

RODOVIA : PE-060
TRECHO : DIV. PB/PE - DIV. PE/AL
SUBTRECHO : Entr. BR-101 (Cabo) – Entr. Acesso à SUAPE

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DE DUAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (VIADUTOS) E DA FUNDAÇÃO DE ATERRO DOS ENCONTROS, NUMA EXTENSÃO TOTAL DE 103,0 m (CADA UMA) A SER CONSTRUÍDA NA CIDADE DO CABO DE SANTO AGOSTINHO.

VOLUME 3 - MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

RODOVIA : PE-060
TRECHO : DIV. PB/PE - DIV. PE/AL
SUBTRECHO : Entr. BR-101 (Cabo) – Entr. Acesso à SUAPE

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DE DUAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (VIADUTOS) E DA FUNDAÇÃO DE ATERRO DOS ENCONTROS, NUMA EXTENSÃO TOTAL DE 103,0 m (CADA UMA) A SER CONSTRUÍDA NA CIDADE DO CABO DE SANTO AGOSTINHO.

VOLUME 3 - MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

Índice

1.	Apresentação	04
2.	Mapa de Situação	08
3.	Estudos	
	3.1 Estudo Topográfico	10
	3.2 Estudo Hidrológico	12
	3.3 Estudos Geotécnicos	28
4.	Projeto Geométrico	32
5.	Projeto de Fundação do Aterro (Terraplenagem)	44
6.	Projeto de Obra de Arte Especial	57
7.	Projeto de Pavimentação	61

1. APRESENTAÇÃO

A CONSULPLAN - Consultoria e Planejamento Ltda., situada a Av. Engenheiro Alves de Souza, 709 – Imbiribeira - Recife/PE, inscrita no CNPJ/MF sob o N° 07.283.395/0001-26, Fone (081) 3339.2300, e-mail consulplan@consulplan.eng.br, apresenta a Secretaria Estadual de Turismo – SETUR/PE, Volume 3 – Memória Justificativa, referente à Elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Construção de duas Obras de Arte Especiais (viadutos) e da Fundação de Aterro dos Encontros, numa extensão aproximada de 103,4m (cada) a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho

Os principais elementos que caracterizam o contrato são:

Edital Tomada de Preços	: N° 003/2011
Data da Proposta	: 29/08/2011
Data da Assinatura do Contrato	: 01/09/2011
Contrato n.º	: 14/2011
Início dos Serviços	: 02/09/2011

O Projeto está sendo apresentado nos volumes discriminados a seguir:

- Volume 1: Relatório do Projeto
- Volume 2: Projeto de Execução
- Volume 3: Memória Justificativa
- Volume 3B: Estudos Geotécnicos
- Volume 3C: Memória de Cálculo de Estruturas
- Volume 4: Orçamento e Plano de Execução das Obras

Volume 1 – Relatório do Projeto

Contém a síntese das metodologias adotadas, soluções e resultados encontrados para os diversos itens componentes do Projeto. Tem a finalidade de dar uma visão geral do Projeto e reúne também as especificações gerais, particulares e complementares. É apresentado em formato A-4.

Volume 2 – Projeto de Execução

Contém as plantas, desenhos tipos, listagens de serviços e croquis necessários à execução da obra. É apresentado em formato A-3.

Volume 3 – Memória Justificativa

Contém as justificativas das soluções adotadas, descrevendo claramente as metodologias utilizadas e os resultados encontrados. Destina-se essencialmente, ao exame do DER, servindo posteriormente como elemento de consulta na fase de execução da obra. É apresentado em formato A-4.

Volume 3B – Estudos Geotécnicos

Contém os resultados das sondagens e dos ensaios efetuados, com os materiais do pavimento existente e com os materiais estudados para serem utilizados nas diversas fases da construção. É apresentado em formato A-4.

Volume 3C – Memória de Cálculo de Estruturas

Contém todas as memórias de cálculo da estrutura. É apresentado em formato A-4.

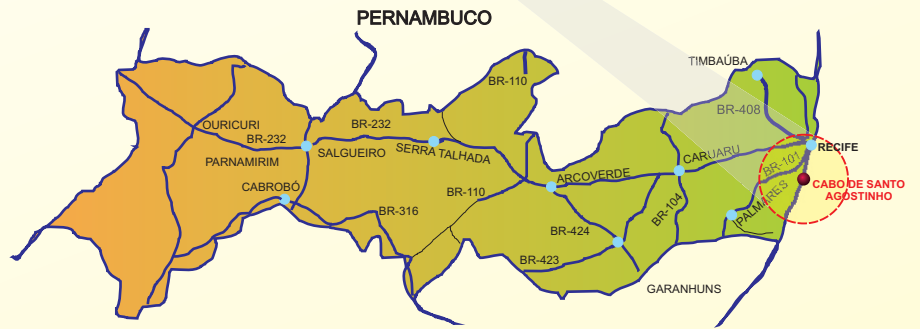
Volume 4 – Orçamento e Plano de Execução da Obra

Contém a listagem e o custo de todas as obras necessárias à execução do Projeto, obtido com base nas quantidades dos diversos serviços e em custos unitários decorrentes da aplicação da Tabela do DER/PE, com data base de julho/2011. É apresentado em formato A-4.

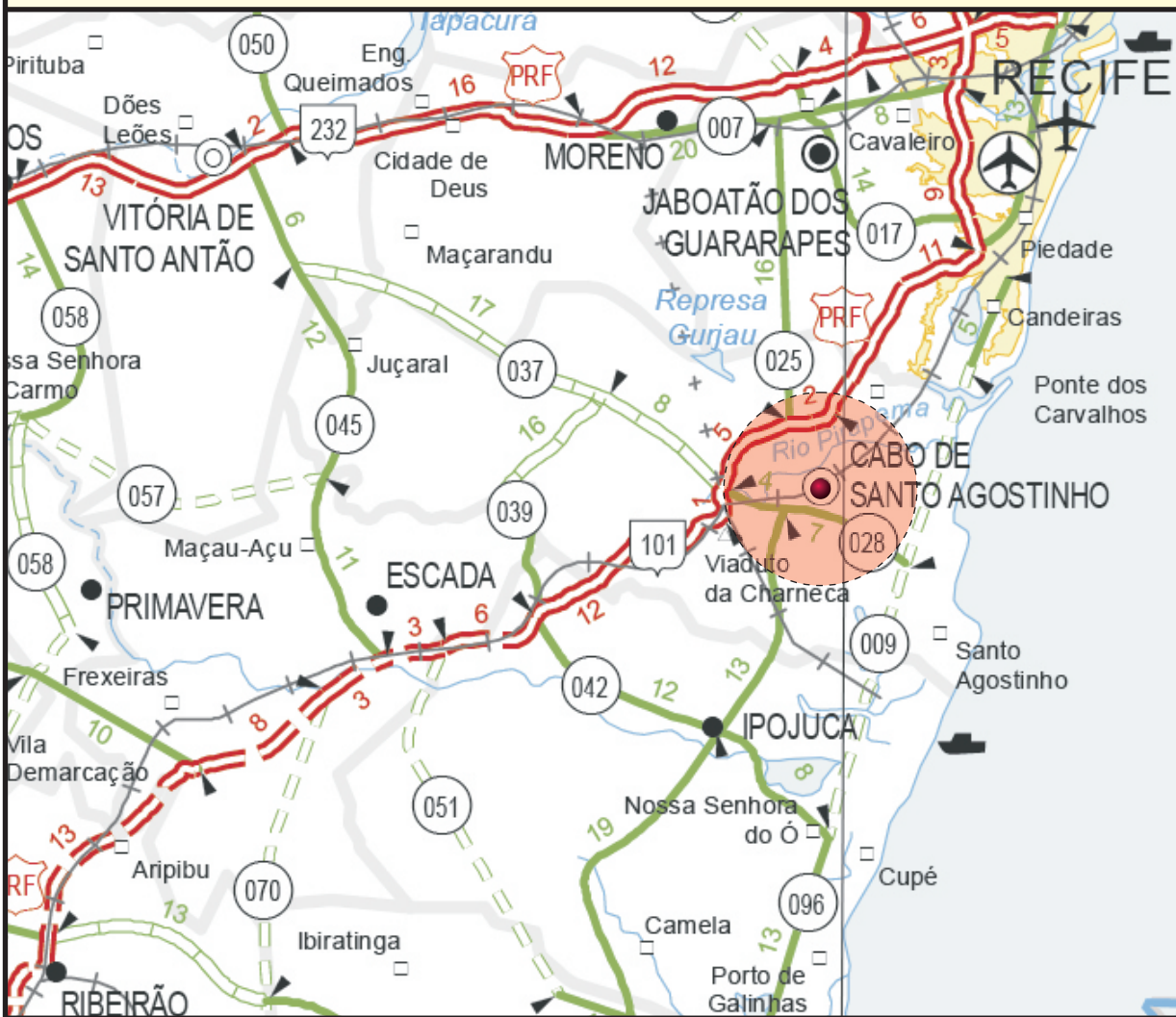
2. MAPA DE SITUAÇÃO



BRASIL



PERNAMBUCO



RECIFE

CABO DE SANTO AGOSTINHO



MAPA DE SITUAÇÃO

3. ESTUDOS

3.1 Estudos Topográficos

Os Estudos Topográficos foram desenvolvidos de acordo com o Termo de Referência do Edital, e teve como principal objetivo fornecer elementos necessários para elaboração do Projeto Geométrico, Projeto de obras de Artes Correntes e Obras de Artes Especiais.

Os trabalhos realizados estão listados a seguir:

- Locação do eixo de estudo;
- Amarração dos pontos notáveis;
- Nivelamento e Contra nivelamento com implantação de RNs;
- Seções Transversais do eixo locado;
- Cadastro de toda área de interesse do projeto;
- Levantamento dos locais das obras de artes correntes;

As metodologias adotadas para execução dos serviços estão apresentadas a seguir:

Locação do Eixo

A locação do eixo de estudo da rodovia foi desenvolvida pelo eixo da pista existente, de 20 em 20 metros nas tangentes e de 10 em 10 metros nas curvas de raio inferior a 300 metros.

Amarração dos Pontos Notáveis

As amarrações foram feitas em todos os pontos notáveis das curvas, através de 4 marcos de concreto de 0,10 x 0,10 x 0,50 m em forma de “V”, localizados no limite da faixa de domínio, de modo a permitir a reconstituição do eixo locado, em qualquer etapa da construção

Seções Transversais

As seções transversais foram levantadas de 20 em 20 m, perpendiculares ao eixo locado, numa extensão suficiente a realização de todo Projeto Geométrico.

Levantamento Cadastral

O cadastro foi executado ao longo da faixa de interesse do projeto com o objetivo de levantar casas, cercas, serviços de utilidade pública, benfeitorias existentes, e outras ocupações que possam interferir com o projeto em execução.

Levantamentos dos locais de Obras de Artes Correntes

O levantamento dos locais das Obras de Arte Correntes foi executado através da implantação de uma linha base, no eixo do talvegue, e com seções transversais a esse eixo, de modo a determinar a melhor posição, cotas e esconsidade das obras.

3.2 Estudos Hidrológicos

O Estudo Hidrológico objetivou obter informações dos elementos de natureza hidrológica, no sentido de determinar as descargas das bacias hidrográficas interceptadas viaduto.

3.2.1 - Coleta de Dados

Foram pesquisados dados da Rede Hidrométrica Básica do Nordeste operada pela SUDENE (ADENE) - Agência de Desenvolvimento do Nordeste, que teve acumulado ao longo dos anos importante acervo de informações climatológicas essenciais ao Planejamento da Região Nordeste do Brasil.

3.2.2 - Clima

De acordo com a classificação de “Koppen”, o clima na região é do tipo As’ tropical úmido com chuvas intensas no período Outono/Inverno. A precipitação média anual é de 2148 mm. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de maio, junho e julho e o mais seco outubro, novembro e dezembro, cujos elementos foram elaborados histogramas de precipitações médias mensais, precipitações máximas mensais e dias de chuva, apresentados no QD.3.2.2.1.

A temperatura média é de 24°C. Os valores extremos da temperatura são de 17°C e 30°C.

A umidade relativa do ar é muito elevada, com média anuais em torno de 80%. No período de maio a julho, os valores são mais elevados, podendo atingir até 87%. A época mais seca vai de novembro a janeiro, com médias que chegam até 74%.

3.2.3 - Pluviometria

Os elementos pesquisados para a determinação do regime pluviométrico da região onde se desenvolve o projeto foram obtidos do posto do Cabo/PE (Posto nº 3869694), com período de observações de 1963 a 1984. O posto selecionado está próximo a área do projeto em estudo.

Os trabalhos estatísticos foram então desenvolvidos com base nos elementos da série histórica de máximas pluviométricas anuais para o referido posto, a seguir apresentado:

Características Principais:

Posto: 3869694 - Cabo/PE

Município: Cabo

Tipo: Pluviométrico

Latitude: 08° 18'S

Longitude: 35° 02'W

Altitude: 30m

Entidade instaladora: SUDENE

Foram extraídos os elementos de chuva máxima mensal anual do período de observação (1963 a 1984) e elaborados os gráficos das curvas intensidade x duração para os diversos tempos de retorno de chuva desejados, utilizando-se o método estatístico de Gumbel, conforme a seguir descrito:

Processamento estatístico dos dados pelo critério de Gumbel;

Utilização da fórmula de Ven-Te-Chow, para a definição da curva representativa das precipitações máximas, correspondente a 1 dia de duração;

Utilização das relações existentes entre as chuvas de 6 minutos, 1 hora e 24 horas de duração, para obtenção das curvas de precipitação-duração-freqüência.

De posse da série histórica de dados pluviométricos, após o respectivo processamento estatístico, ajustou-se uma curva representativa das precipitações máximas em função de sua probabilidade de ocorrência, utilizando-se a fórmula de Ven-Te-Chow.

Para realização da análise estatística da série histórica obtida foram utilizadas as seguintes equações:

$$P_{Med} = \sum \frac{p}{n} \quad e \quad u = \frac{\sqrt{(P - P_{Med})^2}}{n - 1} \quad \text{Onde:}$$

P_{Med} = Precipitação média durante o período observado, em milímetros;

P = Máxima precipitação diária anual, em milímetros;

n = Quantidade total das máximas precipitações diárias anuais consideradas na análise;

u = Desvio padrão das máximas precipitações diárias anuais.

A freqüência com que cada uma dessas chuvas poderá ocorrer foi determinada pela equação:

$$F = \frac{N}{n + 1} \quad \text{Onde:}$$

F = Freqüência de ocorrência de determinada chuva, em percentual;

N = Número de ordem ocupado por cada uma das precipitações máximas diárias anuais,

dispostas numa ordem decrescente de valores;

n = Quantidade total das máximas precipitações diárias anuais consideradas na análise.

A probabilidade de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais foi estabelecida pela equação:

$$TR = \frac{1}{F} \quad \text{Onde:}$$

TR = Probabilidade de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais;

F = Freqüência de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais,

em

decimal.

Para a determinação das precipitações para chuvas de 1 dia de duração, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$P = P_{Med} + K\sigma \quad \text{Onde:}$$

P = Precipitação máxima para chuvas de 1 dia de duração, em milímetros;

P_{Med} = Precipitação média durante o período observado, em milímetros;

σ = Desvio padrão das máximas precipitações diárias anuais;

K = Fator de frequência, obtido das tabelas de Gumbel - Fatores de Frequência, em função do período de observação e dos tempos de recorrência.

Através da análise das curvas de intensidade-duração-frequência, contidas na publicação “Chuvas Intensas no Brasil” do Eng. Otto Pfafstetter, o Eng^o Jaime Taborga Torrico constatou a proporcionalidade entre as relações de precipitações de 6 minutos/24 horas e de 1 hora/24 horas para as diversas regiões brasileiras, traduzindo-as sob forma de mapa de Isozonas ou zonas de mesma relação pluviométrica, em sua publicação denominada “Práticas Hidrológicas”.

Os valores das precipitações para chuvas de 1 dia de duração, correspondentes aos tempos de recorrência utilizados na proporcionalidade entre as relações de precipitações, foram convenientemente convertidos para chuvas com duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, através da utilização das porcentagens indicadas no mapa das Isozonas, para a isozona correspondente a região na qual o projeto está inserido.

A plotagem dos valores obtidos através das relações pluviométricas possibilitou a obtenção das retas de precipitação-duração-frequência, para os tempos de recorrência utilizados no projeto.

As curvas de intensidade-duração-frequência foram obtidas através de analogias com as retas de precipitação-duração-frequência, respeitando-se os tempos de recorrência utilizados.

Para 6 minutos: $i(6mm) = P.0,10$

Para 1 hora : $i(1Hora) = P$

Para 2 horas : $i(24 horas) = \frac{P}{2}$

O resultado desse estudo está contido no final deste relatório.

As páginas seguintes são apresentadas as planilhas contendo os resultados dos cálculos efetuados e demais parâmetros utilizados.

ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO POSTO DO CABO

ESTADO : PERNAMBUCO

MUNICÍPIO: CABO / PE

PERÍODO DE OBSERVAÇÃO: 22 ANOS (1963 a 1984)

LATITUDE: 08° 18' S

LONGITUDE: 35° 02' W

POSTO PLUVIOMÉTRICO: Nº 3869694 - CABO

Expurgado os anos de 1965 e 1971

ALTITUDE: 30 m

SÉRIE HISTÓRICA (MÁXIMA MENSAL ANUAL)

ANOS	P (mm)	Nº ORDEM	P (mm)	P- P` (mm)	(P- P`)² (mm)	F=N / (m+1) (%)	Tr= 1/F	OBS.
1963	139,40	1	152,80	47,39	2245,81	0,0	21,0	
1964	75,20	2	148,70	43,29	1874,02	0,1	10,5	
1966	126,50	3	139,40	33,99	1155,32	0,1	7,0	
1967	92,00	4	126,50	21,09	444,79	0,2	5,3	
1968	95,30	5	120,00	14,59	212,87	0,2	4,2	
1969	104,20	6	113,00	7,59	57,61	0,3	3,5	
1970	75,60	7	110,00	4,59	21,07	0,3	3,0	
1972	113,00	8	105,00	-0,41	0,17	0,4	2,6	
1973	104,60	9	104,60	-0,81	0,66	0,4	2,3	
1974	105,00	10	104,20	-1,21	1,46	0,5	2,1	
1975	152,80	11	102,60	-2,81	7,90	0,5	1,9	
1976	96,20	12	96,20	-9,21	84,82	0,6	1,8	
1977	78,80	13	95,30	-10,11	102,21	0,6	1,6	
1978	85,50	14	92,80	-12,61	159,01	0,7	1,5	
1979	90,00	15	92,00	-13,41	179,83	0,7	1,4	
1980	102,60	16	90,00	-15,41	237,47	0,8	1,3	
1981	110,00	17	85,50	-19,91	396,41	0,8	1,2	
1982	92,80	18	78,80	-26,61	708,09	0,9	1,2	
1983	120,00	19	75,60	-29,81	888,64	0,9	1,1	
1984	148,70	20	75,20	-30,21	912,64	1,0	1,1	

soma= 2108,20
p` 105,4
desvio= 22,6

Fórmula Geral de Ven Te Chow :

$$P = \bar{P} + k\sigma$$

Determinação da Média das Precipitações Máximas Diárias :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}$$

Determinação do Desvio Padrão das Precipitações Máximas Diárias :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2}{N - 1}}$$

OBRA: Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA



QD: 3.2.1

DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO POSTO DO CABO - PE

ESTADO : PERNAMBUCO

MUNICÍPIO: CABO / PE

POSTO PLUVIOMÉTRICO: Nº 3869694 - CABO

PERÍODO DE OBSERVAÇÃO: 20 ANOS (1963 a 1984)

Expurgado os anos de 1965 e 1971

LATITUDE: 08° 18' S

LONGITUDE: 35° 02' W

ALTITUDE: 30 m

TR (ANOS)	5	10	15	25	50	100
K	0,919	1,625	2,018	2,517	3,179	3,836
P	126,16	142,11	150,98	162,25	177,20	192,04

VALORES A CORRELACINAR

ZONA	1 HORA/24 HORAS						6 MIN /24 HORAS	
	5	10	15	25	50	100	5 - 50	100
B	38,1	37,8	37,5	37,3	36,9	36,6	8,4	7,5

TR (ANOS)	PRECIPITAÇÃO (mm)		
	24	1	0,1
5	142,566	54,318	11,976
10	160,583	60,701	13,489
15	170,613	63,980	14,331
25	183,347	68,389	15,401
50	200,242	73,889	16,820
100	217,008	79,425	16,276

OBRA: Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

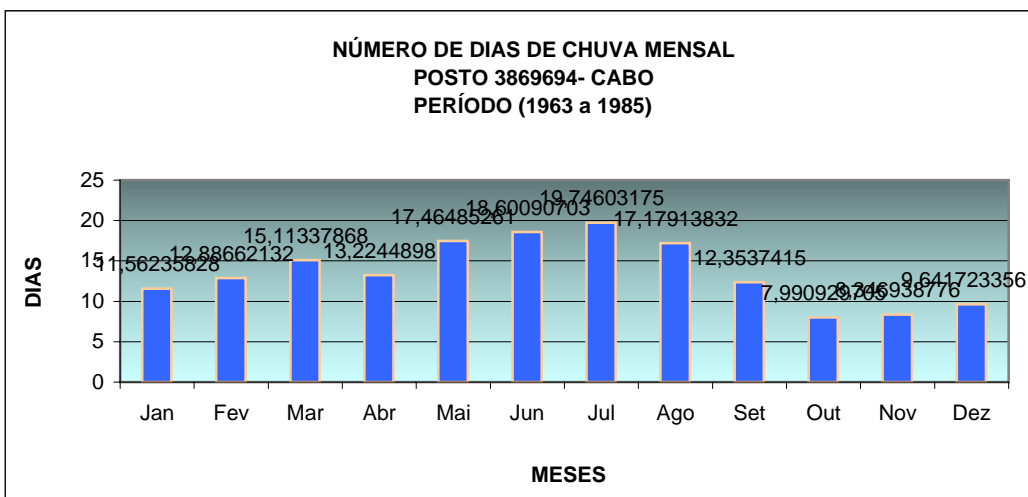
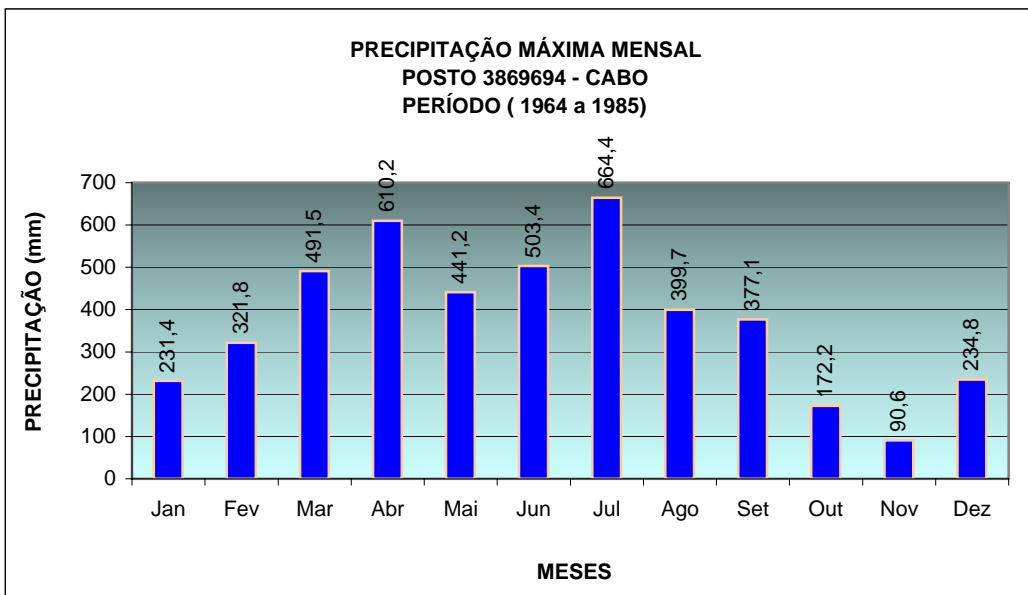
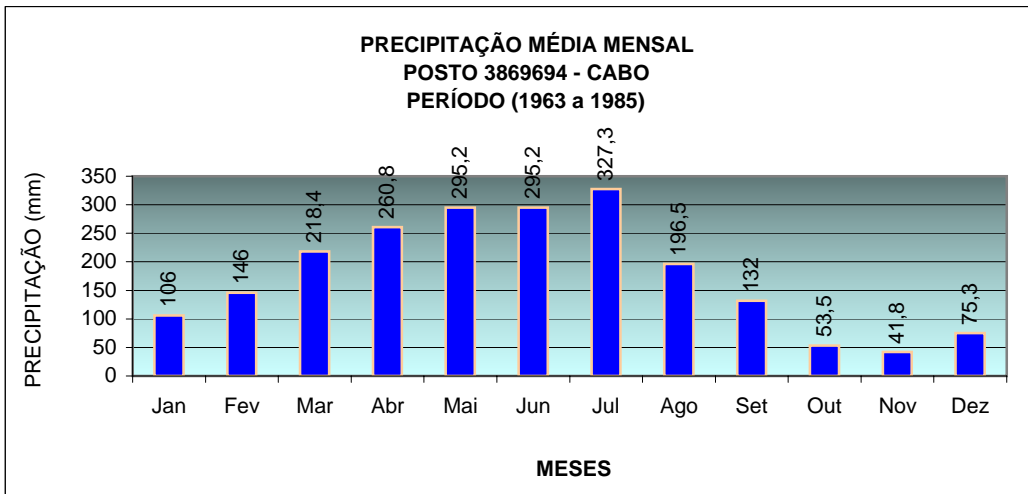
ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA



QD: 3.2.2

Cód. Nac. 00835008
 Posto nº 3869694 - Cabo
 Responsavel: SUDENE

Latitude : 08°18'
 Longitude: 35°02'
 Altitude 30 metros



OBRA: Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA / MÁXIMA / NÚMERO DE DIAS DE CHUVA MENSAL



QD. 3.2.2.1

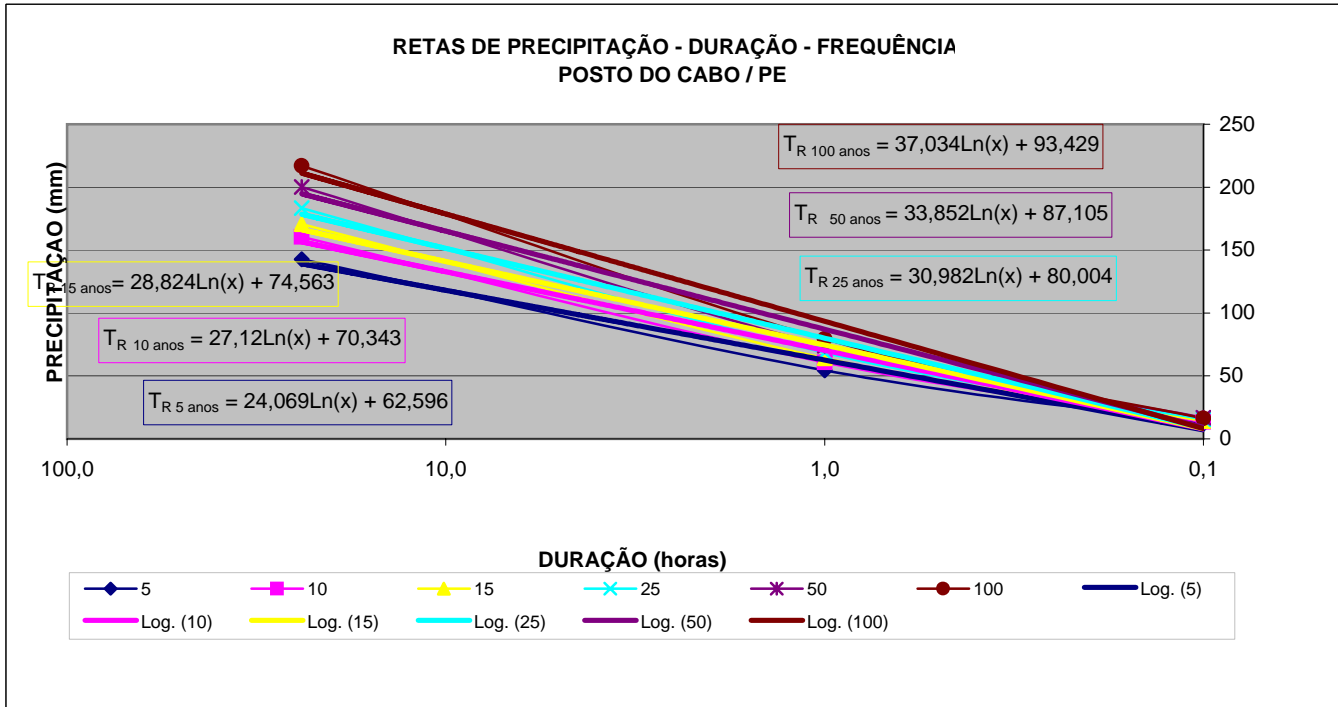
DADOS DO POSTO SELECIONADO

MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

**DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
(mm)**

	5	10	15	25	50	100
24	142,566	160,583	170,613	183,347	200,242	217,008
1	54,318	60,701	63,980	68,389	73,889	79,425
0,1	11,976	13,489	14,331	15,401	16,820	16,276

**RETAS DE PRECIPITAÇÃO - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA
POSTO DO CABO / PE**



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

TEMPO DE DURAÇÃO - ALTURA DE CHUVA - TEMPO DE RECORRÊNCIA



QD. - 3.2.3

DADOS DO POSTO SELECIONADO

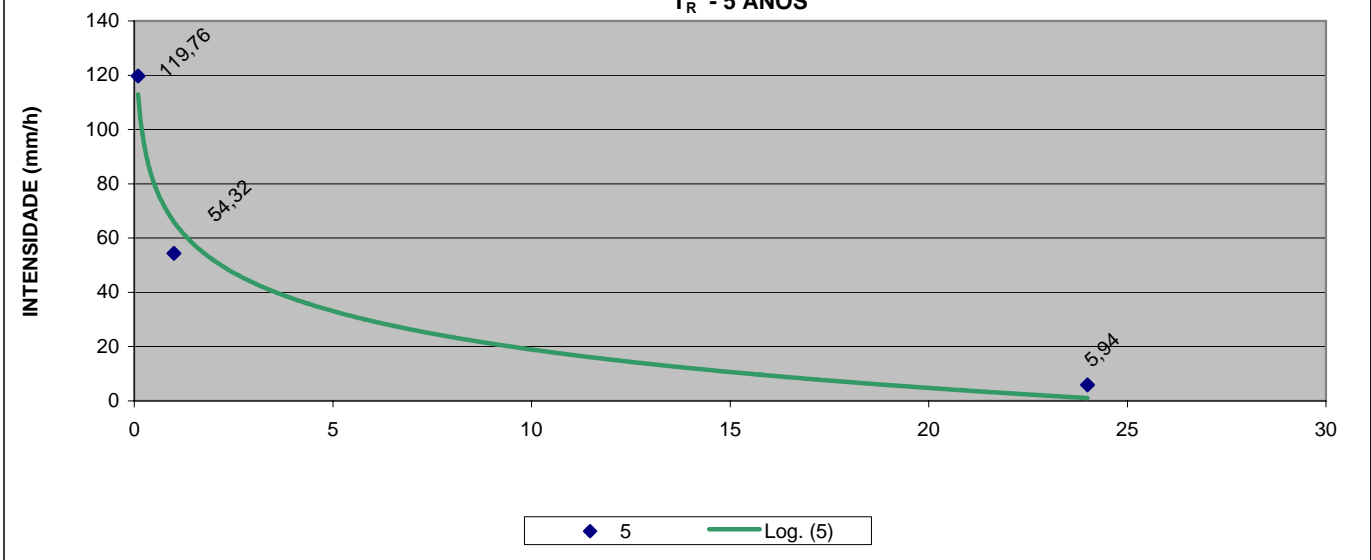
MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

(mm)

	5	10	15	25	50	100
24	5,94	6,69	7,11	7,64	8,34	9,04
1	54,32	60,70	63,98	68,39	73,89	79,42
0,1	119,76	134,89	143,31	154,01	168,2	182,76

CURVA DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
POSTO PLUVIOMÉTRICO Nº 3869694 - CABO / PE
T_R - 5 ANOS



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA



QD. - 3.2.4

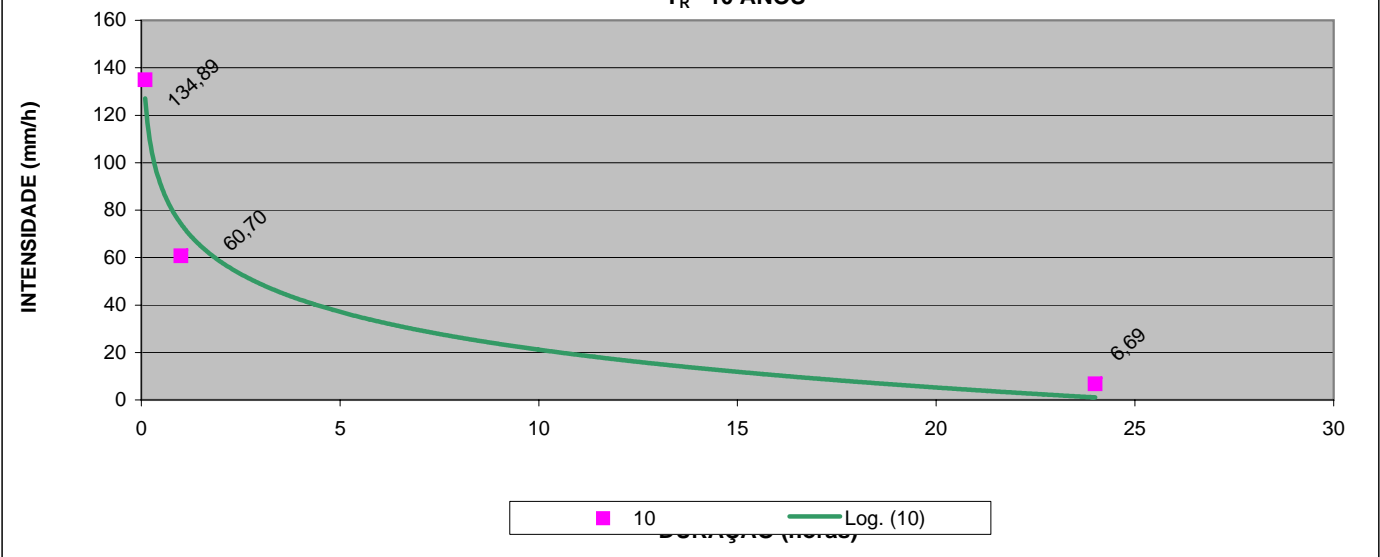
DADOS DO POSTO SELECIONADO

MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

**DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
(mm)**

	5	10	15	25	50	100
24	5,94	6,69	7,11	7,64	8,34	9,04
1	54,32	60,70	63,98	68,39	73,89	79,42
0,1	119,76	134,89	143,31	154,01	168,2	162,76

**CURVA DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
POSTO PLUVIOMÉTRICO Nº 3869694 - CABO / PE
T_R - 10 ANOS**



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.



CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA

QD. - 3.2.5

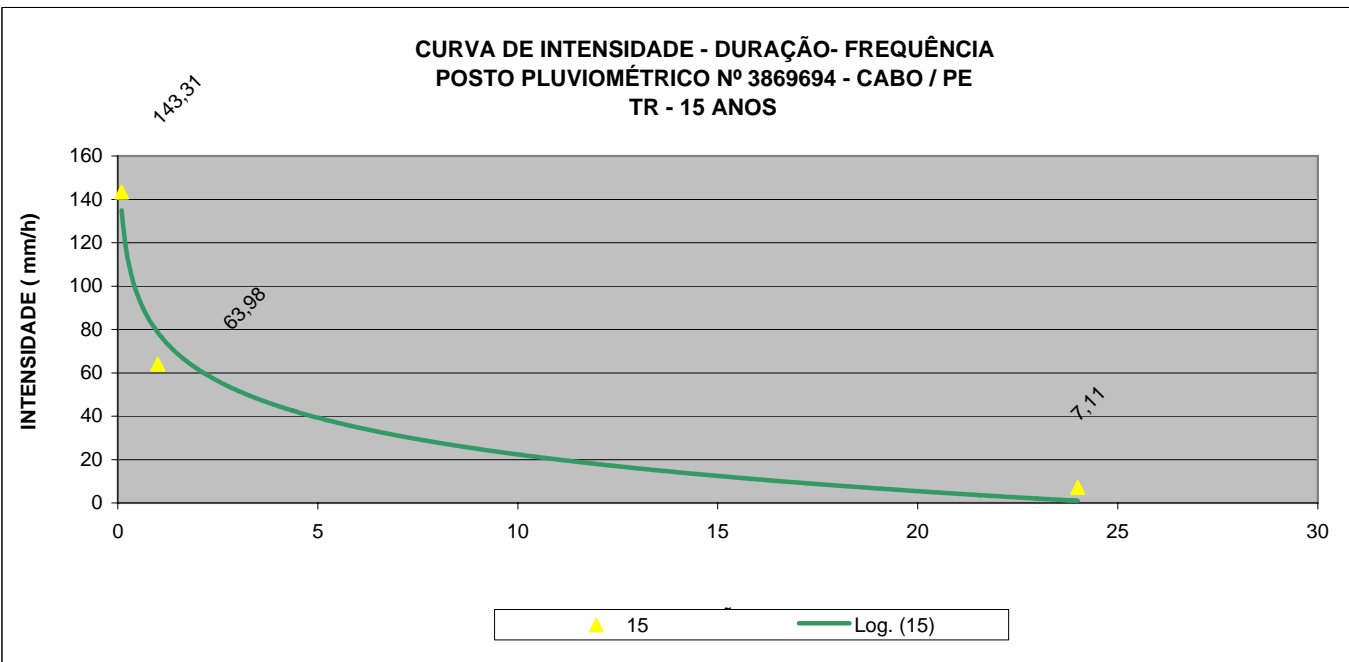
DADOS DO POSTO SELECIONADO

MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

**DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
(mm)**

	5	10	15	25	50	100
24	5,94	6,69	7,11	7,64	8,34	9,04
1	54,32	60,70	63,98	68,39	73,89	79,42
0,1	119,76	134,89	143,31	154,01	168,2	162,76

**CURVA DE INTENSIDADE - DURAÇÃO- FREQUÊNCIA
POSTO PLUVIOMÉTRICO Nº 3869694 - CABO / PE
TR - 15 ANOS**



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encantos, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.



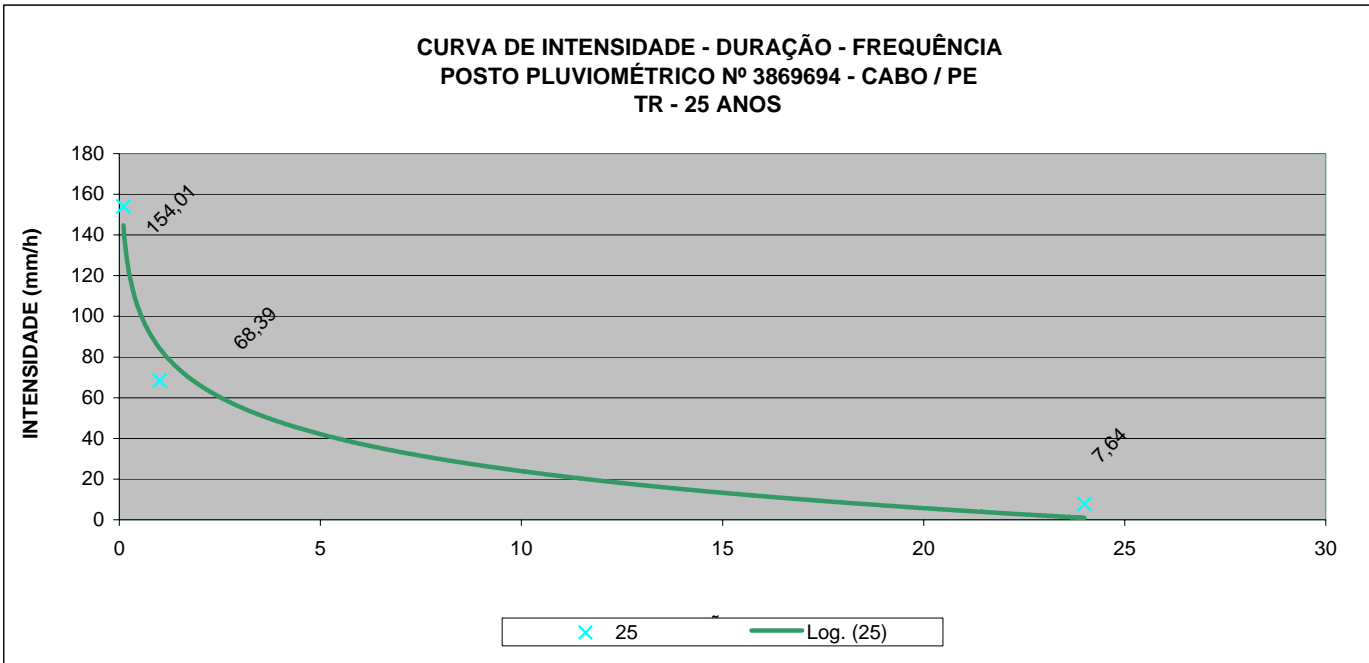
CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA

QD. - 3.2.6

DADOS DO POSTO SELECIONADO					
MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
(mm)

	5	10	15	25	50	100
24	5,94	6,69	7,11	7,64	8,34	9,04
1	54,32	60,70	63,98	68,39	73,89	79,42
0,1	119,76	134,89	143,31	154,01	168,2	162,76



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA

CONSULPLAN
CONSULTORIA E PLANEJAMENTO

QD. - 3.2.7

DADOS DO POSTO SELECIONADO

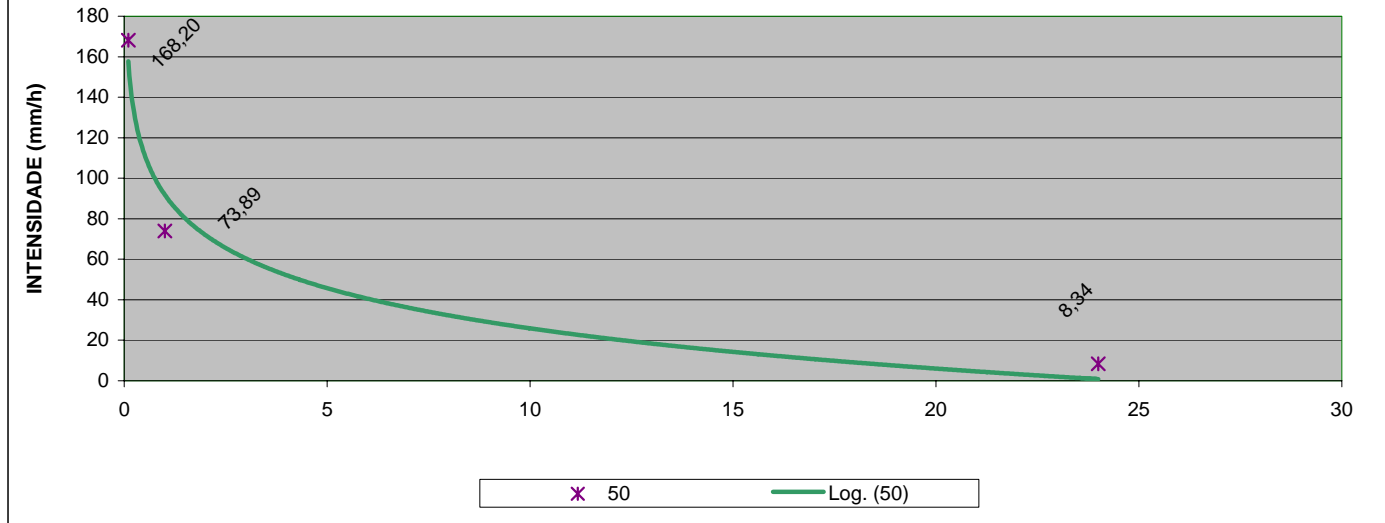
MUNICÍPIO	POSTO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CABO / PE	CABO	3869694	08° 18' S	35° 02' W	30 m

**DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
(mm)**

	5	10	15	25	50	100
24	5,94	6,69	7,11	7,64	8,34	9,04
1	54,32	60,70	63,98	68,39	73,89	79,42
0,1	119,76	134,89	143,31	154,01	168,2	162,76

OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encantos, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.

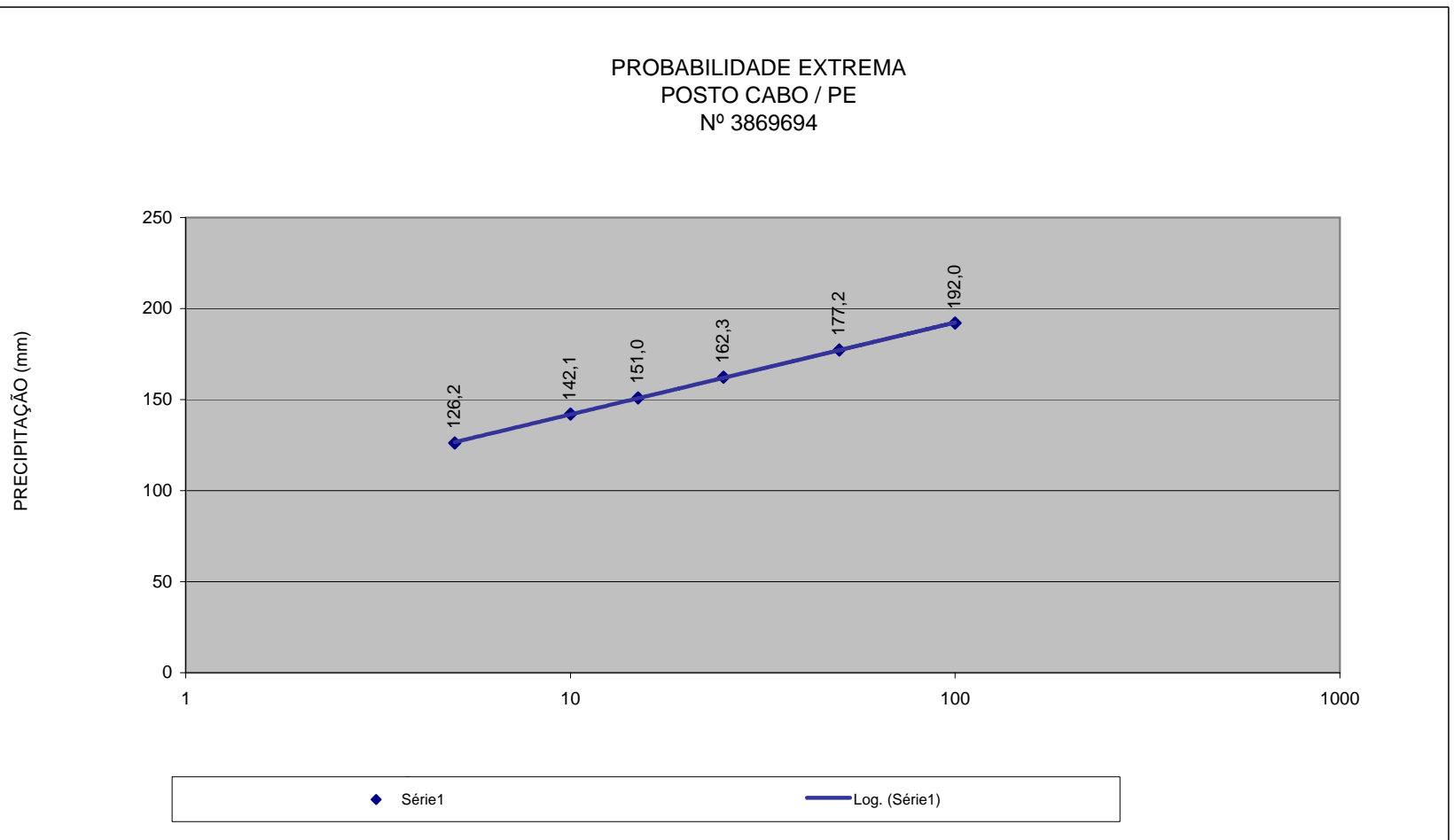
**CURVA DE INTENSIDADE - DURAÇÃO- FREQUÊNCIA
 POSTO PLUVIOMÉTRICO Nº 3869694 CABO / PE
 T_R - 50 ANOS**



CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA



QD. - 3.2.8



PROBABILIDADE EXTREMA

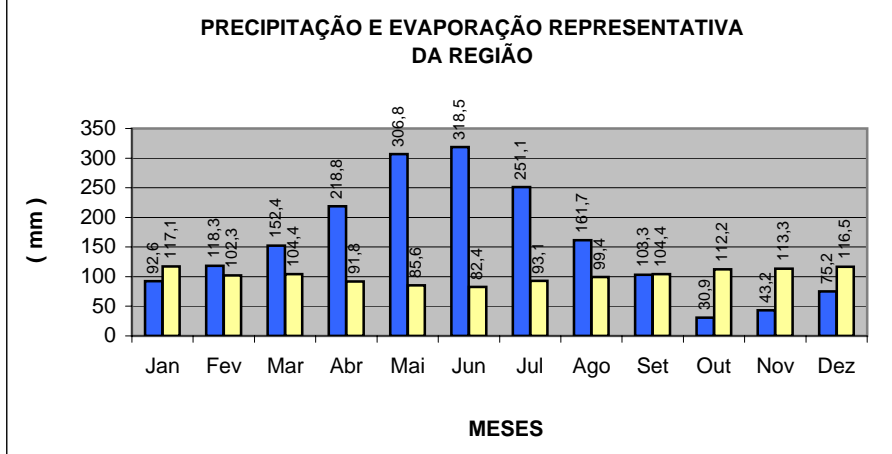
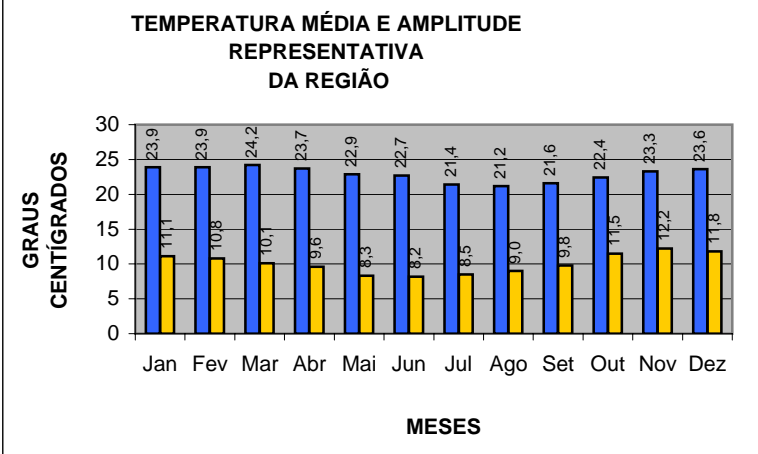
OBRA:
 Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.



QD. - 3.2.9

LATITUDE		LONGITUDE							ALTITUDE				FONTE: SUDENE			
08° 19' S		35° 11' W							107,00 m				POSTO : ESCADA / PE			
MESES	PRESSÃO (mb)	TEMPERATURA (° C)							NEBULOSID. (0 - 10)	PRECIPITAÇÃO (mm)				EVAPOR. (mm)	VENTO	
		MÉDIA	MÁX. MÉDIA	MÍN. MÉDIA	AMPLIT MÉDIA	MÁX. ABSOL.	MÍN. ABSOL.	AMPLIT ABSOL.		INSOL.	UMIDADE RELAT. %	ALTURA (m)	MÁX. 24 HORAS		DIR. PREDOMIN	VELOC.D. (m.p.s.)
Jan	0,0	23,9	30,7	19,5	11,1	35,8	17,0	18,8	5,2	256,3	77,5	92,6	60,8	117,1	C - SE	0,4
Fev	1001,8	23,9	30,5	19,7	10,8	33,6	16,6	17,0	5,6	199,7	79,0	118,3	61,0	102,3	E - C - SW	0,4
Mar	1001,3	24,2	30,6	20,4	10,1	34,6	16,6	18,0	5,5	211,9	79,2	152,4	68,6	104,4	E - C - SW	0,3
Abr	1001,7	23,7	29,6	19,9	9,6	33,8	16,6	17,2	5,9	194,8	81,3	218,8	95,8	91,8	C - SW	0,3
Mai	1002,6	22,9	28,2	19,7	8,3	30,6	16,0	14,6	6,2	184,9	81,8	306,8	98,6	85,6	C - SW	0,5
Jun	1004,1	22,7	27,2	18,9	8,2	30,4	15,0	15,4	6,2	171,6	82,3	318,5	82,0	82,4	C - SW	0,6
Jul	1006,0	21,4	26,7	18,1	8,5	30,0	14,4	15,6	6,3	159,2	82,0	251,1	88,9	93,1	C - SW	0,7
Ago	1005,9	21,2	26,8	17,7	9,0	29,6	14,4	15,2	5,9	204,4	80,7	161,7	46,0	99,4	C - SW	0,6
Set	1004,9	21,6	27,7	17,8	9,8	30,4	14,4	16,4	5,0	223,7	78,4	103,3	50,0	104,4	C - SW	0,4
Out	1003,5	22,4	29,5	17,9	11,5	32,6	14,6	18,0	4,6	238,6	76,6	30,9	23,6	112,2	C - E	0,5
Nov	1002,0	23,3	30,9	18,6	12,2	33,8	15,8	18,0	4,6	234,7	76,4	43,2	31,8	113,3	C-NE-CE	0,5
Dez	1002,0	23,6	30,8	19,0	11,8	33,2	15,8	17,4	4,7	236,2	77,1	75,2	45,6	116,5	C-NE-CE	0,5
ANO	1003,1	22,9	29,1	18,9	10,1	35,8	14,0	21,8	5,5	2543,0	79,4	1872,8	98,6	1222,8	C-SW	0,5

**ELEMENTOS METEOROLÓGICOS
REPRESENTATIVO DA REGIÃO**



OBRA:
Projeto Executivo de Engenharia para construção de duas obras de arte especiais (Viaduto) e da fundação de aterro dos encontros, a ser construída na Cidade do Cabo de Santo Agostinho.



QD. - 3.2.10

3.3 Estudos Geotécnicos

Os estudos geotécnicos constituíram da seguinte etapa:

- Estudo de Ocorrência de materiais para construção.
- Sondagens a Percussão.

3.3.1 Ocorrência de Materiais para Construção

Foram feitas prospecções para identificação de possíveis ocorrências de materiais para Terraplenagem e Pavimentação (jazida, areal e pedreira).

Em cada área julgada como provável ocorrência de material foram executados os seguintes serviços:

- sondagens;
- coleta de materiais de cada furo sondado;
- ensaios de caracterização, compactação e ISC, sobre as amostra coletadas.

Para a pedreira adotou-se a Norma DNER-PRO 257.

3.3.2 Sondagens a Percussão

3.3.2.1 Método Utilizado

A sondagem foi executada pelo método de percussão de acordo com as Normas **NBR 6484/2001** da **ABNT**.

A sondagem foi realizada utilizando-se tubos de revestimentos de 6,70 cm (diâmetro nominal), a determinação da resistência à penetração feita com amostrador tipo **SPT** de 3,49 cm de diâmetro interno e 5,08 cm de diâmetro externo, deixando cair sobre o mesmo um peso de 65 Kg a uma altura de 75cm com uma velocidade aproximada de 15 golpes por minuto; a profundidade do lençol d'água, quando existente corresponde ao nível mais elevado, anotado após 24 horas da conclusão do furo e seu esgotamento.

3.3.2.2 Serviços

Foram executados 20 (vinte) furos de sondagem a percussão locados conforme se observa no desenho de localização dos furos de sondagem (SP-01 a SP-08 e F-01 a F-12).

A classificação das amostras e descrição das camadas atravessadas, foram feitas de acordo com as normas **NBR 7250** da **ABNT**. Foram utilizados como auxílio à perfuração o trado, após o que iniciou-se o avanço com a ajuda da circulação de água. (**LAVAGEM**).

Foram utilizados 1,00, 2,00 e 3,00 m de revestimento, conforme indicações nos perfis de sondagem.

As sondagens tiveram suas paralisações com “**Limite de Sondagem**”, acordada com a contratante, considerando não haver necessidade técnica de continuar a investigação do subsolo em maiores profundidades que aquelas fixadas nos perfis ou numa camada Impenetrável à ferramenta de percussão, segundo critério de paralisação do item 6.4.1 da Norma NBR 6484/2001 e ou pelas condições de avanço das perfurações pelo processo de lavagem, em que se verificou avanços inferiores à 50 (cinquenta) mm em cada período de 10 minutos, conforme prevê a Norma NBR 6484/2001 da ABNT. Caso haja necessidade técnica de continuar a investigação do sub-solo em maiores profundidades que aquelas fixadas nos perfis, a perfuração terá que prosseguir por método rotativo.

3.3.2.3 Apresentação dos Resultados

Perfis individuais dos furos em escala de **1:100**, assinalando todos os itens exigidos pela NB-12 da **ABNT** e mais o gráfico de resistência à penetração do amostrador em função da profundidade, indicando a soma dos golpes da 1^a. e 2^a. parcelas de 15 cm, isto é, os 30(trinta) iniciais (traçados em linha interrompida) e a soma dos golpes da 2^a e 3^a parcelas de 15 cm, isto é, os 30 (trinta) finais (traçados em linha cheia).

No local onde o índice é fornecido sob forma de fração, o numerador representa o número de golpes do peso e o denominador a penetração do amostrador em centímetros.

3.3.2.4 Perfis Individuais

Os perfis individuais dos furos de sondagem estão apresentados a seguir e contem todas as informações exigidas no item 7.2 do método de ensaio da Norma Brasileira NBR-6484/FEV 2001.

No volume 3B estão apresentadas as sondagens a percussão que foram feitas pela Geosolo e Maia Melo e as ocorrências de matérias feitas pela Maia Melo que foram disponibilizadas pela SETUR, e também as ocorrências de materiais feitas pela Consulplan.

4. PROJETO GEOMÉTRICO

4. Projeto Geométrico

O projeto geométrico ora apresentado tem como objetivo permitir a transposição, em níveis diferentes, do tráfego principal da PE-60 com as marginais e de acesso à Cidade do Cabo de Santo Agostinho

O tráfego originado das pistas principais e das ruas perpendiculares à PE-60, procedentes da Cidade do Cabo de Santo Agostinho, nos dois lados da rodovia, será direcionado para as vias marginais e daí para a rótula projetada sob os viadutos, que funcionará como retorno da PE-60 e como acesso ao centro do Cabo de Santo Agostinho, à Vila da COHAB e ao Loteamento Cidade Garapu. Esperando assim que com essa alteração pontual na PE-60, priorizar o fluxo de veículos das pistas principais, eliminando os acessos laterais das marginais a estas pistas, o que possibilitará a redução total dos semáforos existentes, bem como das lombadas eletrônicas para controle de velocidade existente na travessia do Cabo de Santo Agostinho.

Os dois viadutos projetados tem extensão de 103,4m cada um, dividido em três vãos dois laterais de 33,2m e um vão central com 37,0m.

Para atender ao gabarito mínimo de 5,50m, foi necessária uma elevação no greide de cerca de 0,50m, o que acarretará um acréscimo no comprimento total dos aterros do encontro, bem como na área de terra armada. Os detalhes são apresentados no projeto geométrico no Volume 02.

Após a definição do greide foram gerados notas de serviço e mapas de cubação, que estão apresentadas a seguir.

O projeto obedeceu as normas e especificações em vigor do DNIT, bem como às recomendações das técnicas do DNIT e DER/PE.

MAPA DE CUBAÇÃO

Rodovia: PE-060

Trecho: VIADUTO A CONSTRUIR - VOLUME DA TERRA ARMADA

ESTACA	ÁREAS (m²)		VOLUMES (m³)				
	CORTE	ATERRO	CORTE	ATERRO	ATERRO EMP.	DIFERENÇA	BRUCKNER
0+ 0,00	29,749						
1+ 0,00	29,870		596,185			596,185	596,185
1+ 14,24	31,154		434,500			434,500	1.030,685
2+ 0,00	26,121		164,946			164,946	1.195,631
3+ 0,00	10,319	1,533	364,399	15,329	19,161	345,238	1.540,869
4+ 0,00	5,469	7,299	157,879	88,315	110,394	47,485	1.588,354
5+ 0,00	0,648	20,658	61,175	279,569	349,461	-288,286	1.300,068
6+ 0,00		47,858	6,481	685,162	856,452	-849,971	450,097
6+ 14,24		72,678		858,230	1.072,788	-1.072,788	-622,691
	SUB-TOTAL		1.785,565				
7+ 0,00		83,740		450,462	563,078	-563,078	-1.185,768
8+ 0,00		126,368		2.101,082	2.626,353	-2.626,353	-3.812,121
9+ 0,00		176,039		3.024,072	3.780,090	-3.780,090	-7.592,211
9+ 19,48		223,664		3.893,105	4.866,381	-4.866,381	-12.458,592
10+ 0,00		224,921		116,632	145,789	-145,789	-12.604,382
11+ 0,00				2.249,213	2.811,516	-2.811,516	-15.415,898
12+ 0,00							-15.415,898
	SUB-TOTAL			13.761,170	17.201,463		
13+ 0,00							-15.415,898
14+ 0,00							-15.415,898
15+ 0,00							-15.415,898
16+ 0,00							-15.415,898
16+ 19,48		185,448		1.806,264	2.257,830	-2.257,830	-17.673,728
17+ 0,00		184,566		96,203	120,254	-120,254	-17.793,981
18+ 0,00		150,238		3.348,034	4.185,042	-4.185,042	-21.979,023
19+ 0,00		115,124		2.653,614	3.317,017	-3.317,017	-25.296,041
19+ 10,67		95,144		1.122,023	1.402,528	-1.402,528	-26.698,569
20+ 0,00		78,490		809,798	1.012,248	-1.012,248	-27.710,817
21+ 0,00		36,215		1.147,052	1.433,815	-1.433,815	-29.144,633
22+ 0,00	6,157	1,150	61,565	373,652	467,066	-405,501	-29.550,134
22+ 6,96	10,428	0,121	57,745	4,424	5,530	52,215	-29.497,919
23+ 0,00	17,076		179,270	0,787	0,984	178,286	-29.319,632
24+ 0,00	20,804		378,802			378,802	-28.940,831
	SUB-TOTAL			11.361,852	14.202,315		
24+ 10,67	25,373		246,407			246,407	-28.694,424
25+ 0,00	27,669		247,376			247,376	-28.447,048
26+ 0,00	25,707		533,752			533,752	-27.913,296
	SUB-TOTAL		1.704,917				
	TOTAIS		3.490,482	25.123,022	31.403,778		

NOTA DE SERVIÇO

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: Terra Armada Lado Direito e Esquerdo

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
0+ 0,00		10,618	19,32	0,00%	10,168	19,31	10,168	11,399	-1,231	6,26	10,168	0,00%	6,28	11,638
0+ 10,00		10,596	19,32	0,00%	10,126	19,31	10,126	11,332	-1,206	6,26	10,126	0,00%	6,28	11,571
1+ 0,00		10,573	19,32	0,00%	10,084	19,31	10,084	11,303	-1,219	6,26	10,084	0,00%	6,28	11,540
1+ 10,00		10,535	19,32	0,00%	10,042	19,31	10,042	11,365	-1,323	6,26	10,042	0,00%	6,28	11,620
1+ 14,24		10,471	19,32	0,00%	10,024	19,31	10,024	11,336	-1,312	6,26	10,024	0,00%	6,28	11,630
2+ 0,00		10,307	19,31	0,00%	10,009	19,31	10,009	11,142	-1,133	6,26	10,009	0,00%	6,28	11,413
2+ 10,00		10,000	19,31	0,00%	10,030	19,31	10,030	10,764	-0,734	6,26	10,030	0,00%	6,28	11,398
3+ 0,00		10,000	19,31	0,00%	10,108	19,31	10,108	10,792	-0,684	6,26	10,108	0,00%	6,28	11,410
3+ 10,00		10,000	19,31	0,00%	10,245	19,31	10,245	10,808	-0,563	6,26	10,245	0,00%	6,28	11,426
4+ 0,00		10,000	19,32	0,00%	10,440	19,31	10,440	10,768	-0,328	6,26	10,440	0,00%	6,27	11,395
4+ 10,00		10,000	19,32	0,00%	10,693	19,31	10,693	10,701	-0,008	6,26	10,693	0,00%	6,27	11,347
5+ 0,00		10,000	19,32	0,00%	11,004	19,31	11,004	10,716	0,288	6,26	11,004	0,00%	6,26	11,330
5+ 10,00		10,000	19,33	0,00%	11,374	19,31	11,374	10,669	0,705	6,26	11,374	0,00%	6,26	11,259
6+ 0,00		10,000	19,34	0,00%	11,802	19,31	11,802	10,487	1,315	6,26	11,802	0,00%	6,27	11,127
6+ 10,00		9,571	19,35	0,00%	12,287	19,31	12,287	10,375	1,912	6,26	12,287	0,00%	6,28	10,984
6+ 14,24		9,593	19,35	0,00%	12,511	19,31	12,511	10,295	2,216	6,26	12,511	0,00%	6,28	10,852
7+ 0,00		9,728	19,35	0,00%	12,822	19,31	12,822	10,151	2,671	6,26	12,822	0,00%	6,29	10,683
7+ 10,00		9,845	19,36	0,00%	13,361	19,31	13,361	10,000	3,361	6,26	13,361	0,00%	6,31	10,067
8+ 0,00		9,712	19,37	0,00%	13,901	19,31	13,901	9,891	4,010	6,26	13,901	0,00%	6,32	10,000
8+ 10,00		9,494	19,38	0,00%	14,441	19,31	14,441	9,601	4,839	6,26	14,441	0,00%	6,33	9,703
9+ 0,00		9,277	19,39	0,00%	14,980	19,31	14,980	9,311	5,669	6,26	14,980	0,00%	6,34	9,396
9+ 10,00		9,060	19,40	0,00%	15,520	19,31	15,520	9,021	6,499	6,26	15,520	0,00%	6,35	9,088
9+ 19,48		8,854	19,41	0,00%	16,031	19,31	16,031	8,746	7,285	6,26	16,031	0,00%	6,36	8,797
10+ 0,00		8,842	19,41	0,00%	16,059	19,31	16,059	8,731	7,328	6,26	16,059	0,00%	6,36	8,782
10+ 10,00		8,625	19,42	0,00%	16,556	19,31	16,556	8,441	8,115	6,26	16,556	0,00%	6,38	8,481
11+ 0,00		8,408	19,43	0,00%	16,976	19,31	16,976	8,213	8,764	6,26	16,976	0,00%	6,39	8,181
11+ 10,00		8,190	19,44	0,00%	17,319	19,31	17,319	8,000	9,319	6,26	17,319	0,00%	6,39	8,000
12+ 0,00		8,000	19,45	0,00%	17,585	19,31	17,585	8,000	9,585	6,26	17,585	0,00%	6,40	8,000
12+ 10,00		8,000	19,45	0,00%	17,774	19,31	17,774	8,000	9,774	6,26	17,774	0,00%	6,40	8,000
13+ 0,00		8,000	19,45	0,00%	17,885	19,31	17,885	8,000	9,885	6,26	17,885	0,00%	6,40	8,000
13+ 10,00		8,000	19,45	0,00%	17,920	19,31	17,920	8,000	9,920	6,26	17,920	0,00%	6,40	8,213
14+ 0,00		8,248	19,45	0,00%	17,877	19,31	17,877	8,392	9,485	6,26	17,877	0,00%	6,39	8,605
14+ 10,00		8,856	19,44	0,00%	17,758	19,31	17,758	9,025	8,733	6,26	17,758	0,00%	6,38	9,209
15+ 0,00		9,433	19,43	0,00%	17,561	19,31	17,561	9,585	7,976	6,26	17,561	0,00%	6,37	9,784
15+ 10,00		9,883	19,42	0,00%	17,287	19,31	17,287	10,000	7,287	6,26	17,287	0,00%	6,36	10,000
16+ 0,00		10,000	19,41	0,00%	16,936	19,31	16,936	10,000	6,936	6,26	16,936	0,00%	6,36	10,000
16+ 10,00		10,000	19,40	0,00%	16,508	19,31	16,508	10,000	6,508	6,26	16,508	0,00%	6,35	10,085
16+ 19,48		10,000	19,40	0,00%	16,031	19,31	16,031	10,000	6,031	6,26	16,031	0,00%	6,34	10,169
17+ 0,00		10,000	19,40	0,00%	16,003	19,31	16,003	10,000	6,003	6,26	16,003	0,00%	6,34	10,172
17+ 10,00		10,000	19,39	0,00%	15,464	19,31	15,464	10,000	5,464	6,26	15,464	0,00%	6,33	10,288
18+ 0,00		10,000	19,38	0,00%	14,924	19,31	14,924	10,000	4,924	6,26	14,924	0,00%	6,32	10,383
18+ 10,00		10,000	19,37	0,00%	14,384	19,31	14,384	10,087	4,297	6,26	14,384	0,00%	6,32	10,528
19+ 0,00		10,000	19,36	0,00%	13,845	19,31	13,845	10,153	3,692	6,26	13,845	0,00%	6,31	10,616
19+ 10,00		10,000	19,36	0,00%	13,305	19,31	13,305	10,326	2,979	6,26	13,305	0,00%	6,30	10,793
19+ 10,67		10,000	19,36	0,00%	13,269	19,31	13,269	10,336	2,932	6,26	13,269	0,00%	6,29	10,826

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: Terra Armada Lado Direito e Esquerdo

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
20+ 0,00		10,000	19,35	0,00%	12,792	19,31	12,792	10,468	2,324	6,26	12,792	0,00%	6,28	11,149
20+ 10,00		10,000	19,34	0,00%	12,340	19,31	12,340	10,644	1,696	6,26	12,340	0,00%	6,27	11,347
21+ 0,00		10,305	19,33	0,00%	11,949	19,31	11,949	10,976	0,974	6,26	11,949	0,00%	6,27	11,486
21+ 10,00		10,894	19,32	0,00%	11,620	19,31	11,620	11,565	0,055	6,26	11,620	0,00%	6,26	11,782
22+ 0,00		11,103	19,31	0,00%	11,351	19,31	11,351	11,724	-0,373	6,26	11,351	0,00%	6,27	11,926
22+ 6,96		11,118	19,31	0,00%	11,200	19,31	11,200	11,747	-0,547	6,26	11,200	0,00%	6,27	11,949
22+ 10,00		11,120	19,31	0,00%	11,144	19,31	11,144	11,757	-0,613	6,26	11,144	0,00%	6,27	11,959
23+ 0,00		11,129	19,31	0,00%	10,997	19,31	10,997	11,770	-0,773	6,26	10,997	0,00%	6,27	11,979
23+ 10,00		11,038	19,31	0,00%	10,912	19,31	10,912	11,737	-0,825	6,26	10,912	0,00%	6,28	11,988
24+ 0,00		11,008	19,31	0,00%	10,888	19,31	10,888	11,864	-0,976	6,26	10,888	0,00%	6,28	12,000
24+ 10,00		11,239	19,31	0,00%	10,925	19,31	10,925	12,000	-1,075	6,26	10,925	0,00%	6,28	12,126
24+ 10,67		11,254	19,31	0,00%	10,930	19,31	10,930	12,000	-1,070	6,26	10,930	0,00%	6,28	12,131
25+ 0,00		11,390	19,32	0,00%	10,997	19,31	10,997	12,000	-1,003	6,26	10,997	0,00%	6,29	12,774
25+ 10,00		11,592	19,32	0,00%	11,069	19,31	11,069	12,000	-0,931	6,26	11,069	0,00%	6,31	14,386
26+ 0,00		11,780	19,32	0,00%	11,141	19,31	11,141	12,000	-0,859	6,26	11,141	0,00%	6,27	12,000

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: PISTA LADO DIREITO - NS DE PAVIMENTAÇÃO

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
0+ 0,00		-	-	-3,00%	10,963	4,50	11,098	11,399	-0,301	6,00	10,918	-3,00%	-	-
0+ 10,00		-	-	-3,00%	10,921	4,50	11,056	11,332	-0,276	6,00	10,876	-3,00%	-	-
1+ 0,00		-	-	-3,00%	10,879	4,50	11,014	11,303	-0,289	6,00	10,834	-3,00%	-	-
1+ 10,00		-	-	-3,00%	10,837	4,50	10,972	11,365	-0,393	6,00	10,792	-3,00%	-	-
1+ 14,24		-	-	-3,00%	10,819	4,50	10,954	11,336	-0,382	6,00	10,774	-3,00%	-	-
2+ 0,00		-	-	-3,00%	10,804	4,50	10,939	11,142	-0,203	6,00	10,759	-3,00%	-	-
2+ 10,00		-	-	-3,00%	10,825	4,50	10,960	10,764	0,196	6,00	10,780	-3,00%	-	-
3+ 0,00		-	-	-3,00%	10,903	4,50	11,038	10,792	0,246	6,00	10,858	-3,00%	-	-
3+ 10,00		-	-	-3,00%	11,040	4,50	11,175	10,808	0,367	6,00	10,995	-3,00%	-	-
4+ 0,00		-	-	-3,00%	11,235	4,50	11,370	10,768	0,602	6,00	11,190	-3,00%	-	-
4+ 10,00		-	-	-3,00%	11,488	4,50	11,623	10,701	0,922	6,00	11,443	-3,00%	-	-
5+ 0,00		-	-	-3,00%	11,799	4,50	11,934	10,716	1,218	6,00	11,754	-3,00%	-	-
5+ 10,00		-	-	-3,00%	12,169	4,50	12,304	10,669	1,635	6,00	12,124	-3,00%	-	-
6+ 0,00		-	-	-3,00%	12,597	4,50	12,732	10,487	2,245	6,00	12,552	-3,00%	-	-
6+ 10,00		-	-	-3,00%	13,082	4,50	13,217	10,375	2,842	6,00	13,037	-3,00%	-	-
6+ 14,24		-	-	-3,00%	13,306	4,50	13,441	10,295	3,146	6,00	13,261	-3,00%	-	-
7+ 0,00		-	-	-3,00%	13,617	4,50	13,752	10,151	3,601	6,00	13,572	-3,00%	-	-
7+ 10,00		-	-	-3,00%	14,156	4,50	14,291	10,000	4,291	6,00	14,111	-3,00%	-	-
8+ 0,00		-	-	-3,00%	14,696	4,50	14,831	9,891	4,940	6,00	14,651	-3,00%	-	-
8+ 10,00		-	-	-3,00%	15,236	4,50	15,371	9,601	5,769	6,00	15,191	-3,00%	-	-
9+ 0,00		-	-	-3,00%	15,775	4,50	15,910	9,311	6,599	6,00	15,730	-3,00%	-	-
9+ 10,00		-	-	-3,00%	16,315	4,50	16,450	9,021	7,429	6,00	16,270	-3,00%	-	-
9+ 19,48		-	-	-3,00%	16,826	4,50	16,961	8,746	8,215	6,00	16,781	-3,00%	-	-
10+ 0,00		-	-	-3,00%	16,854	4,50	16,989	8,731	8,258	6,00	16,809	-3,00%	-	-
10+ 10,00		-	-	-3,00%	17,351	4,50	17,486	8,441	9,045	6,00	17,306	-3,00%	-	-
11+ 0,00		-	-	-3,00%	17,771	4,50	17,906	8,213	9,694	6,00	17,726	-3,00%	-	-
11+ 10,00		-	-	-3,00%	18,114	4,50	18,249	8,000	10,249	6,00	18,069	-3,00%	-	-
12+ 0,00		-	-	-3,00%	18,380	4,50	18,515	8,000	10,515	6,00	18,335	-3,00%	-	-
12+ 10,00		-	-	-3,00%	18,569	4,50	18,704	8,000	10,704	6,00	18,524	-3,00%	-	-
13+ 0,00		-	-	-3,00%	18,680	4,50	18,815	8,000	10,815	6,00	18,635	-3,00%	-	-
13+ 10,00		-	-	-3,00%	18,715	4,50	18,850	8,000	10,850	6,00	18,670	-3,00%	-	-
14+ 0,00		-	-	-3,00%	18,672	4,50	18,807	8,392	10,415	6,00	18,627	-3,00%	-	-
14+ 10,00		-	-	-3,00%	18,553	4,50	18,688	9,025	9,663	6,00	18,508	-3,00%	-	-
15+ 0,00		-	-	-3,00%	18,356	4,50	18,491	9,585	8,906	6,00	18,311	-3,00%	-	-
15+ 10,00		-	-	-3,00%	18,082	4,50	18,217	10,000	8,217	6,00	18,037	-3,00%	-	-
16+ 0,00		-	-	-3,00%	17,731	4,50	17,866	10,000	7,866	6,00	17,686	-3,00%	-	-
16+ 10,00		-	-	-3,00%	17,303	4,50	17,438	10,000	7,438	6,00	17,258	-3,00%	-	-
16+ 19,48		-	-	-3,00%	16,826	4,50	16,961	10,000	6,961	6,00	16,781	-3,00%	-	-
17+ 0,00		-	-	-3,00%	16,798	4,50	16,933	10,000	6,933	6,00	16,753	-3,00%	-	-
17+ 10,00		-	-	-3,00%	16,259	4,50	16,394	10,000	6,394	6,00	16,214	-3,00%	-	-
18+ 0,00		-	-	-3,00%	15,719	4,50	15,854	10,000	5,854	6,00	15,674	-3,00%	-	-
18+ 10,00		-	-	-3,00%	15,179	4,50	15,314	10,087	5,227	6,00	15,134	-3,00%	-	-
19+ 0,00		-	-	-3,00%	14,640	4,50	14,775	10,153	4,622	6,00	14,595	-3,00%	-	-
19+ 10,00		-	-	-3,00%	14,100	4,50	14,235	10,326	3,909	6,00	14,055	-3,00%	-	-
19+ 10,67		-	-	-3,00%	14,064	4,50	14,199	10,336	3,862	6,00	14,019	-3,00%	-	-

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: PISTA LADO DIREITO - NS DE PAVIMENTAÇÃO

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
20+ 0,00		-	-	-3,00%	13,587	4,50	13,722	10,468	3,254	6,00	13,542	-3,00%	-	-
20+ 10,00		-	-	-3,00%	13,135	4,50	13,270	10,644	2,626	6,00	13,090	-3,00%	-	-
21+ 0,00		-	-	-3,00%	12,744	4,50	12,879	10,976	1,904	6,00	12,699	-3,00%	-	-
21+ 10,00		-	-	-3,00%	12,415	4,50	12,550	11,565	0,985	6,00	12,370	-3,00%	-	-
22+ 0,00		-	-	-3,00%	12,146	4,50	12,281	11,724	0,557	6,00	12,101	-3,00%	-	-
22+ 6,96		-	-	-3,00%	11,995	4,50	12,130	11,747	0,383	6,00	11,950	-3,00%	-	-
22+ 10,00		-	-	-3,00%	11,939	4,50	12,074	11,757	0,317	6,00	11,894	-3,00%	-	-
23+ 0,00		-	-	-3,00%	11,792	4,50	11,927	11,770	0,157	6,00	11,747	-3,00%	-	-
23+ 10,00		-	-	-3,00%	11,707	4,50	11,842	11,737	0,105	6,00	11,662	-3,00%	-	-
24+ 0,00		-	-	-3,00%	11,683	4,50	11,818	11,864	-0,046	6,00	11,638	-3,00%	-	-
24+ 10,00		-	-	-3,00%	11,720	4,50	11,855	12,000	-0,145	6,00	11,675	-3,00%	-	-
24+ 10,67		-	-	-3,00%	11,725	4,50	11,860	12,000	-0,140	6,00	11,680	-3,00%	-	-
25+ 0,00		-	-	-3,00%	11,792	4,50	11,927	12,000	-0,073	6,00	11,747	-3,00%	-	-
25+ 10,00		-	-	-3,00%	11,864	4,50	11,999	12,000	-0,001	6,00	11,819	-3,00%	-	-
26+ 0,00		-	-	-3,00%	11,936	4,50	12,071	12,000	0,071	6,00	11,891	-3,00%	-	-

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: PISTA LADO ESQUERDO - NS DE PAVIMENTAÇÃO

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
150+ 0,00		-	-	-3,00%	10,918	6,00	11,098	10,869	0,229	4,50	10,963	-3,00%	-	-
150+ 10,00		-	-	-3,00%	10,876	6,00	11,056	10,829	0,227	4,50	10,921	-3,00%	-	-
151+ 0,00		-	-	-3,00%	10,834	6,00	11,014	10,804	0,209	4,50	10,879	-3,00%	-	-
151+ 10,00		-	-	-3,00%	10,792	6,00	10,972	10,798	0,174	4,50	10,837	-3,00%	-	-
151+ 14,24		-	-	-3,00%	10,774	6,00	10,954	10,733	0,220	4,50	10,819	-3,00%	-	-
152+ 0,00		-	-	-3,00%	10,759	6,00	10,939	10,571	0,368	4,50	10,804	-3,00%	-	-
152+ 10,00		-	-	-3,00%	10,780	6,00	10,960	10,000	0,960	4,50	10,825	-3,00%	-	-
153+ 0,00		-	-	-3,00%	10,858	6,00	11,038	10,000	1,038	4,50	10,903	-3,00%	-	-
153+ 10,00		-	-	-3,00%	10,995	6,00	11,175	10,000	1,175	4,50	11,040	-3,00%	-	-
154+ 0,00		-	-	-3,00%	11,190	6,00	11,370	10,000	1,370	4,50	11,235	-3,00%	-	-
154+ 10,00		-	-	-3,00%	11,443	6,00	11,623	10,000	1,623	4,50	11,488	-3,00%	-	-
155+ 0,00		-	-	-3,00%	11,754	6,00	11,934	10,000	1,934	4,50	11,799	-3,00%	-	-
155+ 10,00		-	-	-3,00%	12,124	6,00	12,304	10,000	2,304	4,50	12,169	-3,00%	-	-
156+ 0,00		-	-	-3,00%	12,552	6,00	12,732	10,000	2,732	4,50	12,597	-3,00%	-	-
156+ 10,00		-	-	-3,00%	13,037	6,00	13,217	10,000	3,217	4,50	13,082	-3,00%	-	-
156+ 14,24		-	-	-3,00%	13,261	6,00	13,441	10,000	3,441	4,50	13,306	-3,00%	-	-
157+ 0,00		-	-	-3,00%	13,572	6,00	13,752	10,000	3,752	4,50	13,617	-3,00%	-	-
157+ 10,00		-	-	-3,00%	14,111	6,00	14,291	9,936	4,356	4,50	14,156	-3,00%	-	-
158+ 0,00		-	-	-3,00%	14,651	6,00	14,831	9,650	5,181	4,50	14,696	-3,00%	-	-
158+ 10,00		-	-	-3,00%	15,191	6,00	15,371	9,432	5,938	4,50	15,236	-3,00%	-	-
159+ 0,00		-	-	-3,00%	15,730	6,00	15,910	9,215	6,695	4,50	15,775	-3,00%	-	-
159+ 10,00		-	-	-3,00%	16,270	6,00	16,450	8,998	7,452	4,50	16,315	-3,00%	-	-
159+ 19,48		-	-	-3,00%	16,781	6,00	16,961	8,791	8,170	4,50	16,826	-3,00%	-	-
160+ 0,00		-	-	-3,00%	16,809	6,00	16,989	8,780	8,209	4,50	16,854	-3,00%	-	-
160+ 10,00		-	-	-3,00%	17,306	6,00	17,486	8,563	8,924	4,50	17,351	-3,00%	-	-
161+ 0,00		-	-	-3,00%	17,726	6,00	17,906	8,345	9,561	4,50	17,771	-3,00%	-	-
161+ 10,00		-	-	-3,00%	18,069	6,00	18,249	8,128	10,122	4,50	18,114	-3,00%	-	-
162+ 0,00		-	-	-3,00%	18,335	6,00	18,515	8,000	10,515	4,50	18,380	-3,00%	-	-
162+ 10,00		-	-	-3,00%	18,524	6,00	18,704	8,000	10,704	4,50	18,569	-3,00%	-	-
163+ 0,00		-	-	-3,00%	18,635	6,00	18,815	8,000	10,815	4,50	18,680	-3,00%	-	-
163+ 10,00		-	-	-3,00%	18,670	6,00	18,850	8,000	10,850	4,50	18,715	-3,00%	-	-
164+ 0,00		-	-	-3,00%	18,627	6,00	18,807	8,261	10,546	4,50	18,672	-3,00%	-	-
164+ 10,00		-	-	-3,00%	18,508	6,00	18,688	8,821	9,867	4,50	18,553	-3,00%	-	-
165+ 0,00		-	-	-3,00%	18,311	6,00	18,491	9,271	9,220	4,50	18,356	-3,00%	-	-
165+ 10,00		-	-	-3,00%	18,037	6,00	18,217	9,732	8,485	4,50	18,082	-3,00%	-	-
166+ 0,00		-	-	-3,00%	17,686	6,00	17,866	10,000	7,866	4,50	17,731	-3,00%	-	-
166+ 10,00		-	-	-3,00%	17,258	6,00	17,438	10,000	7,438	4,50	17,303	-3,00%	-	-
166+ 19,48		-	-	-3,00%	16,781	6,00	16,961	10,000	6,961	4,50	16,826	-3,00%	-	-
167+ 0,00		-	-	-3,00%	16,753	6,00	16,933	10,000	6,933	4,50	16,798	-3,00%	-	-
167+ 10,00		-	-	-3,00%	16,214	6,00	16,394	10,000	6,394	4,50	16,259	-3,00%	-	-
168+ 0,00		-	-	-3,00%	15,674	6,00	15,854	10,000	5,854	4,50	15,719	-3,00%	-	-
168+ 10,00		-	-	-3,00%	15,134	6,00	15,314	10,000	5,314	4,50	15,179	-3,00%	-	-
169+ 0,00		-	-	-3,00%	14,595	6,00	14,775	10,000	4,775	4,50	14,640	-3,00%	-	-
169+ 10,00		-	-	-3,00%	14,055	6,00	14,235	10,000	4,235	4,50	14,100	-3,00%	-	-
169+ 10,67		-	-	-3,00%	14,019	6,00	14,199	10,000	4,199	4,50	14,064	-3,00%	-	-

Rodovia: PE-060 VIADUTO A CONSTRUIR

Trecho: PISTA LADO ESQUERDO - NS DE PAVIMENTAÇÃO

ESTACA	ALINHAMENTO	LADO ESQUERDO					COTAS NO EIXO			LADO DIREITO				
		Cota	Off-Set	%	Cota	Dist.	Projeto	T.N.	Dif.	Dist.	Cota	%	Off-Set	Cota
170 + 0,00		-	-	-3,00%	13,542	6,00	13,722	10,000	3,722	4,50	13,587	-3,00%	-	-
170 + 10,00		-	-	-3,00%	13,090	6,00	13,270	10,000	3,270	4,50	13,135	-3,00%	-	-
171 + 0,00		-	-	-3,00%	12,699	6,00	12,879	10,517	2,362	4,50	12,744	-3,00%	-	-
171 + 10,00		-	-	-3,00%	12,370	6,00	12,550	11,107	1,443	4,50	12,415	-3,00%	-	-
172 + 0,00		-	-	-3,00%	12,101	6,00	12,281	11,299	0,982	4,50	12,146	-3,00%	-	-
172 + 6,96		-	-	-3,00%	11,950	6,00	12,130	11,320	0,810	4,50	11,995	-3,00%	-	-
172 + 10,00		-	-	-3,00%	11,894	6,00	12,074	11,321	0,752	4,50	11,939	-3,00%	-	-
173 + 0,00		-	-	-3,00%	11,747	6,00	11,927	11,332	0,596	4,50	11,792	-3,00%	-	-
173 + 10,00		-	-	-3,00%	11,662	6,00	11,842	11,240	0,603	4,50	11,707	-3,00%	-	-
174 + 0,00		-	-	-3,00%	11,638	6,00	11,818	11,279	0,540	4,50	11,683	-3,00%	-	-
174 + 10,00		-	-	-3,00%	11,675	6,00	11,855	11,512	0,344	4,50	11,720	-3,00%	-	-
174 + 10,67		-	-	-3,00%	11,680	6,00	11,860	11,527	0,333	4,50	11,725	-3,00%	-	-
175 + 0,00		-	-	-3,00%	11,747	6,00	11,927	11,666	0,261	4,50	11,792	-3,00%	-	-
175 + 10,00		-	-	-3,00%	11,819	6,00	11,999	11,839	0,160	4,50	11,864	-3,00%	-	-
176 + 0,00		-	-	-3,00%	11,891	6,00	12,071	12,000	0,071	4,50	11,936	-3,00%	-	-

5. PROJETO DE FUNDAÇÃO DO ATERRO (TERRAPLENAGEM)

5. Projeto de Fundação do Aterro (Terraplenagem)

5.1 Introdução

A rodovia PE-060 está duplicada entre a cidade do Cabo de Santo Agostinho (km 0,0) e a entrada para o complexo portuário de Suape (km 10,3). Na altura do km 3,2 as pistas da rodovia cruzam o canal do rio Currupio, sobre dois pontilhões, onde existe uma rótula que direciona o tráfego para as duas marginais existentes.

No segmento entre os km 3,0 (Estaca 150) e km 3,54 (Estaca 177) será construído um viaduto de 100,00m sobre o rio Currupio e a rotula, cujos aterros de acesso serão em terra armada. Na área do aterro de acesso da margem direita do rio Currupio, existe a ocorrência de solos moles orgânicos, considerados de baixa capacidade de suporte e, portanto, indesejáveis, principalmente, como fundação de terraplenos.

No desenho QD-01 constam a planta e perfil geométrico/geotécnico da área a ser estudada.

5.1.1 Aterros das Estacas: 155 – 166 (= Estacas 22 e 33)

No trecho entre as estacas 154 +10,0 – 166 (22 e 33), cerca de 220m, a rodovia PE-060, atravessa o canal Currupio, área com histórico de solos extremamente moles.

O projeto atual da rodovia prevê a construção de uma ponte, o alargamento da plataforma existente e a construção de aterros mais altos, aumentando as cargas sobre o solo mole orgânico existente nas fundações dos mesmos. E, para isto, foram realizadas 8 (oito) sondagens a percussão entre estas estacas, cujos resultados indicaram espessuras de argilas moles variando de - 1,0m à -7,80m.

Tendo em vista os problemas encontrados no aterro acima mencionado, elaborou-se uma campanha de sondagem a percussão e os resultados das sondagens estão resumidos na Tabela 1:

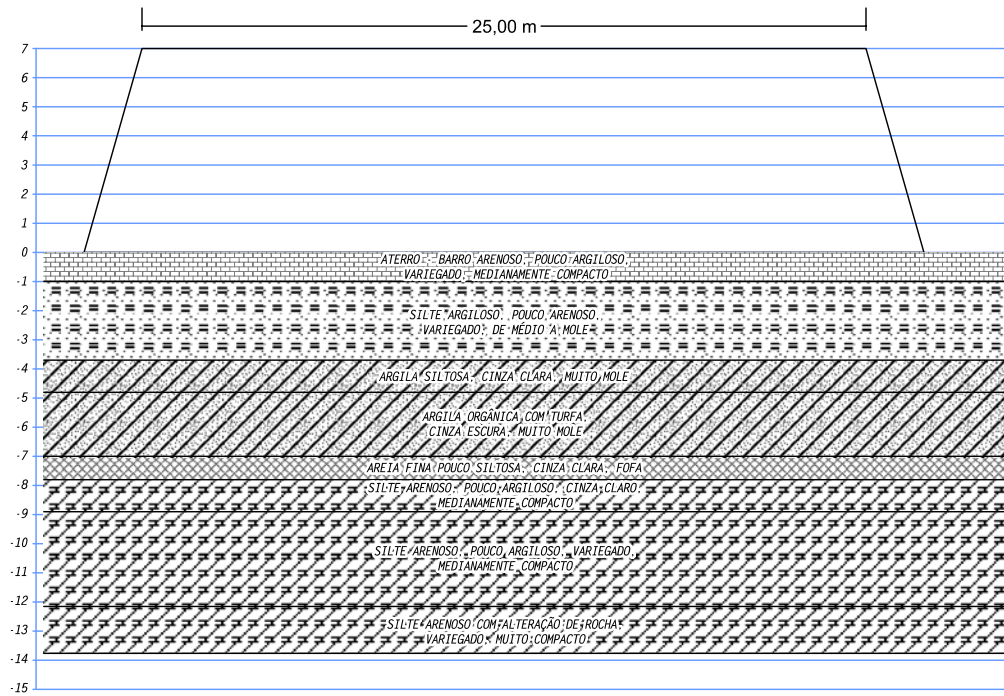
TABELA 1			
ATERRO	SONDAGEM		SOLO MOLE
	Sondagem	Espessura (m)	Tipo de Solo
Est. 28 = Est. 161	SP-01	7,0	Silte argiloso de muito mole a mole e faixa de solo de 2,2m de espessura com Argila orgânica com turfa
Est. 27 = Est. 160	SP-02	5,8	Silte argiloso de muito mole a mole
Est. 26 = Est. 159	SP-03	4,8	Silte argiloso de muito mole a mole
Est. 25 = Est. 158	SP-04	3,7	Silte argiloso de muito mole a mole
Est. 33 = Est. 166	SP-05	–	Solo resistente
Est. 34 = Est. 167	SP-06	–	
Est. 35 = Est. 168	SP-07	–	
Est. 36 = Est. 169	SP-08	–	

5.2. Características Geotécnicas dos Solos Moles

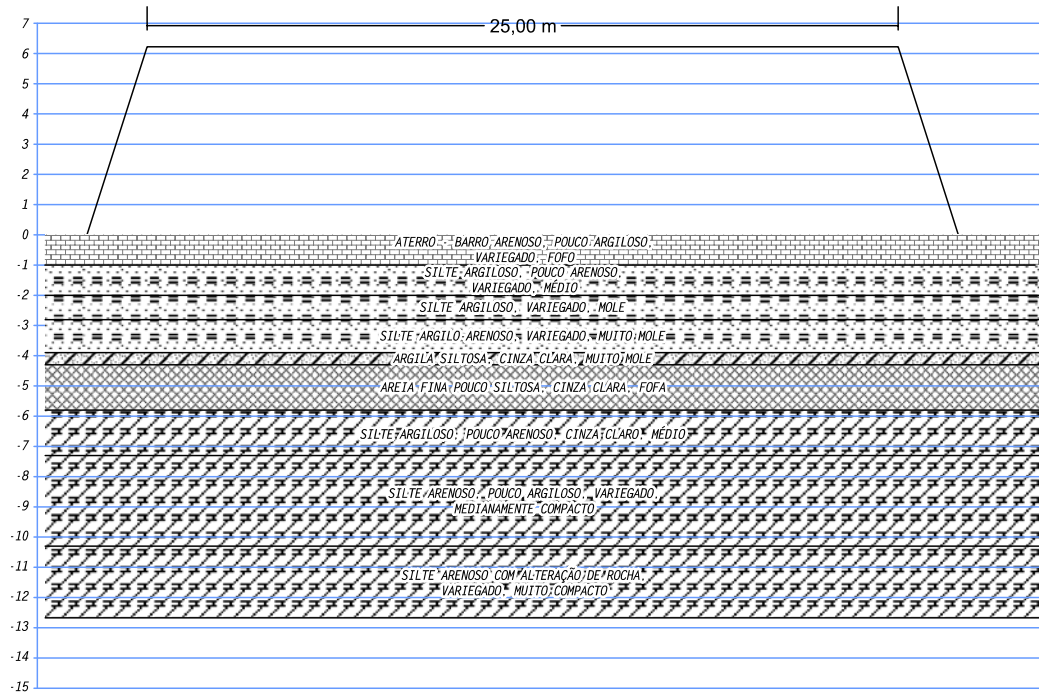
O comportamento dos solo moles da região é influenciada pelo processo deposicional, erosão, consolidação e flutuação dos níveis d'água. Nesses depósitos de solos aluviais predominam as argilas orgânicas cinza escura e as argilas orgânicas preta com turfa. Em alguns locais essas argilas orgânica contêm conchas.

Para a solução desses aterros tornou-se necessário o conhecimento das característica geotécnicas e geométricas dos subsolos desses locais. Desse modo, elaborou-se uma campanha de sondagens cujos resultados estão consubstanciados nos desenhos a seguir:

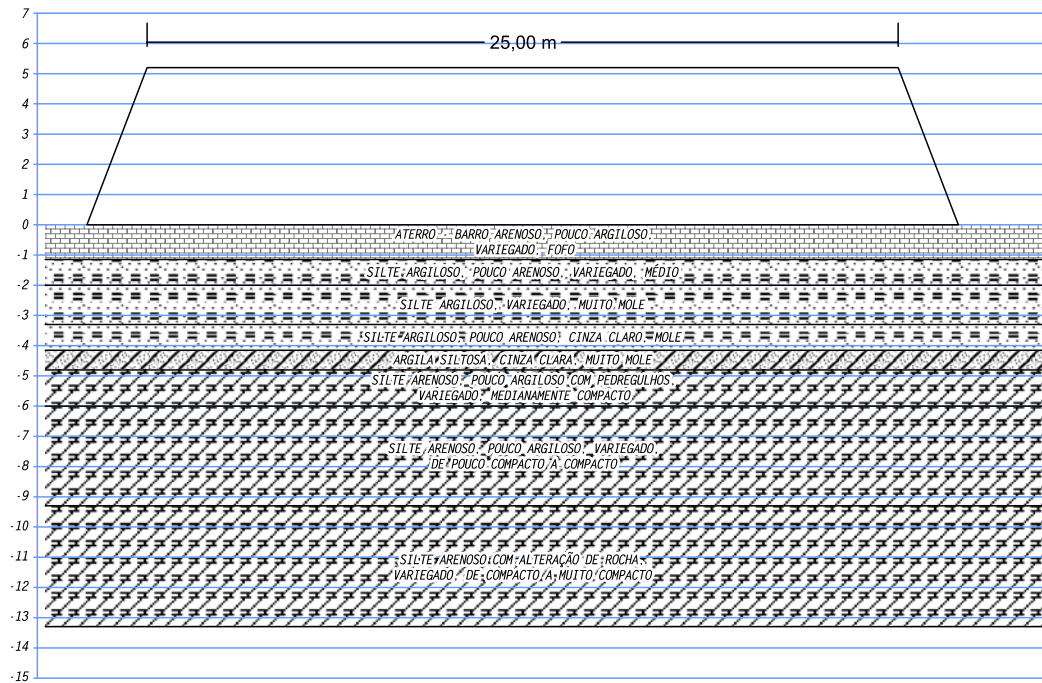
SP-01 - ESTACA 27



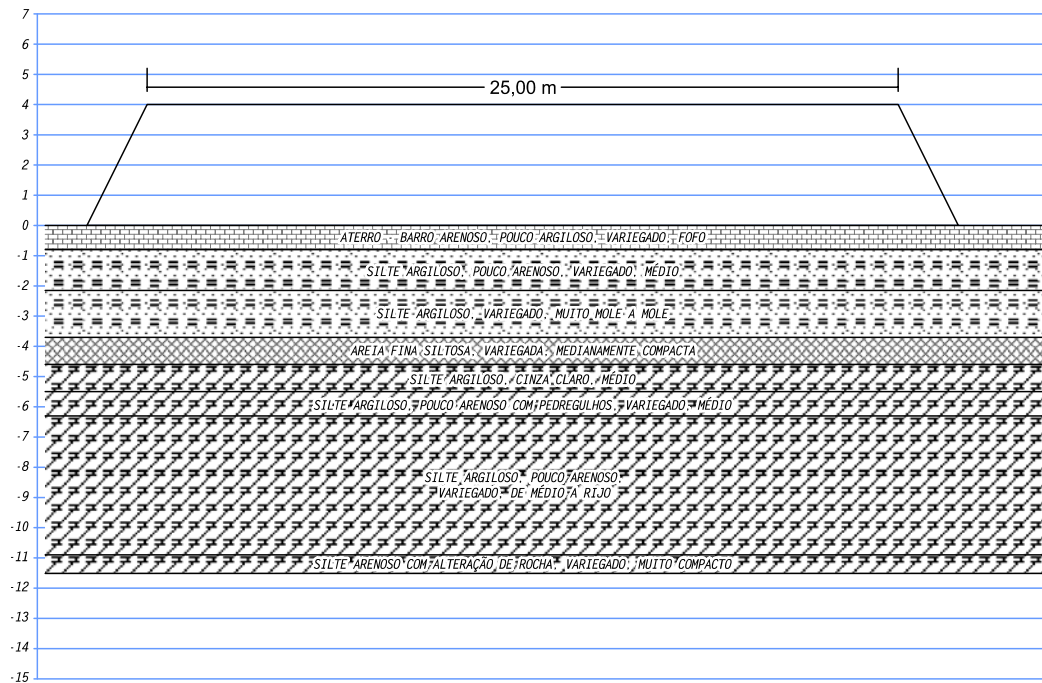
SP-02 - ESTACA 26



SP-03 - ESTACA 25



SP-04 - ESTACA 24



5.3. Solução a ser adotada

5.3.1 Introdução

Solos moles são materiais multifases complexos e não lineares com alta compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento, e sua presença na fundação de um aterro, seja a partir da superfície ou em camadas sub-horizontais, incorre, naturalmente, na necessidade de cálculos de estabilidade e recalque, normalmente envolvendo uma análise computacional através de softwares específicos. Os solos moles orgânicos ocorrem sempre de forma errática e apresentam resistências a penetração (valores do SPT), abaixo de 4 golpes em que a fração de argila (na maioria orgânica) imprime características de solo coesivo e compressível.

Os aterros sobre solos moles devem ter um desempenho que atendam três parâmetros fundamentais: segurança, funcionalidade e vida de desempenho.

A segurança está intimamente ligada à estabilidade do conjunto aterro/fundação de modo que os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade atinjam valores iguais ou maiores que $FS=1,3$, de acordo as recomendações constantes na norma do DNER-PRO 381/98, para aterros de Classe II.

A funcionalidade diz respeito ao conforto proporcionado pela qualidade da superfície do pavimento. As deformações no pavimento devem ser mínimas para proporcionar o conforto ao usuário. Esses valores, quando medidos pelo IRI (International Roughness Index), devem estar entre 2,5/3,0. Para isso, as soluções projetadas para os aterros sobre solos moles devem permitir deformações mínimas que atendam aqueles índices fixados.

O pavimento da PE-060 foi projetado para um período de 10 anos de vida de desempenho. Sabe-se que por volta do ano 7 alguns reparos e mesmo uma capa selante serão necessários para assegurar o período de projeto estabelecido. Entretanto, quando há deficiência nas soluções indicadas para os segmentos com aterros sobre solo mole, as deformações, as trincas e os afundamentos interrompem o desempenho do pavimento reduzindo, assim, o tempo de vida de desempenho do projeto.

As técnicas tradicionais de melhoria de solos moles como a de pré-carregamento associado a drenos verticais e sobrecarga temporária, a de remoção total e/ou parcial, a utilização de

colunas de material granular e a de colunas de adensamento foram estudadas e comparadas técnica e economicamente. A técnica de Colunas de Adensamento se sobressaiu sobre as demais técnicas utilizadas, pelo fato de oferecer alternativas econômicas, rápidas e, particularmente, de caráter sustentável.

A técnica de Colunas de Adensamento estabelece uma complexa interação de colunas/solo, introduzindo concomitantemente inúmeras vantagens tais como: rápido adensamento; estabilidade confinante pela formação de milhares de colunas profundas de material resistente e permeável, dispostas em malha triangular/quadrada muito próximas umas das outras ($\pm 2\text{m}$), intercaladas por outra malha similar de geodrenos; o conceituado benefício do efeito de arqueamento do subleito/sub-base sobre as colunas do solo tratado; e, melhor custo-benefício, rapidez, segurança, etc.

As modernas técnicas de modelamento numérico, com utilização de métodos de elementos finitos em 3D e as práticas de engenharia para modelamento de argilas moles, compõem a base geotécnica computacional da técnica de Colunas de Adensamento.

5.3.2 Dimensionamento da solução

Para dimensionar as Colunas de Adensamento, como foi observado nos itens anteriores, existem vários fatores condicionantes a serem considerados, relacionados com o próprio solo de fundação e também com a técnica em si.

Por todas as razões já ditas entende-se que, para se efetuar um dimensionamento adequado, é necessário ter uma campanha de sondagem bem concebida. É fundamental, em seguida, aferir o perfil geológico e geotécnico permitindo, desse modo, caracterizar física e mecanicamente o solo.

Os ensaios *in situ* mais utilizados para avaliar os parâmetros geotécnicos necessários, são, por exemplo, SPT, ensaios que caracterizam o solo e ensaios geofísicos (Carreto, 2000). No caso das Colunas de Adensamento destacam-se dois ensaios muito importantes, são eles: o ensaio Pressiométrico e o Piezométrico.

Outro fator que tem que se levar em conta no dimensionamento é o eventual assentamento e recalque do solo e de estruturas circundantes durante a execução da técnica. Para que

esse controle seja realizado é necessário implementar um plano de observação, que possa registrar todos os movimentos superficiais e do subsolo.

O procedimento executivo é, também, definido em projeto e é sempre validado na fase de execução dos testes, bem como a composição final da argamassa.

A execução dos testes possibilita avaliar as características do terreno melhorado e validar o dimensionamento empírico de projeto.

Outro fator definido em projeto é o posicionamento e espaçamento das “colunas” e geodrenos. Estes são importantes face ao objetivo da aplicação e à geometria que será obtida.

Tendo em vista os elementos geotécnicos disponíveis e já apresentados em itens anteriores, o dimensionamento das soluções contempla os seguintes aspectos:

- 1- Drenos verticais: serão executados em malhas quadradas de 1,50m de lado em todas as larguras e extensões dos aterros.
- 2- Colunas de Adensamento: as colunas de adensamento serão executadas em malhas quadradas com espaçamentos de 2,5m, 3,0m e 3,5m de lado intercaladas entre os geodrenos.
- 3- No canteiro de obra, estas marcações são realizadas por uma equipe de topografia.

Os detalhes construtivos para esse aterro estudado e projetado estão apresentados nos desenhos dos métodos construtivos no item a seguir.

5.3.3 Método Construtivo

Antes do início dos trabalhos de tratamento das camadas de solos compressíveis a serem tratadas, é realizada a limpeza da área, com a remoção de possíveis interferências, e a execução de uma camada de aterro de sacrifício, sem irregularidades, para permitir o acesso dos equipamentos ao longo de todo o trecho a ser tratado.

A seqüência executiva utilizada para estabilizar os solos moles pelo processo em questão é descrita a seguir:

- **Análise dos solos locais:** Inicialmente é realizada uma campanha de investigações geotécnicas, visando identificar e analisar as características dos solos locais. Esta etapa é fundamental para o reconhecimento da camada a ser tratada e a definição das principais diretrizes do processo de tratamento, tal como o espaçamento e diâmetro das colunas e profundidade do tratamento.
- **Instalação dos drenos verticais:** Definidos a profundidade e o espaçamento dos drenos verticais a serem adotados, é iniciada a cravação desta malha em toda a área a ser tratada. Nesta etapa, utiliza-se maquinário de esteira e torre com altura compatível à profundidade do solo a ser melhorado.

No caso da obra a ser realizada, na rodovia PE-060, os drenos utilizados serão instalados em malha quadrada de 1,50 m de lado. A Figura 3.1 ilustra como será a execução deste serviço.

- **Cravação dos Tubos:** Esta etapa pode ser realizada em paralelo à cravação dos drenos ou após a conclusão deste serviço. Nela, são posicionados e instalados os tubos de bombeamento, responsáveis por guiar o geogROUT até o ponto de geração dos bulbos. Cada um desses equipamentos é posicionado no centro da malha de geodrenos já instalada, com espaçamento variando em 2,5m, 3,0m e 3,5m entre si. A Figura 3.2 ilustra o posicionamento destes tubos.



Figura 3.1 - Cravação da malha de drenos verticais



Figura 3.2 Formação das Colunas de Adensamento entre a malha de geodrenos

- **Bombeamento:** Esta é a etapa principal do processo de consolidação. Consiste no bombeamento controlado do grout para a formação dos bulbos, implantados a cada metro de profundidade, no sentido de baixo para cima, através da utilização de uma bomba especial para bombear o grout.

A formação de cada bulbo é realizada em etapas e controlada em campo através de curvas *pressão por volume bombeado*. O critério de paralisação adotado para cada bulbo consiste em um volume máximo de *grout* bombeado (900 litros) ou na obtenção de uma pressão máxima (10 kg/cm²), verificada com auxílio de um manômetro instalado. Em média, estima-se que o tempo de formação de cada bulbo seja de 20 minutos.

Imediatamente após a completa formação do bulbo, a boca do tubo é movida até a próxima cota de execução, localizada logo acima da anterior. Assim, cada bulbo é construído independentemente do anterior, se sobrepondo sobre o inferior já existente.

- Finalização: Após a realização dos serviços de tratamento dos solos moles é realizada uma nova campanha de ensaios, de forma a comprovar a consolidação do solo.

5.3.4 Programa de instrumentação

Com o objetivo de acompanhar a evolução do adensamento da camada compressível posicionada sob os aterros a serem implantados durante a construção da rodovia PE-060, deverão ser implantadas, nas áreas de interesse, placas de recalque, marcos de recalques superficiais e piezômetros. A Figura 3.3 apresenta uma seção tipo com a posição dos instrumentos que deverão ser utilizados em campo.

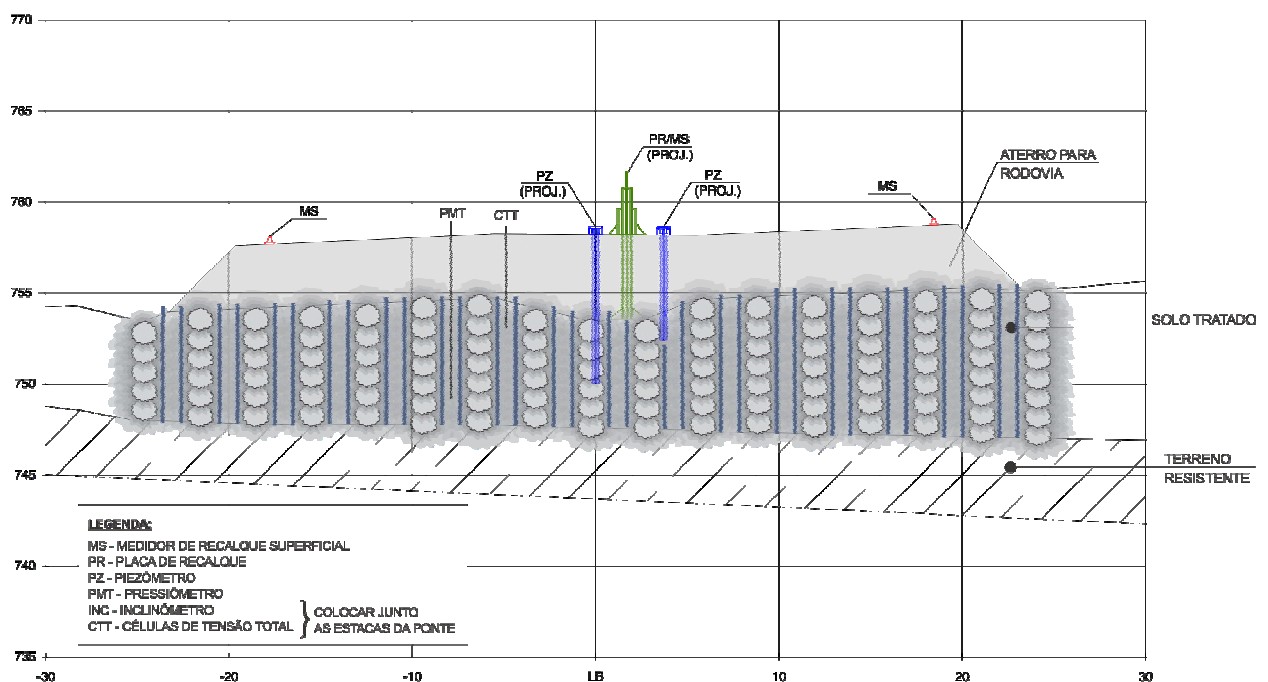


Figura 3.3 - Seção típica da Instrumentação executada na região de interesse

As placas de recalque têm como objetivo acompanhar os recalques das camadas compressíveis desde o início do lançamento do aterro. Estes dispositivos serão confeccionados por hastes de PVC rígido (25,4mm) acopladas em base de placa de aço de 40cm x 40cm x 4,76mm, através de luvas de aço de 25,4mm e instaladas no topo do terreno.

Os marcos de recalque superficial, são dispositivos posicionados na superfície final do aterro construído e têm como função monitorar as deformações do conjunto camada compressível original e aterro compactado lançado e são utilizados, principalmente, por se tratarem de instrumentos de baixo custo.

Os piezômetros têm a função de mostrar a grandeza das sobrepressões neutras atuantes nas camadas de solos moles, a partir das quais serão controlados a evolução e o término dos recalques. Quando estas pressões se dissiparem, os recalques primários terão sido eliminados. Neste empreendimento, estes dispositivos serão instalados no momento da elevação do aterro, para controle da poropressão gerada com o aumento da sobrecarga.

5.4 Quantidades

Trecho A

Características:

- Largura: 25m
- Comprimento: 50m
- Profundidade de tratamento: 5,50m

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIMENTO TOTAL (m)
231	5,50	1.270,50

NÚMERO DE DRENOS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)*	COMPRIMENTO TOTAL (m)
578	6,00	3.468,00

* FOI ADMITIDO 0,50m DE DRENO ACIMA DO NÍVEL DO SOLO.

Trecho B

Características:

- Largura: 25m
- Comprimento: 80m
- Profundidade de tratamento: 6,75m

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIMENTO TOTAL (m)
184	6,75	1.242,00

NÚMERO DE DRENOS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)*	COMPRIMENTO TOTAL (m)
918	7,25	6.655,50

* FOI ADMITIDO 0,50m DE DRENO ACIMA DO NÍVEL DO SOLO.

Trecho C (Rotatória)

Características:

- Largura: 13m
- Área: 3.348,93m²
- Profundidade de tratamento: 5,00m

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIMENTO TOTAL (m)
476	5,00	1.955,00

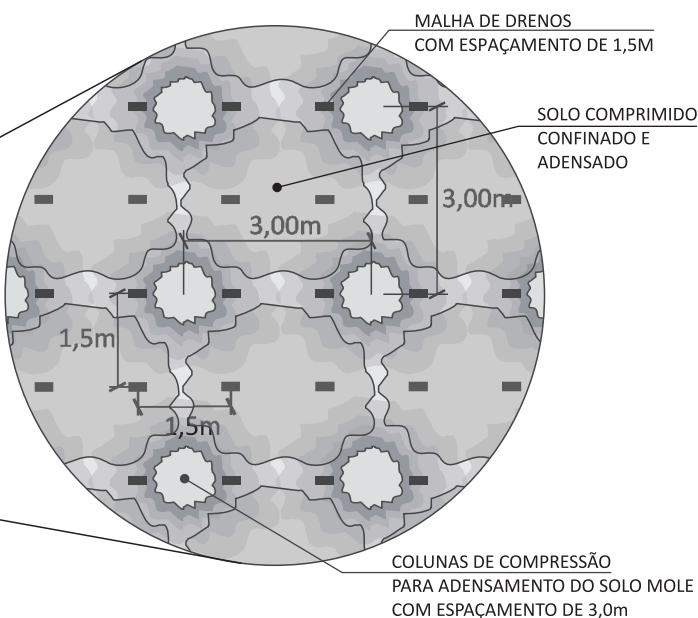
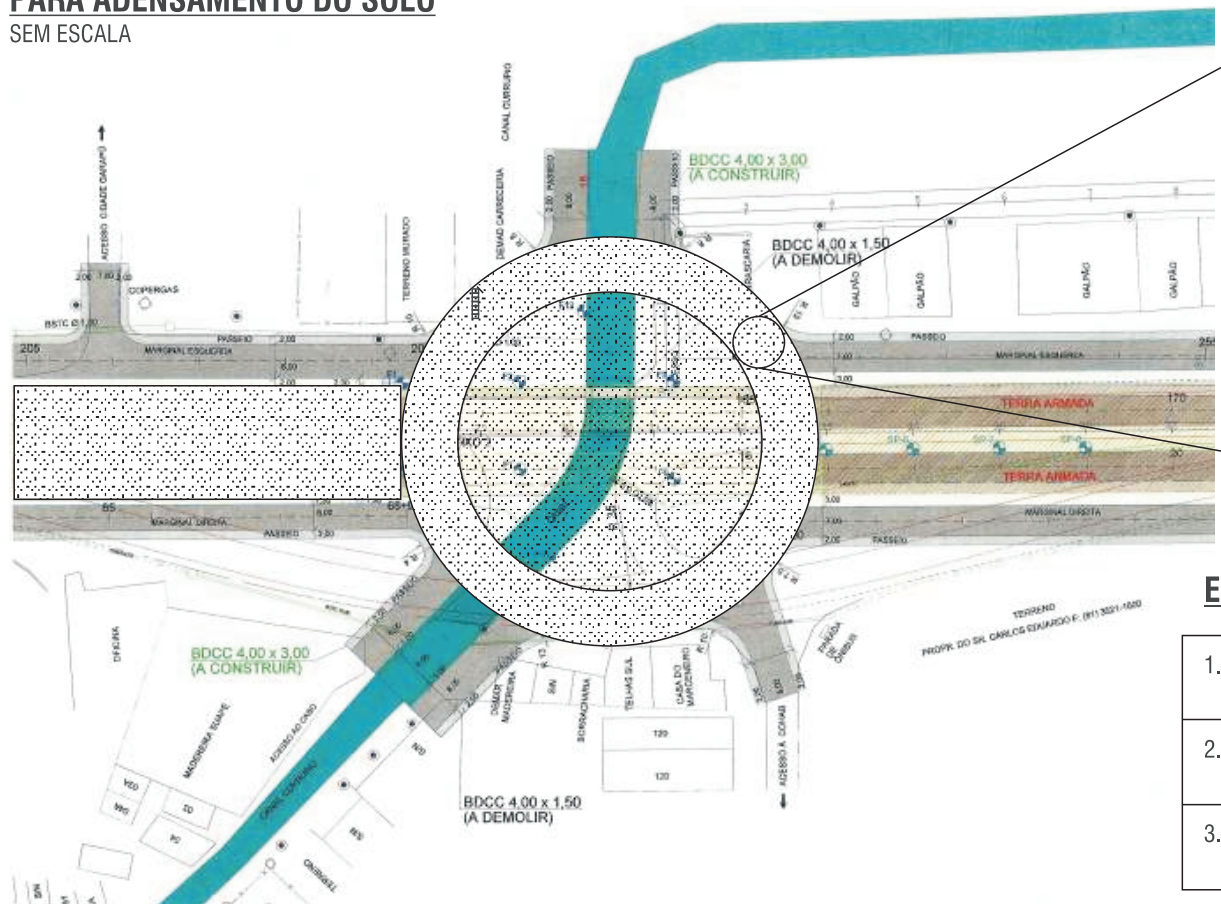
NÚMERO DE DRENOS	COMPRIMENTO UNITÁRIO (m)*	COMPRIMENTO TOTAL (m)
1.876	5,50	8.415,00

* FOI ADMITIDO 0,50m DE DRENO ACIMA DO NÍVEL DO SOLO.

PE-060

PROJETO DE MELHORIA DO SOLO DE FUNDAÇÃO COM COLUNAS DE ADENSAMENTO DE SOLO MOLE PARA ÁREA DE 7.300m² PERTENCENTE A ÁREA DE TERRA ARMADA DE UM DOS ENCONTROS DE PONTE E DA ROTATÓRIA

SITUAÇÃO DAS COLUNAS/GEODRENOS PARA ADENSAMENTO DO SOLO SEM ESCALA

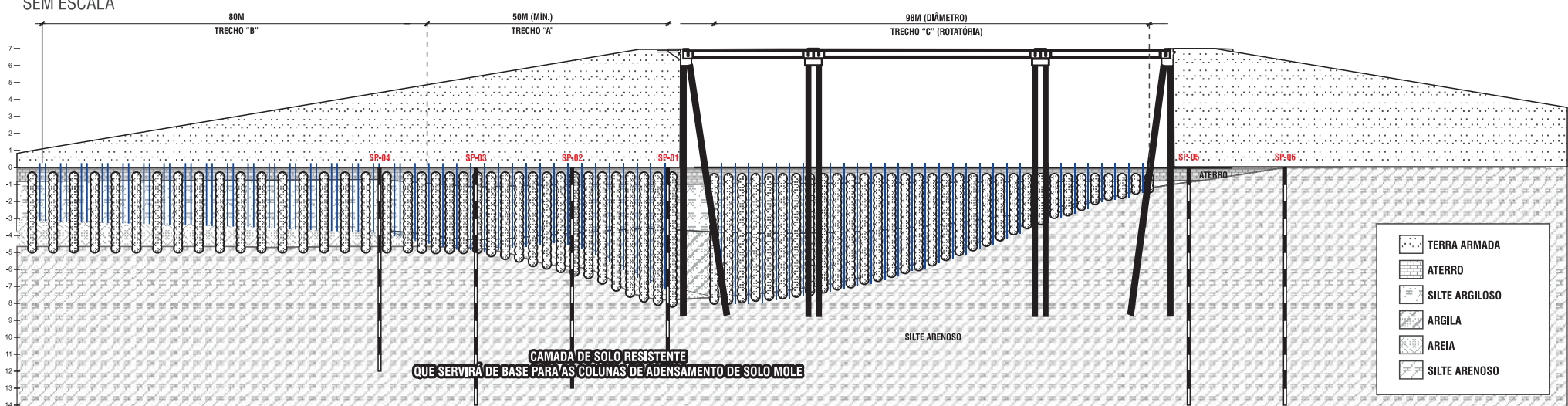


ESPECIFICAÇÃO POR TRECHOS:

1. TRECHO A: USO DE COLUNAS COM 900mm DE DIÂMETRO E ESPAÇAMENTO DE 2,50m.	
2. TRECHO B: USO DE COLUNAS COM 1.200mm DE DIÂMETRO E ESPAÇAMENTO DE 3,50m.	
3. TRECHO C (ROTATÓRIA): COLUNAS COM 1.100mm DE DIÂMETRO E ESPAÇAMENTO DE 3,00m.	

OB.: EM TODOS OS TRECHOS O ESPAÇAMENTO DOS GEODRENOS SERÁ DE 1,5m.

PERFIL GEOTÉCNICO (SEÇÃO LONGITUDINAL) DO SOLO TRATAMENTO COM COLUNAS DE ADENSAMENTO DE SOLO MOLE SEM ESCALA



1 - QUANTITATIVOS GERAIS POR TRECHO:

1.1 - TRECHO A:

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
231	5,50	1.270,50

NÚMERO DE DRENOS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
578	6,00	3.468,00

1.2 - TRECHO B:

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
184	6,75	1.242,00

NÚMERO DE DRENOS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
918	7,25	6.655,50

1.3 - TRECHO C:

NÚMERO DE COLUNAS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
476	5,00	1.955,00

NÚMERO DE DRENOS	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
1.876	5,50	8.415,00

* FOI ADMITIDO 0,50m DE DRENO ACIMA DO NÍVEL DO SOLO.

2 - MÉTODO CONSTRUTIVO:

- 2.1- MARCAÇÃO DOS DRENOS VERTICAIS: MARCAR OS LOCAIS DOS DRENOS CONFORME O PROJETO.
- 2.2- CRAVAÇÃO DOS DRENOS VERTICAIS
 - 2.2.1 SERÃO COM EQUIPAMENTOS ADEQUADOS EM MALHAS QUADRADAS COM 1,50M DE LADO, NA PROFUNDIDADE INDICADA NO ESQUEMA AO LADO E SERÃO CORTADOS MANUALMENTE 0,50M ACIMA DO SOLO.
 - 2.2.2 OS DRENOS TERÃO UMA VAZÃO MAIOR QUE 1,5X10-5M³/S.
- 2.3- EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE ADENSAMENTO DO SOLO MOLE
 - 2.3.1 MARCAÇÃO NO CAMPO DOS LOCAIS DAS COLUNAS LOCALIZADAS ENTRE AS MALHAS DE DRENOS, CONFORME O DESENHO AO LADO.
 - 2.3.2 AS COLUNAS SERÃO EXECUTADAS DE FORA PARA DENTRO EM MALHA TRIANGULAR E COM ESPAÇAMENTO CONFORME ESPECIFICADO EM CADA TRECHO, OU SEJA, TRECHO "A" = 2,5M (DIÂMETRO DE 900MM) - TRECHO "B" = 3,5M (DIÂMETRO DE 1.200MM) E TRECHO "C" (ROTATÓRIA) = 3,0M (DIÂMETRO DE 1.100MM).
 - 2.3.3 A FORMAÇÃO DAS COLUNAS E O CRITÉRIO MÍNIMO PARA A COMPRESSÃO DO SOLO MOLE SERÁ DE 900 LITROS DE GROUT E/OU 10KG/CM² DE PRESSÃO, NO MANÔMETRO, PARA CADA METRO DE PUXADA DO TUBO.
 - 2.3.4 O GROUT TERÁ UMA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES MAIOR OU IGUAL A 20KG/CM² AOS 28 DIAS.
- 2.4- ATERRO DE CONQUISTA: QUANDO EXECUTADO, SERÁ REMOVIDO APÓS A EXECUÇÃO DAS COLUNAS, NA ESPESURA DE 0,70M E SUBSTITUÍDO POR MATERIAL ARENOSO DEVIDAMENTE COMPACTADO.
- 2.5- MONITORAMENTO:
 - 2.5.1 ENSAIOS PRESSIOMÉTRICOS A CADA 200M DE PAVIMENTO, ANTES E APÓS O BOMBEAMENTO DO GEOGROUT.
 - 2.5.2 AVALIAÇÃO DA PRESSÃO NEUTRA ORIGINÁRIA HODROTÁTICA.
 - 2.5.3 APÓS A EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE ADENSAMENTO SERÃO INSTALADOS PIEZÔMETROS DE CORDAS VIBRANTES E MEDIDORES DE RECALQUES TIPO PLACA, PARA MONITORAR A ELEVAÇÃO DO ATERRO DE PROJETO.
 - 2.5.4 APÓS A CONCLUSÃO DO ATERRO A EMPRESA EMITIRÁ UM PARECER TÉCNICO SOBRE A ESTABILIDADE DO ATERRO E OS RECALQUES RESIDUAIS.

3 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

PARA DESENVOLVIMENTO DAS ANÁLISES, FORAM FORNECIDOS PELO CLIENTE OS SEGUINTE DOCUMENTOS:

1. PROJETO ESTRUTURAL DOS VIADUTOS NA PE-060 - MURO DE CONTENÇÃO EM TERRA ARMADA.
2. RESULTADOS DE 08 (OITO) FURROS DE SONDAGENS SPT, DATADO DE ABRIL DE 2011, DE AUTORIA DA EMPRESA GEOSOLO TECNOLOGIA DO SOLO SONDAGENS E ABSORÇÕES LTDA

GOVERNO DE PERNAMBUCO SECRETARIA ESTADUAL DE TURISMO - SETUR/PE

RODOVIA PE-060 OBRA: MINUTA DO PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DE DUAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (VIADUTOS) E DA FUNDAÇÃO DE ATERRO DOS ENCONTROS, NUMA EXTENSÃO TOTAL DE 103,0 m (CADA UMA) A SER CONSTRUÍDA NA CIDADE DO CABO DE SANTO AGOSTINHO.



6. PROJETO DE OAE

6. Projeto de Obra de Arte Especial

6.1 Memorial Descritivo

Tratam-se de dois viadutos paralelos na PE-060, cada um com largura de 11.30 m com 2 vãos extremos de 33.20 m e 37.00 m , no vão central, perfazendo um comprimento total de 103.40m. Foi adotada a solução em vigas pré-moldadas por razões construtivas por se tratar de uma via bastante movimentada.

A superestrutura é formada por um tabuleiro com 5 vigas isostáticas de 36.80 m (central) e 32.00 m (extremos) de comprimento, interligadas por laje de 20cm de espessura e 3 transversinas por vão . Nos apoios centrais será dada continuidade na laje, evitando com isso problemas de juntas. As vigas são protendidas longitudinalmente com cabos constituídos por 12 cordoalhas de 15.2 mm e as transversina, com cabos de 4 cordoalhas de 15.2mm.

A meso estrutura é composta de pilares de seção quadrada 1.00 m de lado nos apoios extremos, e nos apoios centrais, de pilares de seção retangular de 1.40x1.00m, aporticados transversalmente por travessas em que se apoiam as vigas.

A infra-estrutura é composta de blocos em concreto armados assentes em estacas metálicas, perfil HP 310X125 em 3 apoios, e em tubulão, na outra extremidade.

Os aparelhos de apoios são em borracha de neoprene fretado.

Materiais utilizados

- Concreto estrutural laje e vigas $f_{ck}=35\text{Mpa}$

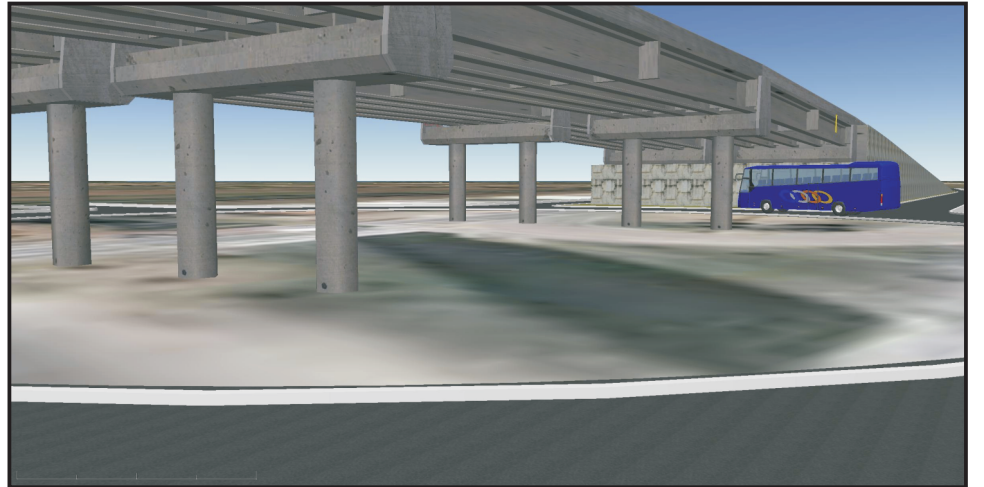
- demais elementos $f_{ck}=30\text{MPa}$
- tubulão $f_{ck}=25\text{MPa}$
- Aço CA-50
- Aço para protensão CP – 190 RB cordoalha de 15.2mm
- Neoprene dureza Shore 60
- Estacas metálicas HP 310x125

Norma NBR/6118

Trem-tipo TB-450

A Memória de Calculo está apresentada no Volume 3C e as Plantas estão apresentadas no Volume 2.

Está sendo apresentado a seguir a perspectiva do Viaduto.



7. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

7. Projeto de Pavimentação

O Projeto de Pavimentação do Viaduto está sendo feito com as mesmas espessuras do projeto do trecho de SUAPE A ZIP.

7.1 Estudos Geotécnicos

Esses estudos definiram através de sondagens e ensaios de laboratório as características geotécnicas da jazidas de solo para a pavimentação.

Para sub-base será utilizado o material da jazida. J2 – Antenas, com adição de 40% de areia do areal dragado.

7.1.1 Saibreiras

Foram portanto estudadas duas ocorrências de solo para pavimentação, cujos resultados médios são os seguintes:

PARAMETROS	J-1	J-2
% Passando # 200	24	27
Faixa DNIT	F	FF
LL	NL	NL
IP	NP	NP
Classificação TRB	A.1.b	A.2.4
Densidade Máx (26 golpes)	2015	1986
Umidade Ótima (%)	7,5	10,1
CBR (%)	41	28
Expansão (%)	0,2	0,2
IG	0	0

7.1.2 Dimensionamento do pavimento flexível pelo método de DNER

7.1.2.1 Considerações Gerais Sobre o método.

O método baseia-se no trabalho “Desing Of Flexible Paviments Considering Mexed Loads and Traffic Volume” da autoria de W.j Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do corpo de engenheiros do exercícius dos E.E.U.U e conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO.

Características dos materiais do Subleito e do pavimento:

CAMADAS		CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DOS MATERIAIS					
		CBR(%)	Expansão(%)	LL(%)	IP(%)	IG	FAIXAS GRANULOMÉTRICAS
1º	Subleitos	≥ 2	≤ 2	-	-	-	-
2º	Reforço do Subleito	> QUE O DO SUBLEITO	≤ 1	-	-	-	-
3º	Sub-base	≥ 20	≤ 1	-	-	0	-
4º	Base	≥ 80	$\leq 0,5$	≤ 25	≤ 6		A-B-C-D

OBSERVAÇÕES:

Caso o LL seja superior a 25% e/ou o IP seja superior a 6, o material pode ser empregado em base (satisfatória as demais condições), desde que o equivalente de areia seja superior a 30%.

Para um número “N” de repetições de eixos-padrão, durante o período do projeto $N \leq 10^6$, podem ser empregados materiais com $CBR \geq 60\%$ e as faixas granulométricas E e F da AASHTO.

A capacidade do suporte do subleito e dos materiais granulares construtivos do pavimento é feita pelo CBR, de acordo com os métodos de ensaios preconizados pelas especificações gerais do DNER.

O método adota coeficientes de equivalência estrutural, para materiais granulares constituintes das camadas do pavimento, que representam em termos estruturais, as diferenças equivalentes entre diferentes tipos de materiais utilizados para pavimentação e uma base granular.

O quadro a seguir apresenta esses coeficientes:

COMPONENTES DO PAVIMENTO	COEFICIENTE K
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento de pré-mistura à quente de graduação densa	1,70
Base ou revestimento de pré-mistura à frio de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00
Solo-cimento com resistencia à compressão aos 7 dias, superior a:	
45 Kgf/cm ²	1,70
28 Kgf/cm ²	1,40
21 Kgf/cm ²	1,20

O método recomenda especialmente para as bases de comportamento puramente granular a adoção das seguintes espessuras mínimas para os revestimentos betuminosos:

N	COEFICIENTES
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 \leq N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 \leq N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 \leq N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Para o dimensionamento das camadas do pavimento o método apresenta um nomograma que dá a espessura total do pavimento, em função do número “N” e do CBR, em termos de materiais com $K=1,00$, isto é, em termos de base granular.

As espessuras das camadas são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B \geq H_{20} \quad (1)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S \geq H_N \quad (2)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S \geq h_N K_{REF} \geq H_T \quad (3)$$

onde:

R, B, h_{20} , h_n = Espessuras das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

K_R , K_B , K_S , K_{REF} = Coeficientes estruturais do revestimento betuminoso, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

7.1.2.2 Dimensionamento das camadas do Pavimento.

Os dados para o dimensionamento são:

$N = 1,9 \times 10^8$ (Do Estudo de Tráfego feito para o trecho de SUAPE a ZIP)

$CBR_{SL} = 10\%$

$CBR_{SB} = 20\%$

$H_T = 51,24 \text{ cm}$

$H_{20} = 30,09 \text{ cm}$

Para o número $N = 1,9 \times 10^8$ adotar como revestimento CBUQ com espessura mínima de 12,5 cm.

Cálculo da espessura da base.

$$H_R \times K_R + H_B \times K_B \geq 30,09$$

$$H_B \geq \frac{30,09 - 12,5 \times 2}{1,0} = 5,09, \text{ adotar } H_B = 15,0 \text{ cm}$$

Cálculo de Sub-Base

$$H_R \times K_R + H_B \times K_B + H_{SB} \times K_{SB} \geq 51,24$$

$$H_{SB} \geq \frac{51,24 - 12,5 \times 2 - 15,0}{1,0} = 11,2, \text{ adotar } H_{SB} = 15,0 \text{ cm}$$

Espessuras a adotar:

Poderá ser adotada na camada de revestimento composto de uma camada de PMQ (Binder) e uma camada de rolamento.

Neste caso o procedimento será o seguinte:

$H_{CB} = 12,5 \text{ cm}$ (Espessura de camada de betuminoso).

A espessura de PMQ será:

$$H_{PMQ} = \frac{MR_{PMQ}}{MR_{CBUQ}} \times H_{CB}$$

Onde:

MR_{PMQ} = Módulo de Elasticidade do PMQ = 25.000 Kg/cm²

MR_{CBUQ} = Módulo de Elasticidade do CBUQ = 40.000 Kg/cm²

Logo,

$$H_{PMQ} = \frac{25.000}{40.000} \times 12,5 = 0,625 \times 12,5 = 7,8cm \cong 8,0cm$$

$$H_{PMQ} = 8,0cm$$

$$H_{CBUQ} = 12,5 - 8,00 = 4,5 \cong 5,0cm$$

$$H_{CBUQ} = 5,0cm$$

Assim a estrutura do Pavimento será a seguinte:

- Revestimento com CBUQ faixa “C” do DNIT com e= 5,0 cm
- Camada de ligação com CBUQ faixa “B” do DNIT com e= 8,0 cm
- Base com Brita Graduada Tratada com Cimento (2%) com e= 15,0 cm
- Sub-base com solo-Areia (60/40) com e= 18,0 cm

7.1.3 Pavimento Flexível pelo Método da Resiliência

7.1.3.1 Considerações sobre o Método

È um procedimento baseado em modelos de resiliência, tendo em vista a necessidade de um método de análise mecanística que calcule a deflexão máxima prevista de uma estrutura proposta para uma determinada expectativa de vida de fadiga.

Na metodologia considera-se o valor estrutural da camada betuminosa em função do tipo e do tráfego futuro, levando-se em conta o comportamento elástico não linear dos solos e materiais granulares bem como tomando o partido de boa qualidade dos solos argilosos de comportamento laterítico, diminuindo assim ocasionalmente a parcela da espessura total do pavimento que corresponde a camada granular.

7.1.3.1.1 Dimensionamento

Os parâmetros adotados foram:

$$N_p = 1,9 \times 10^8$$

$$\text{CBR} = 10\%$$

Solo tipo II ($35\% < S < 65\%$) o que nos leva a $I_1=1$ e $I_2=0$

Tabela A – Tipo de Subleito

CBR(%)	S%(Silte)		
	≤35	35 a 65	>65
≥10	I	II	II
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

b1) Determinação da Espessura Total do Pavimento

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times \text{CBR}^{-0,598} = 49,12 \text{ cm}$$

b2) Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso

$$H_{CB} = -5,737 + 807,961/D_p + 0,972 I_1 + 4,101 I_2$$

$$\text{Onde: } D_p = 10^{(3,148 - 0,188 \times \log N)} = 39,05 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$H_{CB} = 15,93 \text{ cm} \cong 16,0 \text{ cm}$$

b3) Espessura da camada granular

A espessura da camada granular foi determinada a partir da equação:

$$H_{CB} \times V_E + H_{CG} = H_t$$

Pelas condições apresentadas no projeto, o valor estrutural (V_E) da camada betuminosa é igual a 2,8, de acordo com a tabela B.

Tabela B – Valor Estrutural do Pavimento

TIPO DE SUBLEITO	N				
	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
I	4	4	3	2,8	2,8
II	3	3	3	2,8	2,8
III	2	2	2	2	2

Assim:

$$16,0 \times 2,8 + H_{CG} = 49,12$$

$$H_{CG} = 4,32 \text{ cm}$$

$$H_{CG} = 15,00 \text{ cm}$$

O método determina que $H_{CG} \leq 35 \text{ cm}$; o dimensionamento encontrou para a camada granular $H_{CG} = 15,0 \text{ cm}$, para uma espessura mínima de revestimento de 16,0 cm.

Adotaremos a seguinte estrutura:

Revestimento em PMQ com $e = 0,625 \times 16,0 = 10,0 \text{ cm}$.

Base: 15,0 cm de Brita granulada tratada com cimento (2%) com 15 cm de espessura

c) Solução a adotar

A solução a adotar será a encontrada pelo método do DNER por apresentar o menor custo por quilometro, conforme tabela C, apresentada no final desse capítulo

O dimensionamento do pavimento será o apresentado abaixo:

- Revestimento com CBUQ faixa “C” do DNIT com $e = 5,0 \text{ cm}$
- Camada de ligação com CBUQ faixa “B” do DNIT com $e = 8,0 \text{ cm}$
- Base com Brita Graduada Tratada com Cimento (2%) com $e = 15,0 \text{ cm}$
- Sub-base com solo-Areia (60/40) com $e = 18,0 \text{ cm}$