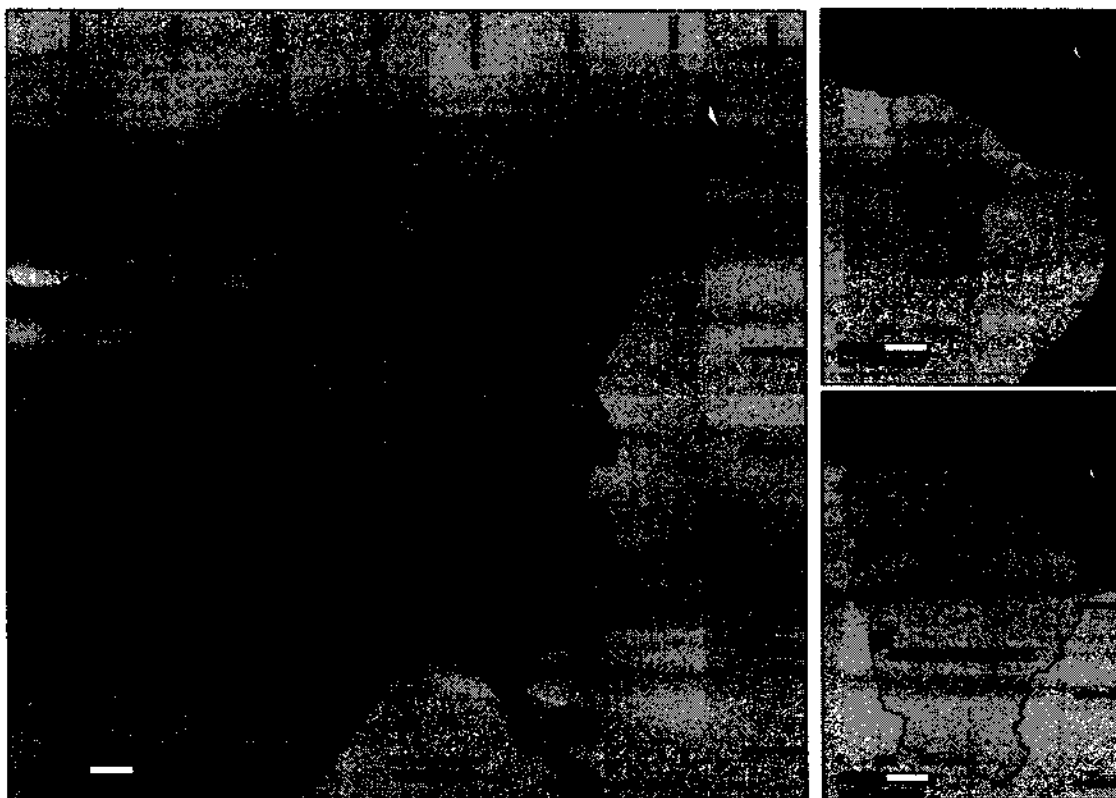


Figura 1 – Mapa de Situação

3. ESTUDOS DE TRÁFEGO

3.1. INTRODUÇÃO

Os Estudos de Tráfego foram desenvolvidos de acordo com as *Instruções do Serviço para Estudos de Tráfego de Rodovias (IS-01)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

3.2. METODOLOGIA

O trecho em estudo refere-se a uma estrada de terra que liga a sede do município ao distrito de Santa Maria e esse tipo de via geralmente apresenta baixo volume de tráfego. Com o intuito de maximizar a qualidade do projeto, foi utilizada como parâmetro, uma pesquisa volumétrica classificatória de tráfego realizada pela Prefeitura Municipal de Novo Oriente em 2 pontos distintos da CE-187, conforme indicado na Figura 2.

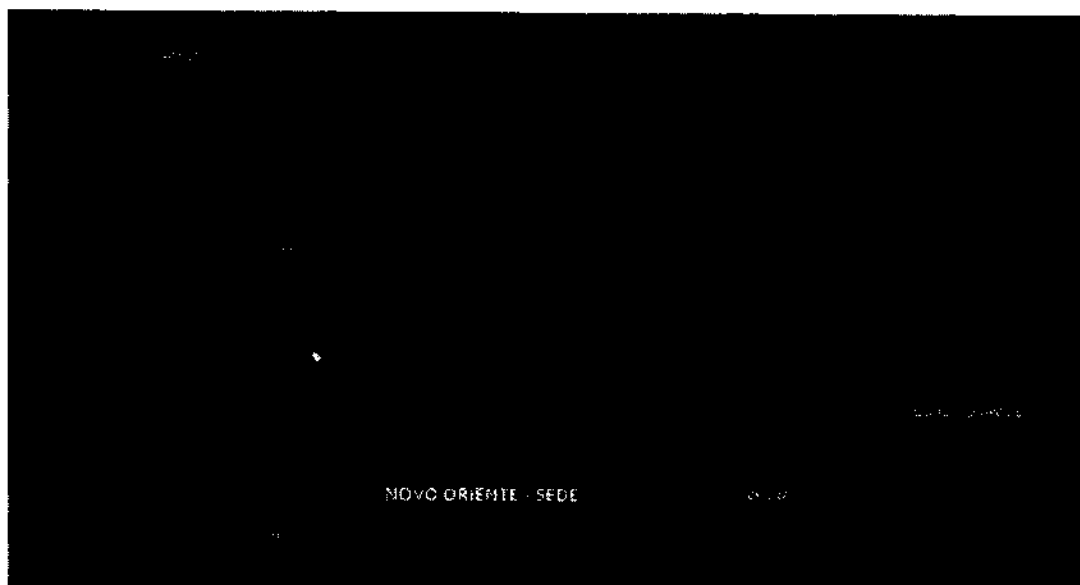


Figura 2 – Pontos de Contagem

3.3. CÁLCULO DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO

Para cálculo do VMD, foi considerado o valor médio totalizado por dia para cada tipo de veículo. Os VMDs calculados para o trecho foram os mostrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - VMD - Ponto 1

Rodovia	Ano	Sentido	Auto	Veículos Comerciais				Total
				2C	3C	4C	2S2	
CE-187	2023	Crateús – Novo Oriente	439	53	20	2	1	515



Tabela 2 - VMD - Ponto 2

Rodovia	Ano	Sentido	Auto	Veículos Comerciais						Total
				2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	
CE-187	2023	Tauá – Novo Oriente	409	49	14	4	1	2	1	480

3.4. PROJEÇÃO DE TRÁFEGO E CÁLCULO DO NÚMERO "N"

A determinação do número de solicitações do eixo padrão de 8,2 toneladas ao longo do período de projeto, número "N", foi realizada considerando a metodologia indicada no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), cuja expressão é a seguinte está indicada na Figura 3.

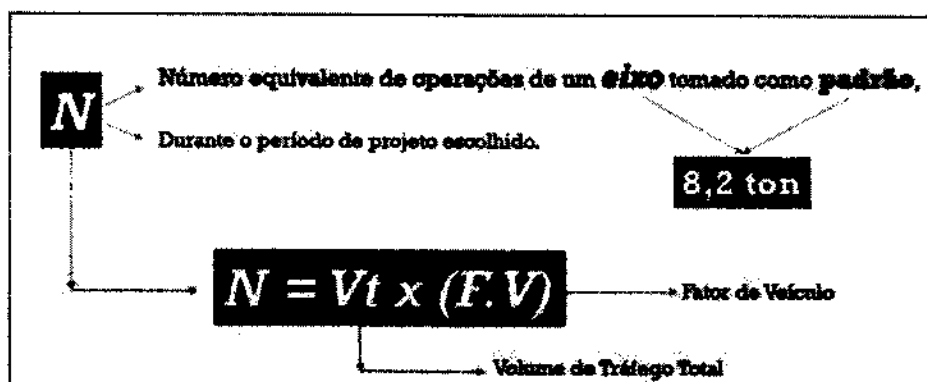


Figura 3 – Expressão para determinação do valor de "N"

O número "N" é calculado em função do volume de tráfego total, considerando uma taxa de crescimento anual, partindo de uma quantidade atual e considerando todo o período de projeto, conforme indicado na Figura 4.

$$V_t = \frac{365 V_1 [(1+t/100)^p - 1]}{t/100}$$

V_t - Volume Total de Tráfego
V₁ - Volume Inicial de Tráfego
t - Taxa de Crescimento Anual
p - Período de Crescimento



Figura 4 – Expressão para cálculo do volume de tráfego

O parâmetro **V_t** representa o volume total de tráfego em um sentido no ano de projeto enquanto o **V₁** representa o volume médio diário de tráfego em um sentido no ano de abertura.

É importante salientar que para o cálculo do número "N", apenas os veículos comerciais são considerados.

A classificação dos veículos vai indicar o quão destrutivas as cargas aplicadas pelos mesmos serão para o pavimento. Essa resposta é indicada pelo parâmetro conhecido como Fator de Veículo.

O Fator de Veículo vai indicar o quanto cada tipo de veículo representa em relação a um eixo padrão de 8,2 toneladas. Dessa forma é necessário que haja uma transformação para cada um desses tipos, levando em consideração sua frequência na contagem volumétrica, quantidade de eixos e a carga aplicada em cada um desses eixos.

Por meio do tipo de veículo, calcula-se um fator de equivalência de carga para cada eixo, cujos valores somados representa o fator total do veículo. Cada fator calculado deve ser multiplicado pela frequência do respectivo tipo de veículo e o somatório dos resultados representará o Fator de Veículo (FV).

$$\text{Fator de Veículo} = \sum (P * F_v) \quad (1)$$

Onde **P** representa o percentual por tipo de veículo e **F_v** representa o fator de equivalência de carga dele.

Para o trabalho em questão foram determinados os valores de **F_v** utilizando tanto a metodologia da *American Association of State Highway and Transportation Officials* -AASHTO quanto a metodologia do *U.S. Army Corps of Engineers* - USACE. O valor considerado será aquele com maior resultado obtido. As fórmulas da AASHTO

foram desenvolvidas baseadas no índice de serventia e as fórmulas do USACE são baseadas nos efeitos dos carregamentos na deformação permanente.

O quadro de fabricantes de veículos indicado pelo DNIT apresenta cada tipo de veículo com sua respectiva carga por eixo, no molde exemplificado na Figura 5.



	2/2	16,5 / (16,5)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade indicada pelo fabricante do pneu. S1 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 ≤ 3,00 m	3C	65
	2/2	33 / (34,15)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12 > 3,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m	3C	67
	2/2	19,5 / (20,475)	CAMINHÃO TRUCADO COM EIXO TRASEIRO MISTO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. d12 > 3,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m Pelo menos: Veículo completo (incluindo) detidos do conjunto de eixo traseiro duplo, ou com quatro e eixo com dois pneumáticos.	3C3	105

DNIT (2002). Quadro de Fabricantes de Veículos

Figura 5 – Exemplo de cargas por eixo por tipo de veículo

Os eixos podem ser do tipo ESRS (Eixo Simples Roda Simples) com 6 toneladas, ESRD (Eixo Simples Roda Dupla) com 10 toneladas, ETD (Eixo Tandem Duplo) com 17 toneladas e ETT (Eixo Tandem Triplo) com 25,5 toneladas. As siglas para cada tipo de veículo com suas respectivas cargas são as mostradas nas figuras 6 e 7.

Veículo	Composição	Carregamento
2C	Caminhão médio	ESRS-6 + ESRD-10
3C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETD-17
4C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETT-25,5
2S1	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10
2S2	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETD-17
2S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETT-25,5
3S2	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ETD-17
3S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ETD-17 + ETT-22
2C2	Reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10
2C3	Reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10 + ETD-17
3C2	Reboque	ESRS-6 + ETD-17 + 2ESRD-10
3C3	Reboque	ESRS-6 + 2ETD-14,5 + ESRD-10

Figura 6 – Exemplo de tipos e composições de eixos por veículos

Configuração do Veículo	Classificação	Carga por Eixo (t)	POT (t)
	2C	6,0 + 10,0	16,0
	3C	6,0 + 17,0	23,0
	3C	6,0 + 13,0	19,0
	2S1	6,0+10,0+10,0	26,0
	2S2	6,0+10,0+17,0	33,0
	2S3	6,0+17,0+17,0	40,0
	2S3	6,0+10,0+10,0	41,0
	3C2	6,0+10,0+10,0	36,0
	3C2	6,0+17,0+10,0	43,0



Figura 7 – Exemplos de veículos por tipo

As figuras 8 e 9 apresentam as fórmulas utilizadas para cálculo dos fatores de equivalência de carga por eixo para cada tipo de veículo.

AASHTO

Simple de rodagem simples	$FC = (P / 17,77)^{1,2}$
Simple de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{1,2}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,06)^{1,2}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{1,2}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Figura 8 – Fórmula na metodologia da AASHTO

USACE

		Fórmula, P em t
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,8779}$
	≥ 8	$FC = 1,8020 \times 10^{-4} \times P^{4,2940}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,9820 \times 10^{-4} \times P^{3,825}$
	≥ 11	$FC = 1,8288 \times 10^{-4} \times P^{3,404}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0000 \times 10^{-5} \times P^{3,880}$
	≥ 18	$FC = 1,3225 \times 10^{-4} \times P^{3,5780}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Figura 9 – Fórmula na metodologia do USACE

A definição do período de projeto é de suma importância para o cálculo do número "N". Para o trabalho em questão foi considerado um período de projeto de 10 anos com indicação anual do número "N", a partir do ano de 2024.

Foi aplicada uma taxa de crescimento anual de 3,0 %.

3.5. CONCLUSÃO

O número "N" obtido para o ano de 2.033 foi o seguinte:



Considerando os dados de tráfego do ponto de contagem 1:

– AASHTO → $3,27 \times 10^5$ (critério deflectométrico)

– USACE → $6,62 \times 10^5$ (critério da resistência)

Considerando os dados de tráfego do ponto de contagem 2:

– AASHTO → $3,11 \times 10^5$ (critério deflectométrico)

– USACE → $6,23 \times 10^5$ (critério da resistência)

Por se tratar de um segmento que não apresenta incidência significativa de tráfego pesado, foi adotado o critério deflectométrico e o N da AASHTO de menor valor.

$$N = 3,11 \times 10^5$$

Importante ressaltar que para a determinação do valor de "N" foi considerado que apenas 50% dos veículos contados na faixa de projeto passarão pelo segmento viário a ser implantado. Outra consideração importante foi que os veículos comerciais na sua totalidade passarão carregados, mas com apenas 80% da carga.

Com essas considerações, as Figuras 10 e 11 apresentam os valores de "N" calculados para os dois pontos estudados.

CÁLCULO DO NÚMERO "N" - CONTORNO DE NOVO ORIENTE
DETERMINAÇÃO DO NÚMERO "N" DE SOLICITAÇÕES DO EIXO SIMPLES PADRÃO - AASHTO E USACE - ACESSO À SANTA MARIA

- Fator de distribuição direcional =>
- % de veio. Com. Na faixa solicitada =>
- Fator climático regional =>
- Taxa de crescimento: 3,00% a.a. e obra iniciando em 2023

100
100
1
3,0%

0,61	0,30
------	------



2026	1	220	27	10	1	0	1	0	289,00	0,61	0,30	5,78E+04	2,89E+04	5,78E+04	2,89E+04
2028	2	226,6	27,61	10,3	1,03	0	1,03	0	289,77	0,61	0,30	5,85E+04	2,94E+04	5,85E+04	2,94E+04
2027	3	233,4	28,84	10,61	1,06	0	1,06	0	274,77	0,61	0,30	6,19E+04	3,09E+04	1,79E+05	8,62E+04
2028	4	240,4	29,5	10,95	1,09	0	1,09	0	253,91	0,61	0,30	6,31E+04	3,12E+04	2,48E+05	1,19E+05
2029	5	247,61	30,30	11,26	1,12	0	1,12	0	261,60	0,61	0,30	6,80E+04	3,21E+04	3,07E+05	1,52E+05
2030	6	255,04	31,3	11,6	1,15	0	1,15	0	300,24	0,61	0,30	6,70E+04	3,31E+04	3,74E+05	1,85E+05
2031	7	262,69	32,24	11,95	1,18	0	1,18	0	306,34	0,61	0,30	6,80E+04	3,41E+04	4,43E+05	2,19E+05
2032	8	270,57	33,21	12,31	1,22	0	1,22	0	316,63	0,61	0,30	7,10E+04	3,51E+04	5,14E+05	2,54E+05
2033	9	278,69	34,21	12,68	1,26	0	1,26	0	328,10	0,61	0,30	7,32E+04	3,62E+04	5,87E+05	2,90E+05
2034	10	287,05	35,24	13,06	1,3	0	1,3	0	337,66	0,61	0,30	7,54E+04	3,72E+04	6,62E+05	3,27E+05

Figura 10 – Cálculo do número "N" – Ponto 1

CÁLCULO DO NÚMERO "N" - CONTORNO DE NOVO ORIENTE
DETERMINAÇÃO DO NÚMERO "N" DE SOLICITAÇÕES DO EIXO SIMPLES PADRÃO - AASHTO E USACE - ACESSO À SANTA MARIA

- Fator de distribuição direcional =>
- % de veio. Com. Na faixa solicitada =>
- Fator climático regional =>
- Taxa de crescimento: 3,00% a.a. e obra iniciando em 2023

100
100
1
3,0%

0,62	0,31
------	------

2026	1	205	25	7	2	1	1	1	242,00	0,62	0,31	5,44E+04	2,72E+04	5,44E+04	2,72E+04
2028	2	211,15	25,75	7,21	2,08	1,08	1,03	1,03	246,28	0,62	0,31	5,80E+04	2,80E+04	1,10E+05	5,61E+04
2027	3	217,48	26,62	7,43	2,12	1,08	1,06	1,06	256,73	0,62	0,31	5,77E+04	2,88E+04	1,68E+05	5,39E+04
2028	4	224	27,32	7,65	2,18	1,09	1,09	1,09	264,62	0,62	0,31	5,94E+04	2,97E+04	2,27E+05	1,14E+05
2029	5	230,72	28,14	7,88	2,25	1,12	1,12	1,12	272,35	0,62	0,31	6,12E+04	3,06E+04	2,80E+05	1,44E+05
2030	6	237,64	28,98	8,12	2,32	1,15	1,15	1,15	289,61	0,62	0,31	6,30E+04	3,15E+04	3,52E+05	1,79E+05
2031	7	244,77	29,85	8,35	2,39	1,18	1,18	1,18	298,91	0,62	0,31	6,49E+04	3,24E+04	4,17E+05	2,08E+05
2032	8	252,11	30,75	8,61	2,46	1,22	1,22	1,22	297,66	0,62	0,31	6,69E+04	3,34E+04	4,83E+05	2,41E+05
2033	9	259,67	31,67	8,87	2,53	1,26	1,26	1,26	305,52	0,62	0,31	6,89E+04	3,44E+04	5,52E+05	2,79E+05
2034	10	267,46	32,62	9,14	2,61	1,3	1,3	1,3	315,73	0,62	0,31	7,09E+04	3,54E+04	6,23E+05	3,12E+05

Figura 11 – Cálculo do número "N" – Ponto 2

4. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

4.1. 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 do DER/CE.



4.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Locação do 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.

4.3. SERVIÇOS EXECUTADOS

O trecho foi locado tentando preservar o traçado existente. Essa premissa não foi obedecida nos pontos que necessitavam de melhoria geométrica nos raios das curvas e na eliminação de pontos críticos que colocavam em risco a segurança do usuário.

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS do tipo RTK, 36 (trinta e seis) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, cujas coordenadas estão indicadas na Tabela 3.

A locação do eixo de referência foi executada com estaqueamento a cada 20 metros.

Os pontos locados foram materializados através de pintura de estacas testemunhas ao longo do traçado, à tinta óleo branca, com o número correspondente à respectiva estaca.

As seções foram levantadas com nível e estação total 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.



Tabela 3 – Marcos de apoio

RELAÇÃO DOS MARCOS DE APOIO				
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	N	E	Z
M01	MARCO	9.387.722,92	304.476,30	340,592
M02	MARCO	9.387.742,50	304.588,01	337,068
M03	MARCO	9.387.589,22	306.556,70	347,258
M04	MARCO	9.387.513,08	306.539,10	347,039
M05	MARCO	9.387.555,12	308.564,62	323,036
M06	MARCO	9.387.482,41	308.542,97	327,538
M07	MARCO	9.387.765,03	310.366,24	314,642
M08	MARCO	9.387.689,17	310.335,76	317,738
M09	MARCO	9.388.325,13	312.123,61	323,660
M10	MARCO	9.388.272,33	312.119,30	323,475
M11	MARCO	9.388.143,80	314.107,39	314,821
M12	MARCO	9.388.067,75	314.057,36	315,200
M13	MARCO	9.388.546,44	315.109,88	315,869
BASE 04=M14	MARCO	9.388.511,25	315.170,62	316,097
RN 01	MARCO	9.387.719,45	304.688,25	336,560
RN02	MARCO	9.387.870,16	305.115,37	349,598
RN03	MARCO	9.387.745,85	305.587,88	337,356
RN04	MARCO	9.387.659,52	306.071,71	337,016
RN05	MARCO	9.387.591,69	306.517,02	347,620
RN06	MARCO	9.387.623,16	307.037,58	337,045
RN07	MARCO	9.387.616,55	307.543,73	330,936
RN08	MARCO	9.387.575,07	308.044,35	330,790
RN09	MARCO	9.387.525,49	309.041,85	316,028
RN10	MARCO	9.387.705,39	309.446,26	317,186
RN11	MARCO	9.387.908,01	309.897,10	315,572
RN12	MARCO	9.387.716,81	310.304,80	316,214
RN13	MARCO	9.387.648,76	310.831,54	333,661
RN14	MARCO	9.387.989,10	311.160,85	319,745
RN15	MARCO	9.388.153,69	311.631,09	316,053
RN16	MARCO	9.388.281,51	312.152,45	322,943
RN17	MARCO	9.388.340,06	312.598,73	322,583
RN18	MARCO	9.388.286,93	313.084,30	326,700
RN19	MARCO	9.388.206,51	313.617,95	316,442
RN20	MARCO	9.388.055,80	314.104,35	315,833
RN21	MARCO	9.388.276,57	314.437,08	315,404
RN22	MARCO	9.388.433,24	314.976,19	316,504

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



Algumas interseções ao longo do traçado foram identificadas e cadastradas, principalmente com a via de contorno da sede de Novo Oriente.

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

Foi registrado 11 bueiros existentes ao longo da estrada vicinal existente.

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.

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

5. ESTUDOS HIDROLÓGICO

5.1. 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 do DER/CE.



5.2. METODOLOGIA

Devido ao fato do município de Novo Oriente ser distante dos postos indicados na publicação do Engº Otto Pfafstetter "**Chuvas Intensas no Brasil**", no estado do Ceará, foi utilizado o método das Isozonas.

Este método consiste na desagregação da chuva de 1 dia em 24 horas e a partir desta em durações menores.

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de intervalos de tempo de menor duração consiste nas seguintes etapas de cálculo:

- Multiplicar a chuva de um dia de duração por 1,10 para obter-se a chuva pontual de 24 horas;
- Determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica;
- Estimar, para os diferentes períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R1h;
- Plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

A Figura 12 apresenta o método das Isozonas de Taborga.

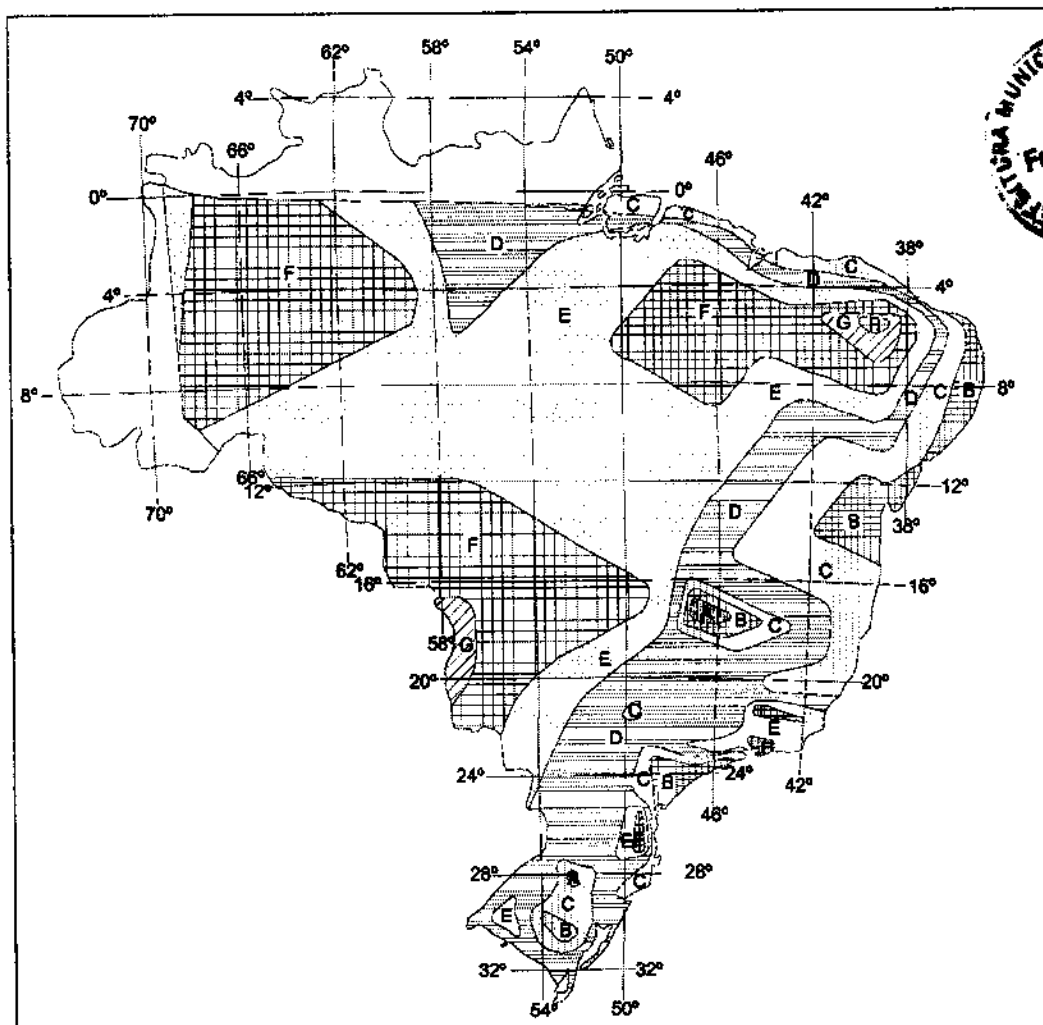


Figura 12 – Método das Isozonas de Taborga

A Tabela 4 apresenta os coeficientes definidos por Taborga Torrico para desagregação da chuva de acordo com a zona onde está localizado o posto pluviométrico.

Tabela 4 – Relações entre a chuva diária e as de duração de 24 horas, 1 hora e 6 min

Zona	Relação 1h/24h										Relação 6min/24h	
	Tr 03 anos	Tr 10 anos	Tr 15 anos	Tr 20 anos	Tr 25 anos	Tr 30 anos	Tr 50 anos	Tr 100 anos	Tr 1.000 anos	Tr 10.000 anos	Tr 5 - 50 anos	Tr 100 anos
A	36,2%	35,8%	35,6%	35,5%	35,4%	35,3%	35,0%	34,7%	33,6%	32,5%	7,0%	6,3%
B	38,1%	37,8%	37,5%	37,4%	37,3%	37,2%	36,9%	36,6%	35,4%	34,3%	8,4%	7,5%
C	40,1%	39,7%	39,5%	39,3%	39,2%	39,1%	38,8%	38,4%	37,2%	36,0%	9,8%	8,8%
D	42,0%	41,6%	41,4%	41,2%	41,1%	41,0%	40,7%	40,3%	39,9%	37,8%	11,2%	10,0%
E	44,0%	43,6%	43,3%	43,2%	43,0%	42,9%	42,6%	42,2%	40,9%	39,6%	12,6%	11,2%
F	46,0%	45,5%	45,3%	45,1%	44,9%	44,8%	44,5%	44,1%	42,7%	41,3%	13,9%	12,4%
G	47,9%	47,4%	47,2%	47,0%	46,8%	46,7%	45,4%	45,6%	44,5%	43,1%	15,4%	13,7%
H	49,9%	49,4%	49,1%	48,9%	48,6%	48,6%	48,3%	47,8%	46,3%	44,8%	16,7%	14,9%

A determinação dos eventos extremos de precipitação, correspondentes a um determinado tempo de recorrência, baseia-se no ajuste de uma distribuição de frequência (probabilidade) adequada aos dados extremos observados.

Para a avaliação das chuvas intensas na região em estudo, buscou-se determinar os postos pluviométricos que exercem influência nas bacias hidrográficas contribuintes

Para aplicação da metodologia foi necessária a compilação de dados de chuvas ao longo do tempo. Os dados utilizados foram obtidos através de séries históricas de chuvas dos últimos 50 anos em 4 postos distintos nas proximidades da área de estudo, que são: posto de Novo Oriente, posto do Açude Flor do Vale, posto Emaus e posto Três Irmãos. Estas informações foram obtidas no portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA.

A Tabela 5 apresenta as chuvas máximas anuais médias considerando os 4 postos estudados nas proximidades da região em estudo.

Tabela 5 – Médias das máximas anuais da série de precipitação dos 4 postos

1974	89,8	1984	120,8	1994	110	2004	129	2014	92
1975	89,3	1985	122,2	1995	102	2005	135	2015	62
1976	80,4	1986	80,2	1996	103	2006	106	2016	112
1977	126,7	1987	109,4	1997	145	2007	130	2017	85
1978	136	1988	100	1998	62,6	2008	146,5	2018	122
1979	128,6	1989	122	1999	160	2009	140	2019	180
1980	89,8	1990	136,4	2000	102	2010	100	2020	133
1981	123,2	1991	81,6	2001	87	2011	75	2021	75
1982	50,4	1992	83	2002	85,2	2012	87	2022	111,5
1983	72,1	1993	58	2003	106	2013	62	2023	100,0

A aplicação de métodos de transformação de chuva em deflúvio para estudo de cheias exige como dados de entrada o comportamento da chuva ao longo do tempo de duração, em oposição aos valores obtidos no estudo de extremos de precipitação, correspondentes à acumulação ao longo de um dia de medida. Para contornar esse problema, utilizou-se a Metodologia das Isozonas desenvolvida pelo Professor Taborga Torrico, a qual define coeficientes a serem aplicados para desagregação de chuva diária em todo o Brasil. A região em estudo, como pode ser verificado na Figura 12, encontra-se na Isozona G. Assim, com os coeficientes e os ábacos de desagregação foram obtidos os valores de precipitação para os intervalos de 0,1, 0,25, 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.



Os dados foram tratados método de Gumbel para determinação da chuva no tempo de recorrência previsto para cada dispositivo de drenagem dimensionado e/ou verificado. Com os resultados, foi determinado, pelo método de Thiessen, a média ponderada das máximas chuvas diárias de cada posto para o tempo de recorrência previsto.

5.2.1. Intensidade de 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).

5.2.2. 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

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

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



5.2.3. Tempo de Concentração (T_c)

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

Os Tempos de Concentração (T_c) foram calculados usando-se a expressão proposta por Kirpich que leva em consideração somente o comprimento do talvegue e a sua declividade.

$$T_c = \left(\frac{0,294 \cdot L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77} \quad (2)$$

- $L \rightarrow$ extensão do talvegue (em km);
- $i \rightarrow$ declividade efetiva do talvegue (em %).

A declividade efetiva do talvegue deve ser calculada conforme indicada na figura 13.

$$i = \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{i_3}} + \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}}$$

L = Comprimento total do talvegue em km;
 L_1, L_2, L_3, L_n = Comprimentos Parciais do talvegue em km;

Figura 13 – Cálculo da declividade efetiva do talvegue

5.2.4. 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



5.3. VAZÕES DE PROJETO

As bacias foram divididas em 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 01 e 02.

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 01 (Áreas Rurais)

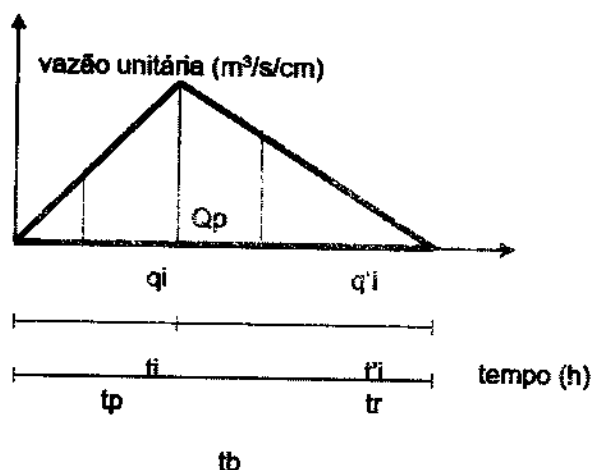


Tipos de Superfície	Coefficientes "C", de "RUN-OFF"
Revestimento asfáltico	0,8 – 0,9
Terra compactada	0,4 – 0,6
Solo natural	0,2 – 0,4
Solo com cobertura vegetal	0,3 – 0,4

Quadro 02 (Áreas Urbanas)

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



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

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

$$D = t_c / 5$$

$$T_c = 0,95 (L^3 / H)^{0,395}$$

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

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

- $Q_p \rightarrow$ descarga de pico (em: m^3/s);
- $A \rightarrow$ área da bacia hidrográfica (em km^2);
- $t_p \rightarrow$ tempo de pico (em hora);
- $D \rightarrow$ duração da chuva (em hora);
- $T_c \rightarrow$ tempo de concentração (em hora);
- $L \rightarrow$ linha de fundo da bacia (em km);
- $H \rightarrow$ desnível da bacia (em metros);
- $t_r \rightarrow$ tempo de recessão (em hora);
- $t_b \rightarrow$ 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 Taborga Torrico.



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

- P → precipitação média sobre a bacia;
- P₀ → precipitação pontual no centro de gravidade da bacia;
- W → fator regional, em função das relações chuva / área / tempo de duração;
- A → área da bacia;
- A₀ → área base, na qual P = P₀ (A₀ = 25 km²)

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:

$$Pe_i - Pe_{i-1};$$

- 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:

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

5.4. CÁLCULOS ELABORADOS

5.4.1. Drenagem Superficial

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 7,0 m, sendo 3,5m para o lado direito e 3,50 para o lado direito.

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

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$i = 252,80$ mm/h

$T_c = 10$ anos

Largura da pista = 3,50m (Lado Esquerdo)

Largura da pista = 3,50m (Lado Direito)

$C = 0,85$





- Comprimento crítico de banquetas de aterro

O Anexo I mostra os cálculos dos comprimentos críticos por inclinação longitudinal do greide das banquetas de aterro localizadas na semi-pista direita e na esquerda.

5.4.2. Obras d'Arte Correntes e Especiais

Foram dimensionados, ao longo do trecho 13 bueiros tubulares e 5 bueiros capeados.

No item 8 do Volume II (Projeto de Execução) deste projeto, estão listados e caracterizados todos os bueiros identificados para necessário para dar vazão aos talwegues existentes ao longo do segmento a ser implantado.

O Anexo II apresenta os cálculos de dimensionamento.



6. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

6.1. 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 do DER/CE.

6.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS

6.2.1. Clima e Pluviometria

Conforme dados do Instituto de Planejamento do Ceará (1997) e da Secretaria de Recursos Hídricos (1992), no município de Novo Oriente são registradas temperaturas desde 19 °C em média nos meses invernosos a 29 °C em média no verão, e uma precipitação de chuvas próxima dos 700 mm anuais.

6.2.2. Geologia e Geomorfologia

O relevo do território é composto por formas planas ligeiramente dissecadas da Depressão Sertaneja, com altitudes em torno dos 300 m e o planalto sedimentar da Serra Grande, a oeste, cujos máximos situam-se a 900 m acima do nível do mar. O substrato geológico é constituído por quartzitos, gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano indiviso, e conglomerados e arenitos do Paleozóico.

6.2.3. Solos e Vegetação

Na região ocorrem solos podzólicos, pianossolos, latossolos e areias.

6.2.4. Vegetação

Desenvolvendo-se a vegetação de caatinga arbórea espinhosa, com manchas onde é mais arbustiva e, sobre a serra, a mata seca (floresta subcaducifólia tropical pluvial) e o carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa de caules finos).

6.2.5. Recursos Hídricos

O município pertence à bacia hidrográfica do rio Parnaíba, tendo como principais drenagens o riacho Itaim e o riacho de Dentro, e o reservatório açude Flor do Campo.



6.3. SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS

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

- Estudo do Subleito
- Estudo de Empréstimos
- Estudo de Jazidas
- Estudo de Areais
- Estudo de Pedreiras

6.3.1. Estudo do Subleito

O subleito e as camadas do pavimento atual foram estudados com intervalo de 500 metros, onde foram executadas 22 sondagens a pá e picareta até a profundidade de 1,00 metro, para coleta de amostras das camadas atravessadas, em quantidade suficiente para a elaboração dos seguintes ensaios:

- Granulometria
- Índices físicos
- Compactação do subleito (Proctor Normal - 12 golpes)
- Compactação da base e sub-base (Proctor Intermediário - 26 golpes)
- ISC

Conforme classificação **HRB**, os solos são constituídos pelos seguintes grupos:



⇒ **Subleito** (Proctor Normal - 12 golpes) – 50 sondagens (estaca 00 a 958):

- A-1-b (areia siltsosa com pedreg) → 9 % do trecho com ISC entre 6 e 18 %;
- A-2-4 (areia siltsosa) → 64 % do trecho com ISC entre 6 e 29%;
- A-2-6 (areia argilosa) → 4,5 % do trecho com ISC igual a 11%;
- A-6 (argiloso) → 9 % do trecho com ISC igual a 4,5%;
- A-7-5 (argiloso) → 9% do trecho com ISC com 3%.
- A-7-6 (argiloso) → 4,5% do trecho com ISC com 4,5%.

6.3.2. Estudos de Empréstimos

Foram estudados **4 (quatro)** empréstimos de materiais com energia do Proctor Normal (12 golpes) para serem utilizados na terraplenagem, sendo eles:

Quadro 03 – Resultados dos empréstimos

Empréstimo	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Expansão	ISC (%)
E-01	0+0,00	0,3 – LE	1,50	40.000	60.000	1,42	7,51
E-02	88+0,00	0,1 – LE	2,00	40.000	76.000	1,39	5,64
E-03	307+0,00	0,1 – LE	2,00	45.000	90.000	1,36	8,77
E-04	509+0,00	0,6 – LD	2,00	50.000	100.000	1,36	8,77

A distribuição dos materiais de terraplenagem foi elaborada através do Resumo do Movimento de Terra e é apresentada no Volume 2 – Projeto de Execução.

6.3.3. Estudo de Jazidas

Foram estudadas 02 (duas) jazidas de solo para serem utilizadas nas camadas de subbase e como base.

Quadro 04 – Resultados das jazidas de subbase

Jazida	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura Útil (m)	Área (m²)	Volume Útil (m³)	D. "in situ" (t/m³)	LL (%)	IP (%)	Exp. (%)	ISC (%)	Faixa
J-01	0+0,00	0,32 - LE	0,60	17.500	10.500	2,0	NL	NP	0,67	32	FF
J-02	304+0,00	0,1 - LE	0,60	30.000	18.000	2,1	NL	NP	0,23	73	FF

O material da jazida de J-02 quando compactado na energia intermediária, não apresentou valor mínimo de ISC de 20%, portanto essa energia não foi considerada no projeto para utilização desse material como subbase. Quando utilizada energia proctor modificada o material se apresentou satisfatório para utilização na camada de subbase.

Quadro 05 – Resultados da jazida de base

Jazida	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura Útil (m)	Área (m²)	Volume Útil (m³)	D. "in situ" (t/m³)	IG	Exp. (%)	ISC (%)
J-02	304+0,00	0,1 - LE	0,60	30.000	18.000	2,1	0	0,23	73

Como o ISC do material da jazida de J-02, utilizando energia modificada, não apresentou valor mínimo de 80%, não poderá ser utilizado de forma pura para utilização na camada de base. Dessa forma foi realizada uma mistura para correção e melhoria desse material e o resultado satisfatório foi a seguinte composição:

- 40% do Areal 01 + 30% da Jazida 02 + 30% da Pedreira 01

Os resultados foram:

Quadro 06 – Mistura 40% A01 + 30% J02 + 30% P01

Jazida	D. "in situ" (t/m³)	IG	Exp. (%)	ISC (%)
J-02+A01+P+01	2,23	0	0,09	86



6.3.4. Estudo de Areais

A areia grossa para a confecção dos concretos e argamassas foi indicada no Projeto com as seguintes características:

Quadro 07 – Resultados dos Areais

Areal	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	D. "In situ" (t/m ³)	IG	Exp. (%)	ISC (%)
A-01	79 a 84	0,1 - LE	1,20	10.000	12.000	1,9	0	0,69	16,61

Areal	Estaca	Distância ao Eixo (km)	Espessura Útil (m)	Área (m ²)	Volume Útil (m ³)	EA (%)
A-02	403 a 408	0,1 - LE	1,44	8.000	11.520	57
A-03	370	0,3 - LE	-	-	-	68

6.3.5. Fontes de Exploração de Materiais Nobres

Os materiais betuminosos foram indicados como proveniente de **Fortaleza** com distância média de 400 km. Os materiais nobres como o ferro, a madeira e os tubos de concreto foram indicados no Projeto como provenientes de **Crato**, com distância média de 40 km. Já o cimento foi considerado como proveniente de **Sobral**, com distância média de 240km.

6.4. APRESENTAÇÃO

Os estudos geotécnicos são apresentados no Volume 2B - Estudos Geotécnicos, no tamanho A-4, contendo os boletins de sondagem, o resultado dos ensaios, o tratamento estatístico, o croqui de localização e as estimativas de volumes das ocorrências, abrangendo os seguintes tópicos:

- Estudo do subleito;
- Estudo de empréstimos;
- Estudos de jazidas; e
- Estudos de areais.



7. PROJETO GEOMÉTRICO

7.1. 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 do DER/CE.

7.2. TRAÇADO PROJETADO

➤ Em Planta

O trecho projetado desenvolve-se dentro do município de **Novo Oriente**.

O trecho **Acesso à Santa Maria** interliga a sede do referido município ao distrito de Santa Maria, totalizando cerca de 11,5km.

Refere-se atualmente a um processo de melhoramento técnico de uma estrada vicinal que liga os pontos supracitados.

O trecho foi locado com a implantação da estaca 00, na saída da sede do município, um pouco após o posto união, no ponto onde se inicia o trecho da estrada de terra. A estaca final 570+10,25 coincide com a chegada no distrito de Santa Maria.

Soluções Propostas para o Projeto

- Estaca 00 a 10+0,00 → Implantação de segmento viário de ligação entre a sede de Novo Oriente e o distrito de Santa Maria.

- Estaca 10+00,00 a 19+0,00 → Rotatória de encontro com a via de contorno da sede do município. Projeto contemplado na documentação da via contorno.

- Estaca 19+10 a 570+10,25 → Implantação de segmento viário de ligação entre a sede de Novo Oriente e o distrito de Santa Maria.

- Estaca 569+00,00 a 570+10,25 → Interseção projetada para a chegada do município de Santa Maria.

O projeto em questão contempla conforto de rolamento aos usuários com rampa máxima de 5,69%. O raio mínimo com transição para esta mesma classe em região **ondulada** é de 125 metros.



O item 3 do Volume II – Projeto de Execução apresenta as características técnicas e elementos de projetos obtidos na geometria do projeto. A tabela 6 apresenta os elementos de curvas do projeto.

O trecho em estudo foi projetado conforme características geométricas definidas pelo DER/CE, que normalmente adota para suas vias, Rodovia Classe III conforme as Normas para Projeto Geométrico de Estradas de Rodagem do DER/CE, cujos valores desejáveis deverão ficar enquadrados nos seguintes limites:

Quadro 08 – Características Técnicas da via

Rodovia	Classe III
Tipo de Relevo	Ondulado
Velocidade Diretriz	60 km/h
Raio Mínimo de Curvatura Horizontal	125 m
Índice Máximo 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**

- Segmento Ondulado (estaca 00 a 570+10,25):

O greide do traçado teve como objetivo melhoria da drenagem e da transposição de talvegues, além de proporcionar conforto e segurança aos veículos. Apresenta os índices altimétricos mostrados a seguir:

– Rampa → 0,0 a 3,0 %	→ 6.403,36 m	= 92,80%
– Rampa → 3,1 a 6,0 %	→ 496,89 m	= 7,20%
Total	→ 6.900,25 m	= 100,0 %



- Rampa Máxima: 5,69%
- Extensão Contínua em Rampa Máxima: 210,00m
- Maior Comprimento de Parábola: 400m
- Menor Comprimento de Parábola: 80m

➤ **Seção Transversal**

Para o trecho objeto deste relatório a seção transversal consiste em via de pista simples, com 2 pistas. Com isso a seção tipo da via fica da seguinte forma:

- Pista de Rolamento → 2 x 3,00m
- Acostamento / Faixa de Segurança → 2 x 0,50m
- Largura total (entre meio-fio) → 7,00 m

7.3. 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.

8. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

8.1. 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 do DER/CE.

8.2. CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO

- Desmatamento, destocamento e limpeza → serão executados nos seguintes locais:
 - Nos locais por onde a via transpassará e que apresente vegetação.
- Arrasamento de aterro → por se tratar de um trecho de uma estrada vicinal praticamente plana em toda sua extensão, não foi previsto arrasamento.
- Escavação, carga e transporte de material → para os seguintes locais:
 - Cortes para aterros (ver movimento de terra)
 - Empréstimos para aterro (ver movimento de terra)
- Indenização de Jazidas → foi previsto a nível de orçamento a indenização de todas as jazidas de materiais utilizados no projeto.
- Determinação da classificação dos materiais de terraplenagem → a determinação da classificação percentual dos volumes de corte de cada categoria, 1ª, 2ª ou 3ª, é feita empiricamente pela classificação tátil-visual dos horizontes de corte examinados durante a visita ao trecho, juntamente com os resultados das sondagens a pá e picareta realizadas pela equipe geotécnica.

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

Após análise das seções transversais foram introduzidos alargamentos de corte com 5,0 m de largura a partir do bordo da pista projetada, no segmento ondulado, visando aumentar a disponibilidade de materiais para os aterros, reduzir a implantação de drenos profundos e sarjetas de corte e melhorar a visibilidade da rodovia.

➤ **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 0,20 m de altura, a camada final superior (última camada) deverá ser executada de acordo com as tolerâncias da DER-ES-P-01/2000 – Regularização do Subleito.

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 DER-ES-T-06/2000.

A utilização dos empréstimos está condicionada ao que prescreve as Especificações DER-ES-T-05/2000.

8.3. SEÇÕES TRANSVERSAIS TIPO E TALUDES

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

- **Segmento da via – estaca 00 a 570+10,25:**

- Pistas de rolamento → 2 x 3,00 m = 6,00 m
- Acostamentos → 2 x 0,50 m = 1,00 m
- Drenagem em aterro → 2 x 1,13 m = 2,26 m
- **Largura total (aterro) → 9,26 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)

8.4. 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.

8.5. QUADRO DE VOLUMES

O quadro dos volumes de terraplenagem foi elaborado, após aprovação das geometrias propostas, na gabaritagem das seções de projeto lançado sobre o terreno, utilizando ferramentas de apoio computacional.

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 e de aterro para implantação de interseções, rotatórias, 3ª faixas e ciclovias foram contemplados junto com os volumes escavados para o alargamento do trecho.

8.6. 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 DER-ES-T-05/2000, pertinentes a esses serviços, quanto à localização, taludes, drenagens, etc., além do que prescreve a DER-ES-PA-01/2000, sobre a Proteção Ambiental.

- Número "N" (USACE) → $6,62 \times 10^5$ (critério da resistência)



➤ Estudos Geotécnicos

a) Subleito

Levando em consideração os resultados dos ensaios realizados em 22 pontos distintos da estrutura constituinte do subleito, foi procedida uma análise estatística e os resultados anotados estão indicados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo da análise estatística dos estudos do subleito

COMPACTAÇÃO E ISC (AMOSTRA)		$\bar{X}$	σ	X _{máx}	X _{min}	X _{proj}
ASSHO NORMAL 12 GOLPES	M.E.A.S MÁX	1893,82	56,23	1948	1840	1878
	UMIDADE ÓTIMA	10,69	0,81	11,47	9,92	10,47
	EXP.	1,44	0,29	1,72	1,17	1,36
	I.S.C	11,27	8,07	18,97	3,56	9,05

Analisando os resultados do subleito existente, é possível verificar que o valor considerado para projeto é superior a 3 %.

b) Ocorrências

Foram estudadas 02 (duas) jazidas de solo para serem utilizadas nas camadas de subbase e base.

Quadro 09 – Jazida de Subbase

Jazida	Estat. x	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Área (m ²)	Volum. (m ³)	B. "m. úmido" (t/m ³)	LL (%)	IP (%)	Exp. (%)	ISC (%)	Faixa
J-01	0+0,00	0,32 - LE	0,60	17.500	10.500	2,053	NL	NP	0,69	28	FF
J-02	304+0,00	0,1 - LE	0,60	30.000	18.000	2,1	NL	NP	0,23	73	FF



O material da jazida de J-02 quando compactado na energia intermediária, não apresentou valor mínimo de ISC de 20%, portanto essa energia não foi considerada no projeto para utilização desse material como subbase. Quando utilizada energia proctor modificada o material se apresentou satisfatório para utilização na camada de subbase.

Quadro 10 – Jazida de base

Jazida	Estaca	Distância ao Eixo (m)	Espessura (cm)	Área (m²)	Volume Útil (m³)	D. "In situ" (t/m³)	IG	Exp. (%)	ISC (%)
J-02	304+0,00	0,1 - LE	0,60	30.000	18.000	2,116	0	0,23	73

Como o ISC do material da jazida de J-02, utilizando energia modificada, não apresentou valor mínimo de 80%, não poderá ser utilizado de forma pura para utilização na camada de base. Dessa forma foi realizada uma mistura para correção e melhoria desse material e o resultado satisfatório foi a seguinte composição:

- 40% do Areal 01 + 30% da Jazida 01 + 30% da Pedreira 01

Os resultados foram:

Quadro 11 – Mistura 40% A01 + 30% J02 + 30% P01

Jazida	D. "In situ" (t/m³)	IG	Exp. (%)	ISC (%)
J-02+A01+P+01	2,23	0	0,09	86

Para a subbase, apesar da Jazida J01 apresentou capacidade suporte superior a 20%, não tinha volume útil suficiente para suprir toda a necessidade da obra, dessa forma foi considerado o material da Jazida 02 compactado em energia modificada como complemento (ver quadro 10).



9.4. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Para o dimensionamento das camadas do pavimento foi utilizado o Método 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 2.025.

Foi utilizado para dimensionamento do pavimento o valor de "N" proveniente da AASHTO.

9.5. CONCEPÇÃO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Em função dos resultados obtidos nos ensaios no subleito e nas características dos materiais constituintes das camadas de base e subbase, é possível indicar:

- Determinação do Revestimento:

- Revestimento → para o número "N" (USACE) = $3,11 \times 10^5$, ou seja, $N < 10^6$, conforme tabela 7, foi projetado um Tratamento Superficial Duplo – TSD para todo o segmento em questão.

Tabela 7 – Espessuras e tipos de revestimentos em função de "N"

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

Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT (2006)

- Determinação da Base:

- Base → Foi considerado um ISC superior a 80 %;



- Determinação da Sub-base:

- Subbase → Foi considerado um ISC superior a 20 %;

9.6. MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS NAS CAMADAS DO PAVIMENTO

- A subbase será lançada a partir do material da Jazida 01 e complementada com o material da Jazida 02 compactado em energia modificada;
- A base será lançada a partir do material proveniente da mistura de 30% da Jazida 02 com 40% do Areal 01 + 30% da Pedreira 01;
- * O revestimento da pista e acostamentos será executado com TSD confeccionado através da aplicação de 03 banhos de Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida tipo RR-2C, com taxa total de 2,6 L/m², e brita extraída da pedreira P-01 à taxa de 28,00 kg/m²;

Conforme especificação do DER-ES-P 11/00 do DER/CE, como o Número "N" (AASHTO) = $3,11 \times 10^5$ é $< 10^6$, a classe granulométrica projetada para o TSD será Classe IV - III, ou seja, IV para 1ª camada e III para a 2ª camada. A Tabela 8 apresenta a configuração do diâmetro dos agregados utilizados.

Tabela 8 – Diâmetros dos agregados por classe

CLASSE	D (mm)	d (mm)
Classe III	10 (3/8")	6,3 (1/4")
Classe IV	19 (3/4")	10 (3/8")

9.7. MEMÓRIA DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

– Critério da Resistência:

$$R \times K_r + B \times K_b + SB \times K_{sb} \geq H_{total}$$

$$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20}$$

- R → espessura do revestimento (cm);
- K_r → coeficiente estrutural do revestimento (adimensional);



- B → espessura da base (cm);
- K_b → coeficiente estrutural da base (adimensional);
- SB → espessura da sub-base (cm);
- K_{sb} → coeficiente estrutural da sub-base (adimensional);
- H_{total} → espessura total do pavimento (cm);
- H_{20} → espessura necessária acima da sub-base (cm).

- Para $N = 3,11 \times 10^5$

A Tabela xxx apresenta o resultado do dimensionamento do pavimento.

Tabela 9 – Dimensionamento do pavimento por segmentos homogêneos

Km	Revestimento:		TPO com K =		S =		25 cm		+ S.O.S =		200 %		15,00 cm =		200 %	
	Base:	Sub-base:	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =	Granul. com K =
1	0	13	360	4	1,34	1	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
2	13	36	360	4	1,34	1	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
3	36	85	360	4	1,34	1	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
4	85	85	360	4	1,34	2	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
5	85	113	360	4	1,34	2	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
6	113	138	360	4	1,34	2	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
7	138	163	360	13	1,34	2	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
8	163	188	360	5	1,34	2	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
9	188	213	360	9	1,34	3	0	21	21	18,0	-	20	42	19	-	20
10	213	238	360	5	1,17	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
11	238	263	360	4	1,16	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
12	263	288	360	5	1,34	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
13	288	313	360	5	1,40	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
14	313	338	360	5	1,41	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
15	338	363	360	5	1,07	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
16	363	388	360	5	1,07	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
17	388	413	360	6	1,54	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
18	413	438	360	3	1,53	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
19	438	463	360	3	1,44	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
20	463	488	360	12	1,45	3	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
21	488	513	360	12	1,38	4	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
22	513	538	360	20	1,38	4	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
23	538	563	360	25	0,99	4	0	21	21	18,0	-	20	42	17	-	20
TOTAL			11.800													

Tipo de Revestimento:

Considerando "N" e os valores indicados na tabela 6, o tipo de revestimento a ser utilizado será Tratamento Superficial Duplo.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 9, a estrutura do pavimento ficou com a configuração mostrada na Figura 14.

SOLUÇÃO ADOTADA:

TSD com 2,5cm de espessura	REVESTIMENTO
Base em Solo, com espessura de 20,0cm e CBR $\geq$ 80%	
Sub-Base em Solo Granular, com espessura de 20,0cm e CBR $\geq$ 20%	SUB-BASE



Figura 14 – Estrutura dimensionada para o pavimento

9.8. DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE

1 – Material betuminoso de Fortaleza para o trecho (CM-30 e RR-2C para TSD):

- Distância de Fortaleza até metade do trecho $\rightarrow$ = 400,00 km
- DMT considerado = **400,00 km**

2 – Materiais nobres de Crateús para o trecho (Madeira, ferro e tubos):

- Distância de Crateús até metade do trecho $\rightarrow$ 40,0 km
- DMT considerado = **40,00 km**

3 – Materiais nobres de Sobral para o trecho (Cimento):

- Distância de Sobral até metade do trecho $\rightarrow$ 240,0 km
- DMT considerado = **240,00 km**

4 – Brita para TSD:

- Distância da pedreira P-01 $\rightarrow$ 40 km da metade do trecho
- DMT_{P-01} = **40,0 km**

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

- Distância da pedreira P-01 $\rightarrow$ 40 km da metade do trecho

– DMT_{P-01} = 40,0 km



6 – Areia de Rio:

- Distância jazida A-03 (estaca 370) → margens da via
- Distância para a Estaca 0 → 7,40km
- Distância para a Estaca 570+8,75 → 4,00 km
- DMT_{A-03} = (7,40 + 4,00) / 2 = 5,70 km

7 – Solo para subbase:

- Distância jazida J-01 Subbase (estaca 0) → 0,32km da via
- Distância para a Estaca 0 a 285 → 5,70km
- DMT_{J-01sb} = 2,85 km

8 – Solo para subbase:

- Distância jazida J-02 Subbase (estaca 304) → margens da via
- Distância para a Estaca 285 a 569 → 5,70km
- DMT_{J-02sb} = 2,84 km

Para a base, por conta da pedreira ser distante da obra, foi considerada a instalação de uma usina de solos na Jazida 02. Dessa forma os materiais constituintes da base devem ser transportados inicialmente para a Jazida 02 e depois a mistura ser distribuída ao longo do trecho.

9 – Solo para base – J02 para usina de solos:

- Distância jazida J-02 Subbase (estaca 304) → margens da via
- Distância para a J02 → 0,20km
- DMT_{J-02base - Usina de solos} = 0,20 km



10 – Solo para base – A01 para J02:

- Distância jazida A-01 (estaca 79) → margens da via
- Distância para a Estaca 79 → $4,50 + 0,2 = 4,70\text{km}$
- $DMT_{A-01\text{base}} - \text{Usina de solos} = 4,70 \text{ km}$

11 – Brita para base – P01 para J02:

- Distância jazida P01 – Est 0 → 40km
- Distância para a Est 0 – Usina de solos → $6,08 + 0,2 = 6,28\text{km}$
- $DMT_{A-01\text{base}} - \text{Usina de solos} = 46,28 \text{ km}$

12 – Solo-Brita – Usina para a obra

- $DMT_{\text{solo-brita}} - \text{Usina de solos} - \text{Obra} = 5,90 \text{ km}$

10. PROJETO DE DRENAGEM

10.1. 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 do DER/CE.

10.2. METODOLOGIA

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



10.2.1. Banquetas de Aterro

A capacidade teórica de vazão das banquetas de aterro 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, conforme indicado na Figura 15.



**FATOR DE REDUÇÃO DA CAPACIDADE
DE ESCOAMENTO DA SARJETA E BANQUETA**

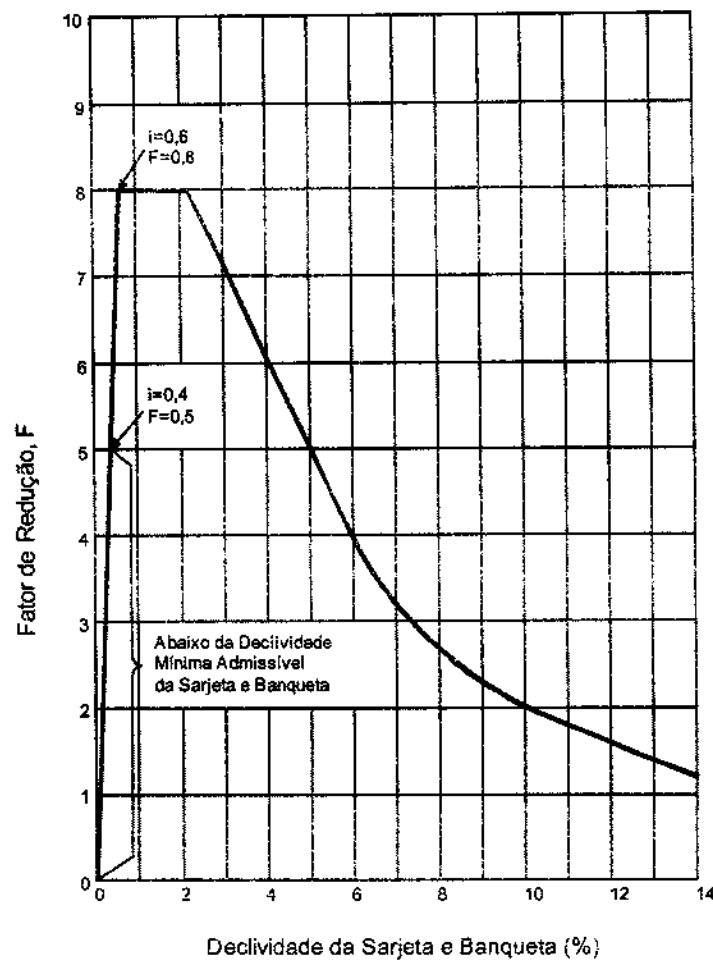


Figura 15 – Fatores de redução considerados

10.2.2. Descidas d'Água

A capacidade de vazão das descidas d'água foi determinada pelo teorema de Bernouilli, 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 $9,81 \text{ m/s}^2$.

10.2.3. Bueiros Projetados

Os bueiros e galerias 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:

$$E_c = H$$

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

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

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

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

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 (m^3/s);

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

A = área do bueiro (m^2);

g = aceleração da gravidade igual a $9,81 \text{ m/s}^2$;

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

10.3. DIMENSIONAMENTO

10.3.1. Banquetas de Aterro (Meio-fio)

O projeto indicou a implantação de **9.254,34 m** de banquetas moldadas no local com 25 cm de altura padrão DER/CE, para os segmentos em aterro com altura superior a 1,5 m.

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

Para as seções indicadas, a vazão afluente, 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 8 cm. O Anexo I apresenta o dimensionamento de comprimentos críticos das banquetas por inclinação longitudinal.



10.3.2. Descidas d'Água

Foi indicada no projeto a implantação de **263,48 m** de descidas d'água em concreto armado, padrão DER/CE cuja seção trapezoidal é apresentada no Volume 2 – Projeto de Execução.

Para as descidas d'água projetadas foi prevista a execução de **70** saídas d'água.

A vazão admissível na descida d'água foi calculada considerando que a água atingirá o dispositivo com velocidade inferior a 4 m/s, na entrada da descida d'água, com a transformação de 0,20 m de energia potencial em energia cinética, ou seja:

$$0,20 + 0 = 0 + ((V^2) / 2g)$$

$$V^2 = 2g \cdot 0,20 = 4,0 \text{ m/s}$$

Para $V = 4,0 \text{ m/s}$ e considerando o fluxo na entrada a seção plena, a vazão admissível será de:

$$Q = 1,98 \times (0,30 + 0,70) / 2 \times 0,30 = 600 \text{ l/s.}$$

A velocidade de escoamento no concreto pode atingir até 10 m/s. A altura máxima de aterro, sem a necessidade de previsão de um dispositivo de dissipação de energia, será, portanto de:

$$Z_1 + 1,982 / 2 \times 9,81 = 0 + 102 / 2 \times 9,81$$

$$Z_1 = 5,0 \text{ m}$$



10.3.3. Bueiros Existentes e Projetados

Durante os levantamentos de campo foram identificados 11 bueiros existentes ao longo da estrada vicinal que é objeto deste projeto.

Para estes bueiros existentes foram analisadas a contribuição das bacias hidrográficas com intuito de verificação da eficiência hidráulica. Com isso alguns bueiros foram mantidos (verificação hidráulica satisfatória) e outros foram removidos com implantação de nova configuração física.

Além de bueiros, também foram identificadas passagens molhadas e o processo de verificação foi repetido.

Foram projetados para o trecho em questão 16 bueiros e identificada a necessidade de ampliação de mais 2. As notas de serviço com todas as intervenções projetadas são apresentadas no Volume 2.

O Anexo Ii apresenta o dimensionamento realizado para cada bueiro. A Figura 16 apresenta as bacias hidrográficas de contribuição a montante de cada bueiro e as tabelas 10 a 12 apresentam os dados de dimensionamento.



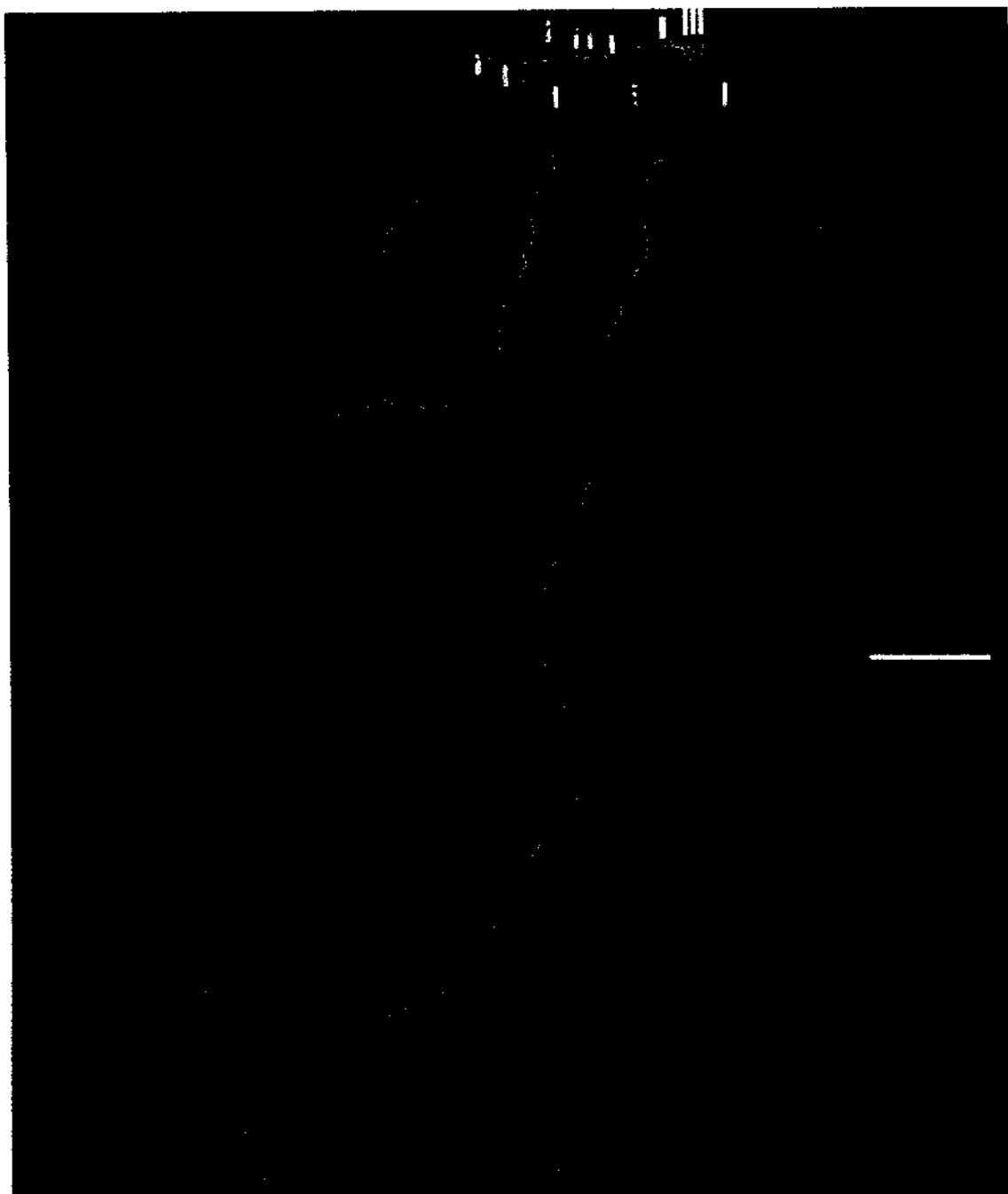


Figura 16 – Bacias de contribuição

VAZÃO AFLUENTE x VAZÃO ADMISSÍVEL														
Nº	BACIA (m²)	ESTACA	TIPO	SEÇÃO	ÁREA (m²)	L (m)	H (m)	TC (s/m)	VAZÃO AFLUENTE				VAZÃO ADMISSÍVEL	
									15 anos (l/s)	20 anos (l/s)	30 anos (l/s)	50 anos (l/s)	CAPAL (m³/s)	PLEIA (m³/s)
1	B1	3 + 15,55	BSCC	2,00 x 1,00	0,25	0,25	1,8	-	-	5,21	5,71	-	5,82	7,25
2	B2	67 + 0,00	BDOC	2,00 x 1,50	3,37	2,60	7,3	-	-	19,91	21,74	-	21,78	24,57
3	B3	159 + 8,42	BTTC	Ø x 1,00	0,25	0,12	0,8	-	-	19,91	21,74	-	16,01	23,21
4	B4	233 + 13,06	BDTC	Ø = 1,00	0,13	0,09	0,1	-	2,84	2,85	-	-	4,12	4,23
5	B5	244 + 15,00	BSTC	Ø = 0,80	0,06	0,25	0,1	-	0,85	0,70	-	-	0,91	0,99
6	B6	291 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00	161,50	30,97	1,3	-	-	95,88	112,90	-	115,75	150,79
7	B7	308 + 0,00	BSTC	Ø = 1,00	0,08	0,15	0,1	-	1,18	1,26	-	-	1,83	2,09
8	B8	384 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00	581,94	68,38	1,00	-	-	182,54	213,77	-	231,49	301,58
9	B9	385 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	B9	436 + 0,00	BSTC	Ø = 1,00	0,09	0,09	0,2	-	1,88	2,04	-	-	2,06	2,14
11	B10	482 + 0,00	BTTC	Ø = 1,00	0,25	0,35	10,7	-	5,31	5,74	-	-	5,88	8,01
12	B11	494 + 0,00	BDTC	Ø = 1,00	0,19	0,45	4,6	-	3,48	3,74	-	-	3,92	4,01
13	B12	534 + 0,00	BDTC	Ø = 1,00	18,84	0,42	2,8	-	3,02	3,25	-	-	4,12	4,18

Tabela 10 – Vazões afluentes x Vazões Admissíveis por bueiro

VAZÃO AFLUENTE DOS BUEIROS PROJETADOS																	
Método Racional - bacias com área até 4 km²																	
Nº	BACIA (m²)	ESTACA	TIPO	SEÇÃO	ÁREA (m²)	L (m)	H (m)	TC (s/m)	15 anos (l/s)	20 anos (l/s)	30 anos (l/s)	50 anos (l/s)	CAPAL (m³/s)	PLEIA (m³/s)	15 anos (l/s)	20 anos (l/s)	30 anos (l/s)
1	B1	3 + 15,55	BSCC	2,00 x 1,00	25,39	0,25	1,8	9,19	-	30,000	43,500	-	244,200	267,000	0,30	-	5,21
2	B2	67 + 0,00	BDOC	2,00 x 1,50	336,63	2,60	7,3	76,64	-	93,400	102,000	-	70,400	78,900	0,30	-	19,91
3	B3	159 + 8,42	BTTC	Ø = 1,00	24,52	0,12	0,8	6,36	24,000	26,000	-	268,700	291,100	-	0,30	5,53	6,00
4	B4	233 + 13,06	BDTC	Ø = 1,00	13,00	0,09	0,1	5,20	33,100	35,700	-	242,000	261,200	-	0,30	2,84	2,85
5	B5	244 + 15,00	BSTC	Ø = 0,80	5,93	0,25	0,1	28,27	61,700	66,300	-	131,000	140,700	-	0,30	0,66	0,70
6	B7	308 + 0,00	BSTC	Ø = 1,00	7,73	0,16	0,1	16,92	48,000	51,700	-	181,000	194,700	-	0,30	1,18	1,26
7	B9	436 + 0,00	BSTC	Ø = 1,00	6,72	0,09	0,2	6,69	28,700	31,000	-	257,200	278,100	-	0,30	1,88	2,04
8	B10	482 + 0,00	BTTC	Ø = 1,00	24,72	0,35	10,7	6,83	28,500	31,600	-	255,900	276,500	-	0,30	5,31	5,74
9	B11	494 + 0,00	BDTC	Ø = 1,00	20,37	0,45	4,6	12,59	42,800	45,900	-	203,100	218,700	-	0,30	3,48	3,74
10	B12	534 + 0,00	BDTC	Ø = 1,00	18,84	0,42	2,8	14,01	45,100	48,500	-	193,000	207,700	-	0,30	3,02	3,25

Tabela 11 – Dimensionamento de bueiros com bacias de contribuição até 4km²

VAZÃO AFLUENTE DOS BUEIROS PROJETADOS																		
Método Hidrograma Unitário - bacias com área maior que 10 km²																		
Nº	BACIA	ESTACA	TIPO	SEÇÃO (m)	ÁREA (m²)	L (m)	H (m)	TC (s/m)	PRECIPITAÇÃO				PRECIP. EFETIVA - mm		CM	S	VAZÃO AFLUENTE	
									20 anos (mm)	30 anos (mm)	50 anos (mm)	100 anos (mm)	20 anos (mm)	30 anos (mm)			20 anos (m³/s)	30 anos (m³/s)
1	B6	291 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00	161,50	30,97	1,3	2.713,00	211,200	232,700	66,430	113,570	61,95	6,14	95,86	112,90		
2	B8	384 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00	581,94	66,38	1,0	7.389,00	256,400	282,800	127,940	149,840	60,46	6,54	182,53	213,80		
		385 + 0,00	BTCC	3,00 x 3,00														

Tabela 12 – Dimensionamento de bueiros com bacias de contribuição maior que 4km²



PROJETO DE INTERSEÇÕES E ACESSOS

10.4. INTRODUÇÃO

O Projeto de Interseções e Acessos foi desenvolvido de acordo com as *Instruções de Serviço para Projeto de Interseção, Retornos e Acessos (IS-16)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

10.5. INTERSEÇÕES PROJETADAS

O trecho em estudo trata do acesso ao distrito de Santa Maria com início na sede de Novo Oriente. Ao longo desse segmento foram projetadas acessos e interseções, sendo a maior no final do trecho.

10.6. APRESENTAÇÃO

A geometria projetada para as interseções é apresentada no item 9 do Volume 2 – Projeto de Execução.



11. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

11.1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Sinalização e Obras Complementares foi desenvolvido de acordo com as *Instruções de Serviço para Projeto de Sinalização e Dispositivos de Segurança (IS-18)*, de *Defensas (IS-19)* e de *Cercas (IS-20)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

O projeto foi elaborado para uma velocidade diretriz de 60 km/h no segmento ondulado e de 40 km/h nas proximidades das interseções e rotatórias.

11.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL

As placas serão afixadas em suportes de madeira e confeccionadas em chapas de aço galvanizado especial.

Os painéis serão afixados em pórticos e confeccionados com o mesmo material das placas.

11.3. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal será feita através da pintura de faixas e marcas no pavimento, utilizando-se branca para canalização e a cor amarela para proibição, podendo ser contínuas ou interrompidas, com cadências variáveis, executadas em comprimentos múltiplos de 4,0 metros e largura de 12 cm. As faixas de bordo serão contínuas em toda extensão do trecho.

A tinta a ser utilizada deverá ser de materiais retro-refletivos a base de resina acrílica emulsionada em água, conforme a norma NBR-13.699.

▪ Tachas Refletivas

Foi prevista a implantação de 5.610 tachas refletivas bidirecionais ao longo da via.

11.4. APRESENTAÇÃO

O Projeto de sinalização horizontal e vertical será apresentado no item 10 do
Volume 2 – Projeto de Execução.





12. PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

12.1. CERCAS DE PROTEÇÃO

O projeto indicou a remoção de **10.670** metros de cercas existentes que serão removidas por gerar interferência com o acesso viário e devolvidas aos seus respectivos proprietários.

O projeto previu a implantação de **10.670,00** metros, com 08 (oito) fios de arame farpado e estacas de madeira.



13. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

13.1. INTRODUÇÃO

Os materiais, equipamentos, procedimento para execução, controle, medição e pagamento de todos os serviços previstos deverão atender integralmente às Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias do DER/CE, complementadas pelas Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DNIT ou quando couber, complementações dessas e finalmente, por especificações particulares para aqueles serviços não previstos nos documentos anteriores.

Na aplicação destas normas e especificações deverá ser obedecida a seguinte ordem de precedência:

- Especificações Particulares
- Especificações Complementares
- Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias do DER/CE.
- Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DNIT.

13.2. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

Serão utilizadas as seguintes Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias do DER/CE.

*** Terraplenagem**

- DER-ES-T 01/2000 - Serviços Preliminares;
- DER-ES-T 02/2000 - Caminhos de Serviço;
- DER-ES-T 04/2000 - Cortes;
- DER-ES-T 05/2000 - Empréstimos;
- DER-ES-T 06/2000 - Aterros com Solos.

*** Pavimentação**

- DER-ES-P 02/2000 - Reforço Granular para Subleito;
- DER-ES-P 03/2000 - Sub-base Granular;
- DER-ES-P 04/2000 - Base Granular;
- DER-ES-P 07/2000 - Recomposição de Camada Granular;
- DER-ES-P 08/2000 - Imprimação;