

PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**

certare



Chave: 7010101

Trajado Horizontal: Trajado Físico - RJ (Completo)

Data: 08/01/20 Hora: 09:48 Página: 1

Projeto: - Local: -

Item	Descrição	Programa	Fonte	Data	Quant	Valor
1		1000	0.584.456.1505	532.027.0430	0.034	87.05537
2		20000	0.584.456.1045	532.025.4552	0.101	87.05537
3	PTU	20000	0.584.456.4525	532.025.0715	0.102	87.05537
4		20000	0.584.456.6120	532.025.4820	0.225	87.05537
5		30000	0.584.456.7025	532.025.0221	0.075	87.05537
6		30000	0.584.456.8025	532.025.5412	0.434	87.05537
7+0.091		30000	0.584.456.9025	532.025.7108	0.447	87.05537
8		30000	0.584.456.1108	532.025.7820	0.535	87.05537
9+2.080	PVE	322.582	0.584.456.7702	532.025.3842	0.625	87.05537
10		340.000	0.584.456.2525	532.040.6221	0.521	87.05537
11+2.155	PVE	342.155	0.584.456.2225	532.040.5520	0.525	87.05537
12		350.000	0.584.456.7025	532.025.0124	0.272	87.05537
13+2.318	PVE	352.318	0.584.456.4012	532.025.4225	0.512	87.05537
14		360.000	0.584.456.2025	532.025.0920	0.622	87.05537
15+0.331	PVE	360.331	0.584.456.3224	532.025.0745	0.622	87.05537
16		370.000	0.584.456.1025	532.025.4221	0.622	87.05537
17		370.000	0.584.456.2025	532.025.3720	0.622	87.05537
18+2.142	PVE	372.142	0.584.456.2525	532.040.5225	0.622	87.05537
19		380.000	0.584.456.1025	532.025.6221	0.272	87.05537
20		390.000	0.584.456.2025	532.025.0720	0.272	87.05537
21		400.000	0.584.456.1125	532.025.3720	0.622	87.05537
22		410.000	0.584.456.2125	532.025.0720	0.622	87.05537
23+0.452	PVE	420.452	0.584.456.4012	532.025.4225	0.622	87.05537
24		430.000	0.584.456.2707	532.025.3720	0.622	87.05537
25+4.000	PVE	434.000	0.584.456.4224	532.025.7440	0.222	87.05537
26		450.000	0.584.456.2225	532.025.5220	0.222	87.05537
27		460.000	0.584.456.2025	532.025.0720	0.222	87.05537
28		470.000	0.584.456.2025	532.025.0720	0.222	87.05537
29+1.224	PVE	472.224	0.584.456.5425	532.025.1241	0.022	87.05537
30		480.000	0.584.456.2425	532.025.2421	0.022	87.05537
31+0.600	PVE	480.600	0.584.456.1325	532.025.1324	0.022	87.05537
32		490.000	0.584.456.2707	532.025.2740	0.022	87.05537
33		500.000	0.584.456.2707	532.025.2740	0.022	87.05537
34		510.000	0.584.456.2707	532.025.2740	0.022	87.05537
35+2.252	PVE	512.252	0.584.456.4224	532.025.3220	0.022	87.05537

Sistema desenvolvido por: 2012-01-12 12:00:00 - 2012-01-12 12:00:00

**ESTUDO HIDROLÓGICO**

*B*



**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



**ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

**Estudos Hidrológicos e Hidráulicos - Ponte Picuí**

**Fortaleza, novembro de 2018**

*7*

**Página 104 de 367**

**Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé**

**Caucaia/CE - CEP: 61600-970**



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	2
LISTA DE TABELAS .....	3
1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....	5
2 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA .....	8
2.1 Principais Parâmetros .....	8
2.1.1 Temperatura .....	8
2.1.2 Umidade Relativa .....	9
2.1.3 Insolação Média .....	10
2.1.4 Nebulosidade .....	11
2.1.5 Precipitação Total .....	12
2.1.6 Evaporação total média .....	13
2.1.7 Evapotranspiração .....	14
2.1.8 Balanço Hídrico .....	15
3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	18
4 ESTUDO DE CHEIA .....	22
4.1 Introdução .....	22
4.2 Metodologia .....	22
4.3 Estudo de Chuvas Intensas .....	23
4.3.1 Método das Isozonias (TORRICO, 1975) .....	24
4.3.2 Valores Extremos .....	26
4.3.3 Precipitação Efetiva .....	35
4.3.4 Hidrograma Unitário - SCS .....	37
5 ESTUDO HIDRÁULICO .....	40
5.1 Definição das Seções Transversais .....	40
5.2 Condições de Contorno da Modelagem com o HEC-RAS .....	41
5.2.1 Coeficiente de Manning .....	41
5.2.2 Declividade do Trecho a Simular e Condições de Contorno .....	42
5.3 Resultados da Modelagem com o HEC-RAS .....	42

+

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.....	9
Figura 2.2 - Umidade Relativa Média.....	10
Figura 2.3 - Insolação total média.....	11
Figura 2.4 - Nebulosidade.....	12
Figura 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.....	13
Figura 2.6 - Evaporação total média.....	14
Figura 2.7 - Balanço Hídrico.....	15
Figura 2.8 - Altimetria da Bacia.....	20
Figura 4.1 - Método das Isozonas de Taboaga.....	25
Figura 4.2 - Variação da precipitação anual do posto Caucaia.....	26
Figura 4.3 - Abaco de desagregação da chuva diária.....	31
Figura 4.4 - Histograma para o Período de Retorno de 25 anos.....	33
Figura 4.5 - Histograma para o Período de Retorno de 50 anos.....	34
Figura 4.6 - Histograma para o Período de Retorno de 100 anos.....	34
Figura 5.1 - Lâmina d'água da seção imediatamente a montante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.....	44
Figura 5.2 - Lâmina d'água da seção imediatamente a jusante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.....	45
Figura 5.3 - Curva chave da seção imediatamente a montante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.....	46
Figura 5.4 - Curva chave da seção imediatamente a jusante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.....	47



### LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C).....	9
Tabela 2.2 - Umidade Relativa Média.....	10
Tabela 2.3 - Insolação Média.....	11
Tabela 2.4 - Nebulosidade.....	12
Tabela 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.....	13
Tabela 2.6 - Evaporação total média.....	13
Tabela 2.7 - Evapotranspiração potencial.....	15
Tabela 2.8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite & Mather.....	16
Tabela 4.1 - Série pluviométrica mensal do posto Caucaia.....	27
Tabela 4.2 - Máximos anuais da série do posto Caucaia.....	29
Tabela 4.3 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade.....	30
Tabela 4.4 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborga Tomico.....	32
Tabela 4.5 - Características físicas e tempo de concentração da bacia.....	32
Tabela 4.6 - Vazões de Projeto.....	38
Tabela 5.1 - Seções Transversais Analisadas.....	41
Tabela 5.2 - Valores (n) das fórmulas de Manning.....	41
Tabela 5.3 - Resultados da simulação hidráulica - Ponte Picui.....	43

7



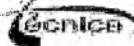
PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**

Estudos Microbiológicos e Hidráulicos - Ponte Azul



certare



**1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO**

4

*P*

Página 108 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970





## 1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O presente relatório apresenta os estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos para determinação das lâminas d'água máximas sob a ponte Picuí, projetadas para permitir uma travessia no município de Caucaia.

A ponte Picuí (Coordenadas UTM X = 538.054 e Y = 9.584.330), permitirá a travessia do Riacho do Gavião através da rua Ulisses Guimarães, na sede do município de Caucaia. A Figura 1.1 apresenta o mapa de localização da estrutura proposta.

Os estudos iniciaram-se com a caracterização climática da área, tendo-se coletado e analisado informações de estações próximas.

Em seguida, nos estudos pluviométricos, coletaram-se as informações das estações próximas à região. Foram elaborados os estudos de caracterização do regime pluviométrico e de chuvas intensas a partir dos dados de chuvas analisados.

No capítulo seguinte, são apresentados os estudos de cheia afluinte às seções da ponte Picuí. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se metodologia baseada no método do SCS (Soil Conservation Service).

Por fim, é apresentado o estudo hidráulico, simulando o comportamento das vazões ao passar pelas seções livres da ponte, determinado assim, a altura da lâmina d'água máximas.





PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



Estudos Hidrológicos e Hidráulicos - Ponte Pícol



CAUCAIA



SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Figura 1.1 - Mapa de Localização

7





PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



Estados Históricos e Municipais - Parte Fiscal

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

7

✱

Página 111 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



## 2 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia visa caracterizar a área de implantação da ponte Ficus, descrita anteriormente, nos seus mais variados elementos hidrometeorológicos. Para caracterizar a hidroclimatologia da região foram consideradas representativas a plataforma de coleta de dados (PGD) localizada no município de Fortaleza e a estação hidroclimatológica de Fortaleza, situada no município homônimo. Uma vez que este município possui características hidrometeorológicas semelhantes à região de interesse. A caracterização hidroclimatológica da zona será feita utilizando-se os dados fornecidos pelo INMET (1992), os quais foram obtidos a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1961 a 1990 em conjunto com os dados obtidos na plataforma de coleta de dados supracitada.

### 2.1 Principais Parâmetros

#### 2.1.1 Temperatura

A distribuição temporal de temperaturas diárias mostra pequenas variações para três pontos discretos de monitoramento realizadas às 12:00, 18:00 e 24:00 do tempo do meridiano de Greenwich – TMG, sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes.

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas na estação meteorológica, fazendo-se uso da fórmula estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial -OMM:

$$T_{comp} = \frac{T_{12} + 2.T_{18} + T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5}$$

Em que:

T<sub>comp</sub> = Temperatura média compensada;

T<sub>12</sub> = Temperatura observada às 12:00 TMG;

T<sub>24</sub> = Temperatura observada às 24h00min TMG;

T<sub>MAX</sub> = Temperatura máxima do dia;

T<sub>MIN</sub> = Temperatura mínima do dia.

A temperatura média compensada apresenta uma pequena variação de 1,0 °C, isso para os meses de julho (25,7 °C) e janeiro e dezembro (27,3 °C). As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de novembro e dezembro (30,7 °C) e julho (22,1 °C), conforme se observa na Tabela 2.1 e na Figura 2.1:



Tabela 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C).

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máxima	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7
Comp.	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	26,0	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3
Mínima	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,8	23,4	24,5	24,4	24,6

FONTE: INMET (1992)

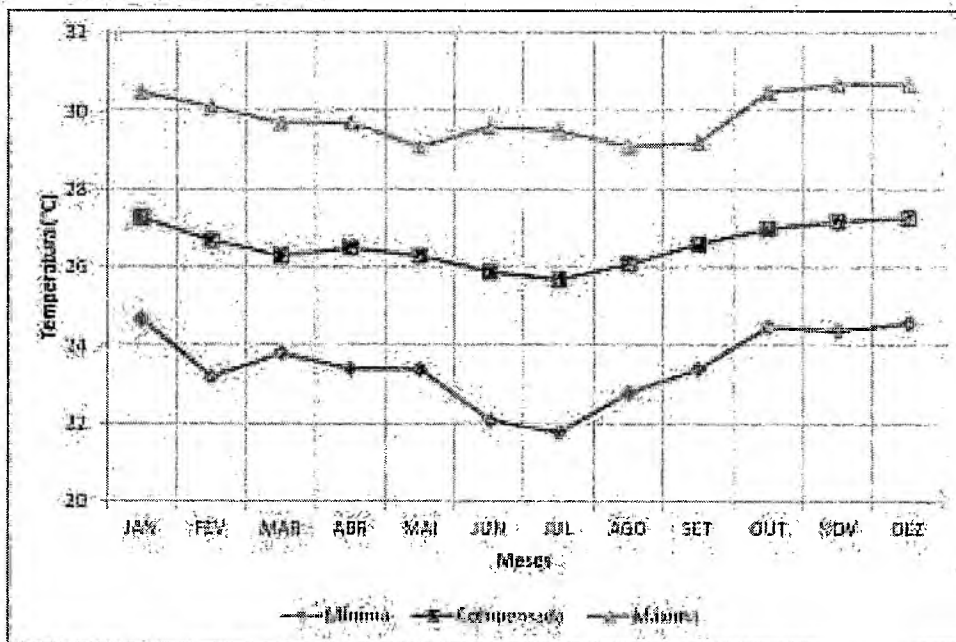


Figura 2.1 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.

### 2.1.2 Umidade Relativa

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 12% ocorrida entre os meses de abril (85%) e outubro (73%), como pode ser verificado na Tabela 2.2 e na Figura 2.2.



Tabela 2.2 - Umidade Relativa Média.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	78,0	79,0	84,0	85,0	82,0	80,0	80,0	75,0	74,0	73,0	74,0	76,0

FONTE: INMET (1992)

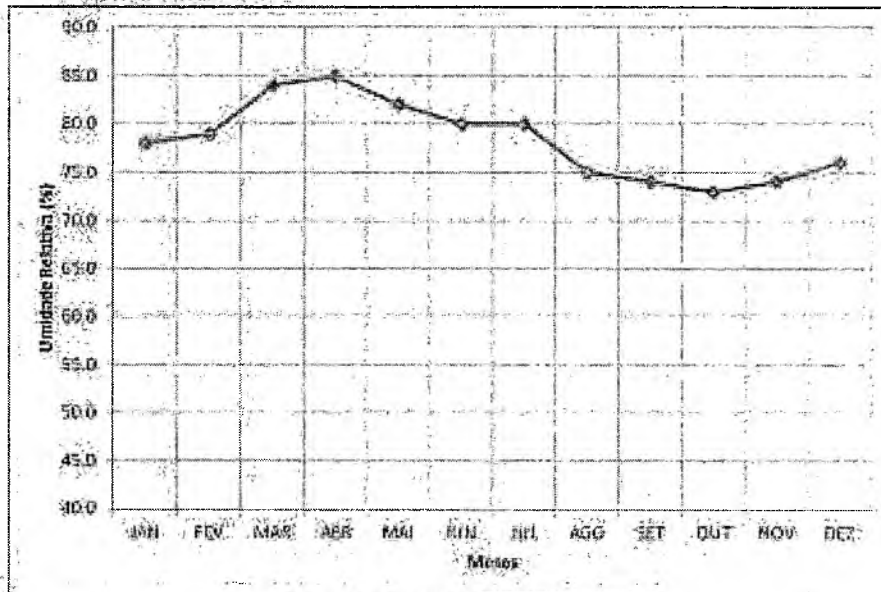


Figura 2.2 - Umidade Relativa Média.

Os índices de umidade relativa medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em consideração a pluviometria a qual é o principal componente do fenômeno.

### 2.1.3 Insolação Média

A Tabela 2.3 e a Figura 2.3 mostram, respectivamente, o número de horas médio de exposição solar e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 2.476 horas de exposição, podendo-se concluir que cerca de 57% dos dias do ano possui incidência solar direta (admitindo-se que o dia está composto por 12 horas de luz diurna e 12 horas de luz noturna). Durante o bimestre setembro/outubro/novembro



ocorrem os maiores valores de horas de insolação, ao passo que os menores valores ocorrem no trimestre fevereiro/março/abril. O mês de outubro apresenta o maior índice de insolação (296 horas) e o mês de março o menor (148 horas).

Tabela 2.3 - Insolação Média:

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	216,0	175,0	148,0	153,0	209,0	240,0	263,0	169,0	283,0	296,0	283,0	257,0

FONTE: INMET (1992)

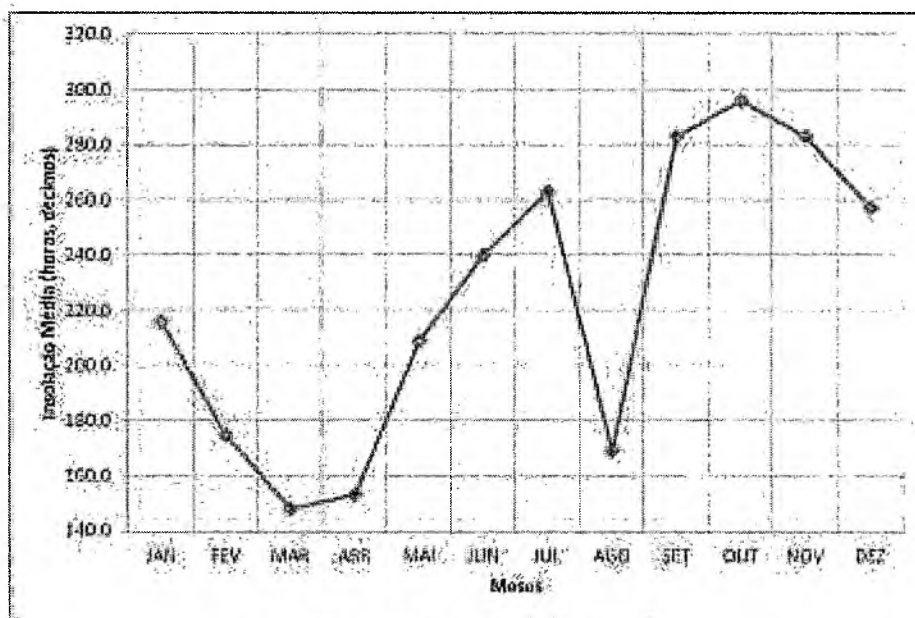


Figura 2.3 - Insolação total média.

#### 2.1.4 - Nebulosidade

Segundo os dados utilizados, a região apresenta uma variação máxima na nebulosidade de 4,0, sendo março e abril os meses de maior índice de nebulosidade (7,0) e o de menor agosto (3,0). Esta variável é avaliada por um fator adimensional que varia de 0 a 10. A Tabela 2.4 e a Figura 2.4 permitem observar a variação temporal desta variável.





Tabela 2.4 - Nebulosidade

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0-10	6	6	7	7	6	5	4	3	4	4	5	5

FONTE: INMET (1992)

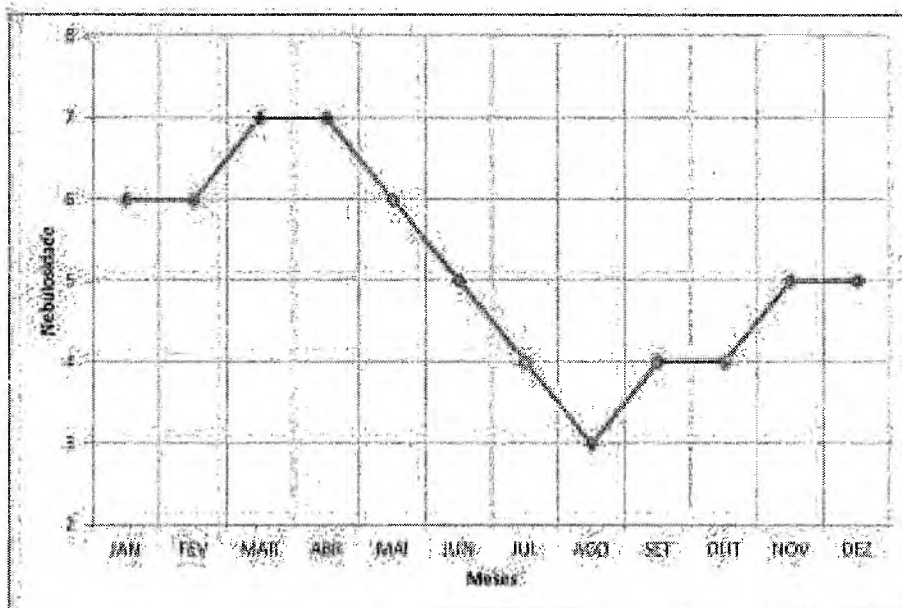


Figura 2.4 - Nebulosidade

### 2.1.5. Precipitação Total

A precipitação total anual média observada na região é de 976,0 mm, obtida a partir dos dados pluviométricos do posto Cascavel (2883256). O trimestre mais chuvoso é fevereiro/março/abril com 61% do total e o trimestre menos chuvoso é agosto/setembro/outubro em que precipita menos de 3% do total anual. O mês mais chuvoso é março (24% do total anual) e no mês de outubro ocorre o menor índice de precipitação (3,9mm). A distribuição temporal da precipitação é apresentada na Tabela 2.5 e na Figura 2.5.





Fis. 819  
Visto

Tabela 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	99,6	137,9	231,3	223,4	127,7	76,7	24,4	8,9	8,9	3,9	4,6	29,5

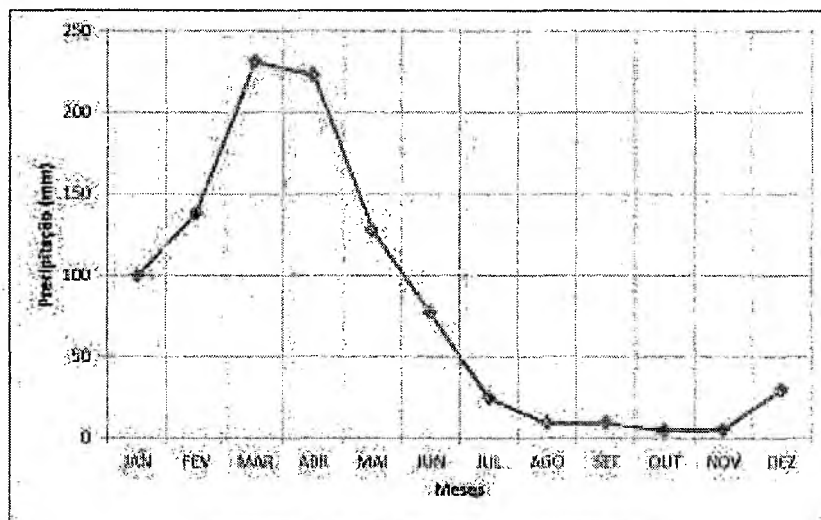


Figura 2.5 - Distribuição temporal da precipitação.

### 2.1.6 Evaporação total média

A evaporação média anual na estação de Fortaleza - CE, medida em tanque-tipo classe "A" foi de 1.468,0mm, distribuída ao longo dos meses conforme demonstra a Tabela 2.6 e a Figura 2.6.

Tabela 2.6 - Evaporação total média.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	120,0	95,0	77,0	68,0	85,0	95,0	115,0	152,0	167,0	173,0	168,0	154,0

FONTE: INMET (1992)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (173 mm). O trimestre



março/abril/mayo possui o menor índice de evaporação, ocorrendo o mínimo em abril com 68 mm. Deve-se ressaltar, entretanto, que na adoção destes valores como representativos da evaporação em açudes, devem-se multiplicar estes valores por um coeficiente de correção que varia entre 0,70 a 0,80.

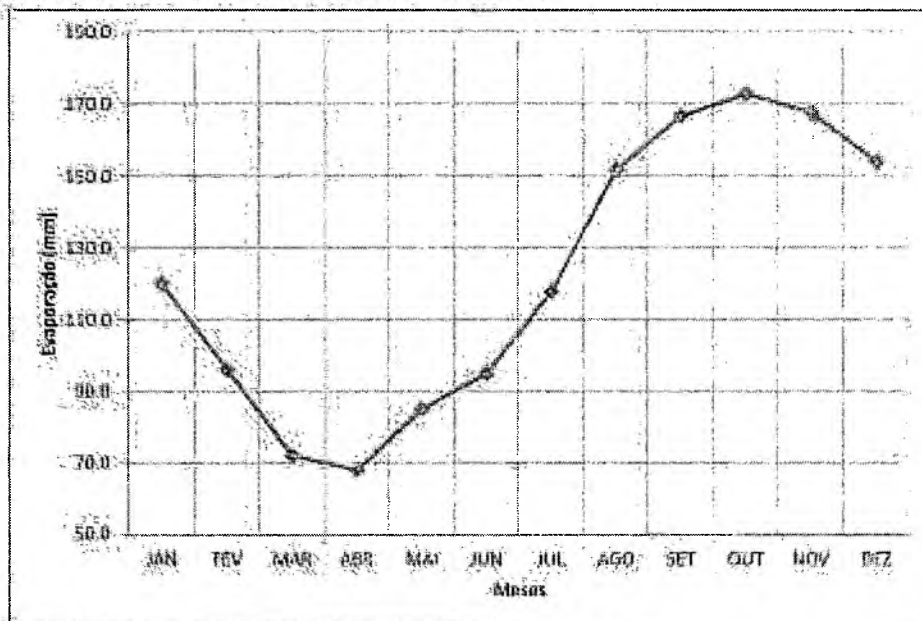


Figura 2.6 - Evaporação total média.

### 2.1.7 Evapotranspiração

A tabela 1.7 representa a evapotranspiração potencial mensal, obtida através de Hargreaves, totalizando 1583,1mm. A Figura 1.7 confronta os valores da tabela 1.7 com os valores da precipitação média tabelados na tabela 1.7. Percebe-se, como característica, a ocorrência de déficit hídrico em quase todo o ano, com exceção dos meses-março e abril.





Tabela 2.7 - Evapotranspiração potencial

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	143,9	128,4	119,1	105,7	110,0	105,9	111,2	135,2	145,1	159,5	151,7	149,4

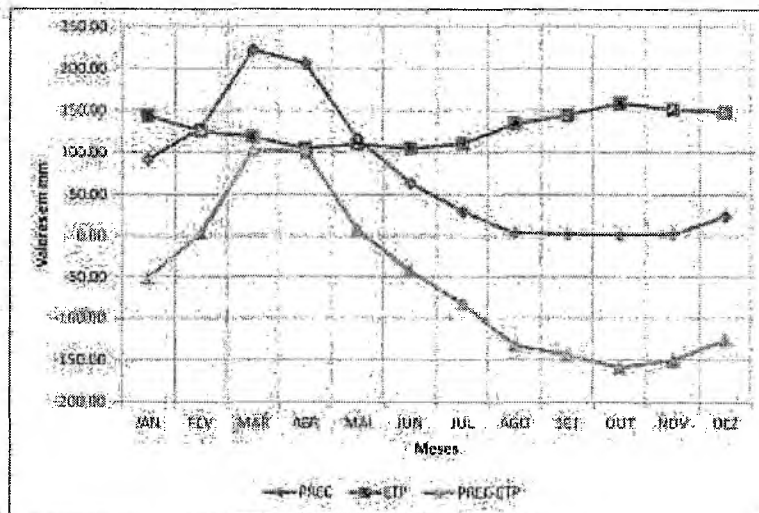


Figura 2.7 - Balanço Hídrico.

### 2.1.8. Balanço Hídrico

O balanço hídrico climático (BHC) permite estimar as disponibilidades de água no solo para as plantas. O BHC baseia-se na aplicação do princípio da conservação da massa através de um volume de controle com uma capacidade finita de armazenamento. A aplicação do BHC permite conhecer a magnitude dos volumes (ou lâminas) de água transferidos entre cada uma das variáveis que compõe esse balanço, essas variáveis são a precipitação pluvial, o déficit hídrico, a evapotranspiração potencial, a variação no armazenamento de água no solo e o excesso hídrico. Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather (1955), e



tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para realizar um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a região, em questão e supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm, obtém-se a Tabela 2.8.

**Tabela 2.8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite & Mather.**

Mês	Temp. (°C)	Precip. (mm)	Evap. (mm)	ETP (mm)	P-E (mm)	NEG-AC (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)		
Jan.	30	272,20	100,00	12,75	152,21	-22,21	72,58	0,04	0,00	100,00	52,95	0,00
Fev.	28	293,00	202,00	12,25	133,17	71,83	28,04	71,67	11,85	100,17	0,00	0,00
Mar.	31	281,20	184,00	13,47	134,31	146,89	0,00	100,00	28,15	100,00	0,00	100,00
Abr.	34	222,50	146,00	13,27	138,23	175,37	0,00	100,00	66,27	100,00	0,00	100,00
Mai.	31	241,30	200,00	14,39	144,24	141,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Jun.	30	235,00	180,00	14,82	151,23	112,23	-31,04	73,00	-36,07	100,07	4,35	2,30
Jul.	31	228,00	140,00	14,80	121,20	-112,20	-112,20	20,51	-60,62	100,62	42,53	0,00
Ago.	31	247,00	100,00	14,42	124,72	-109,10	-251,47	0,00	-20,03	22,03	26,47	0,00
Set.	30	238,00	100,00	14,40	124,72	-102,72	-222,00	2,00	-7,00	17,00	116,07	0,00
Out.	31	271,00	100,00	12,80	143,67	-103,67	-106,40	0,71	2,00	18,71	106,74	0,00
Nov.	30	274,20	200,00	12,10	142,20	-120,20	-204,71	0,70	-0,00	20,41	120,74	0,00
Dez.	31	273,20	500,00	12,10	152,10	-107,10	-73,82	0,00	0,00	20,10	107,00	0,00
TOTALS		218,00	1230,00	144,51	1242,20	-214,20		484,41	0,00	602,20	604,12	405,72
MEDIAS		25,50	144,50	12,00	137,30	-22,97		48,04		60,18	57,01	34,14

Em que T é a temperatura, P a precipitação, ETP a evapotranspiração potencial, ARM a lâmina de água armazenada, ETR a evapotranspiração real, DEF o déficit de água no solo e EXC a lâmina excedente de água no solo.

✍



PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



### 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

17

Página 121 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



### 3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica na seção da Ponte Picul tem 14,5 km<sup>2</sup>, um perímetro de 17,2 km, uma declividade média de 5,8 m/km e um comprimento do curso principal de 7,4 km.

A forma desta bacia pode agora ser caracterizada utilizando estes dados. A forma de uma bacia hidrográfica é importante, pois afeta o tempo de concentração, ou seja, o tempo do início da precipitação para que toda a bacia contribua no seu exutório, podendo assim servir como um indicativo de tendência para enchentes de uma bacia. Bacias pequenas variam muito de formato, dependendo da estrutura geológica da região.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando-a relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compactidade a relaciona com o círculo, enquanto o fator de forma com o retângulo.

Assim, a bacia da Ponte Picul pode ser caracterizada por estes índices calculados da seguinte forma:

$$k_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A}}$$

Fator de compactidade

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

Fator de forma

Em que A é a área, P o perímetro e L o comprimento do curso principal da bacia de interesse. Para a bacia da ponte Picul, tem-se que A = 14,5 km<sup>2</sup>, P = 17,2 km e L = 7,4 km, o que resulta em um fator de forma (k<sub>f</sub>) de 0,27 e um fator de compactidade (k<sub>c</sub>) de 1,27.

Um fator de compactidade próximo a 1 corresponderia a uma bacia circular, e, se outros fatores forem iguais, uma bacia com este índice próximo a 1 teria uma tendência mais acentuada a maiores enchentes. O fator de compactidade da bacia da Ponte Picul não é tão próximo de 1, o que indica uma bacia não está muito sujeita a enchentes.

Um fator de forma baixo indica que uma bacia é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que uma bacia estreita e longa, com baixo k<sub>f</sub>, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, além de se afastar da





PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



condição de bacia circular onde o tributário do curso principal contribuem em um único ponto. O fator de forma para a bacia da Ponte Picuí é baixo, o que ratifica a tendência do fator de compacidade, bacias não muito sujeitas a enchentes. A Figura 2.1 mostra a bacia da Ponte Picuí e sua altimetria:

7



PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



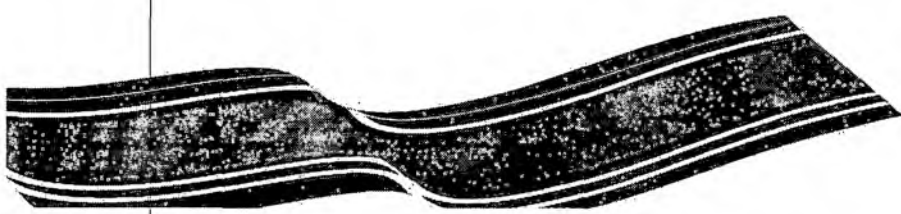
Figura 3.1 – Altimetria da Bacia.

20

4 - ESTUDO DE CHEIA

21

✱





#### 4 ESTUDO DE CHEIA

##### 4.1 Introdução

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do vertedouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia de estruturas hidráulicas, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- FMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Deve-se deixar claro que o hidrograma de projeto resultante não terá vazão e volume com o mesmo risco, sendo que o risco associado está relacionado com a precipitação escolhida, o que não necessariamente é o mesmo risco da vazão ou do volume resultante. Assim, não é correto referir-se à cheia associada ao hidrograma de projeto com T anos de período de retorno como sendo a cheia centenária (T = 100), milenar (T = 1.000) etc.

##### 4.2 Metodologia

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, pela sua inexistência. Esta falta de dados dos eventos nas bacias a serem estudadas indicou a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hidrograma utilizado, a definição de precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no



sagração. A ferramenta a ser utilizada para a implementação desta metodologia será o programa HEC-HMS!

As relações chuva-dellvio para a bacia da ponte Picui será estabelecida utilizando-se o modelo HEC-HMS, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para as bacias serão estudadas as suas respostas aos histrogramas de projeto correspondentes a 100, 1.000 e 10.000 anos ( $T_r$  = tempo de retorno).

O modelo HEC-HMS permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia em estudo, diante dos dados disponíveis, serão adotados os seguintes:

- Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva;
- Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário sinttico - Escoamento Superficial na bacia (*overland flow*);
- Método de Puls para propagação do escoamento em reservatórios.

#### 4.3 Estudo de Chuvas Intensas

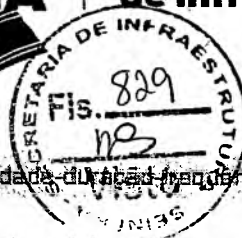
Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de baixa freqncia assumem uma importância maior com relação aos de alta. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários, escolhidos entre os "n" maiores valores disponíveis na série histórica.

Para projetos de obras hidráulicas, em geral, é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo, de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, está vinculada à determinação da relação precipitação-duração-freqncia.

Na rea em estudo não existem registros de pluviógrafos, sendo que o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluvimetro, que é capaz de registrar a "precipitação de 1 dia". Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-

US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER.

7



se uma equação que relaciona intensidade de chuvas com duração para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), têm-se o Método das Relações das Durações e o Método das Isozonas. O estudo realizado considerou o Método das Isozonas.

#### 4.3.1 Método das Isozonas (TORRICO, 1975)<sup>2</sup>

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  $R_{1h}$ ;
- Plotar os valores  $P_{24h}$  e  $P_{1h}$  em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

<sup>2</sup>TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2ª. Ed., TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.









#### 4.3.2. Valores Extremos

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 o estudo de chuvas extremas na bacia hidrográfica da ponte Picuí, foi escolhido o posto pluviométrico Caucaia, por representar bem a pluviometria no local de estudo e possuir uma série histórica extensa.

A série pluviométrica do posto Caucaia, obtidas com base em dados de precipitação diária dos postos do Ceará através da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), bem como os parâmetros estatísticos desta, podem ser vistos na Tabela **Erro! Vinculo não válido.** A Figura **Erro! Vinculo não válido.** mostra a variação da precipitação anual do posto Caucaia.

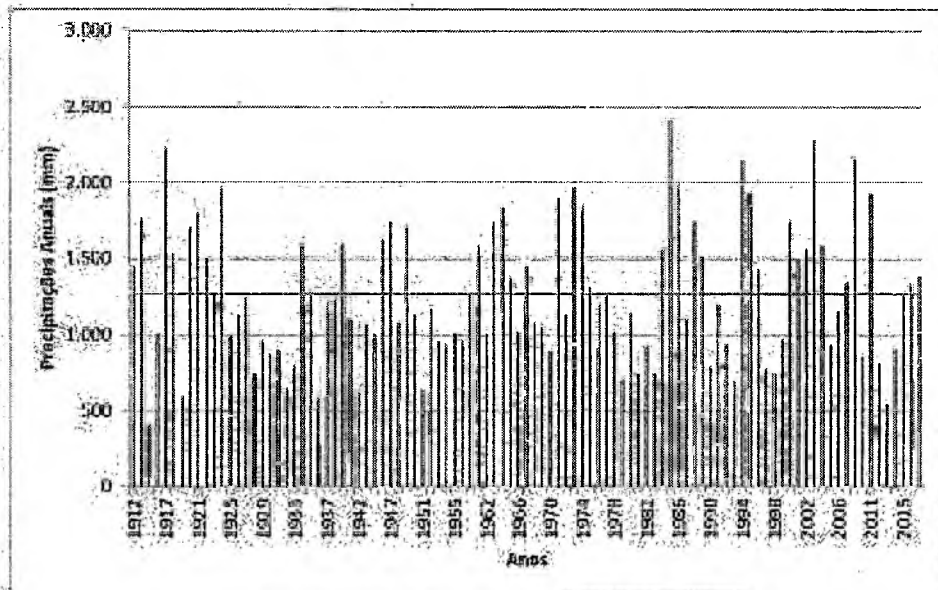


Figura 4.2 - Variação da precipitação anual do posto Caucaia.

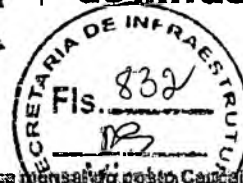


Tabela 4.1 - Série pluviométrica mensal no posto Caucaia.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
1912	0,0	0,0	402,4	272,5	323,9	185,6	128,6	83,6	32,2	4,4	4,3	10,6	1.448,1
1913	48,3	697,5	357,6	307,6	160,2	137,4	30,0	41,1	33,7	8,9	20,1	32,8	1.765,2
1915	2,5	148,5	52,4	52,8	52,3	31,4	5,0	4,9	26,9	0,9	3,1	29,7	411,3
1916	62,9	154,5	290,2	314,1	31,5	93,0	2,0	0,0	11,4	1,4	7,9	37,2	1.006,1
1917	627,7	292,3	256,5	293,2	348,1	93,7	12,8	16,9	9,7	1,3	61,6	75,2	2.229,0
1918	113,9	190,0	373,2	263,6	402,1	98,1	21,6	19,1	12,6	0,0	4,0	24,1	1.535,5
1919	109,1	37,9	42,9	133,3	73,1	56,0	38,3	22,8	44,6	2,8	18,7	14,5	692,1
1920	5,8	50,5	585,2	451,9	204,0	133,4	78,1	15,0	21,6	21,2	35,4	107,2	1.709,0
1921	117,6	407,2	339,7	323,2	302,6	110,8	78,8	0,6	23,6	25,5	70,4	31,1	1.808,1
1922	76,5	46,3	232,5	419,1	313,4	82,0	169,0	32,0	16,5	2,7	81,0	16,6	1.499,4
1923	53,1	395,4	198,4	322,9	147,7	33,9	56,8	3,1	19,3	14,3	3,2	9,3	1.255,4
1924	49,3	358,8	491,1	443,6	287,5	199,6	16,1	0,0	21,3	0,4	7,2	100,4	1.975,5
1925	55,6	193,7	172,8	327,5	132,1	36,6	59,8	12,0	21,6	17,2	5,5	15,9	981,3
1926	59,3	241,2	255,0	295,2	172,9	64,9	43,0	0,0	7,0	5,9	8,4	8,5	1.131,3
1927	67,9	191,9	124,0	505,7	175,4	93,2	33,3	10,3	9,2	18,5	5,0	5,0	1.239,4
1928	42,5	113,7	136,9	295,3	63,2	40,2	5,4	1,3	2,3	13,6	6,3	17,1	738,0
1929	59,0	172,5	218,6	161,7	197,5	65,5	31,4	7,5	5,2	20,9	2,3	25,5	957,6
1930	69,8	70,1	190,7	369,5	47,8	62,1	14,5	0,8	1,5	6,9	0,0	10,5	963,1
1931	84,3	242,2	258,3	208,0	25,7	58,3	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	900,1
1932	65,4	117,2	168,6	56,2	125,2	83,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	645,6
1933	58,0	128,8	114,9	364,4	28,5	18,2	41,6	7,6	10,2	8,1	6,2	17,1	794,7
1934	157,1	187,4	444,5	283,9	263,5	94,5	0,0	16,4	10,0	5,2	9,0	117,4	1.597,9
1935	115,0	261,0	288,8	349,2	126,6	64,3	15,5	1,8	25,0	3,2	6,5	0,6	1.287,5
1936	48,3	125,1	92,5	92,6	129,7	61,6	32,7	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	564,1
1937	3,2	217,2	120,8	270,4	297,7	90,3	85,5	22,1	46,2	17,5	3,0	27,2	1.202,9
1938	122,5	103,8	352,8	408,2	110,3	76,7	12,8	0,0	0,0	0,0	34,5	10,8	1.232,2
1939	163,6	489,2	314,7	276,2	145,0	63,9	61,4	4,5	41,8	26,0	32,9	0,0	1.599,0
1940	69,5	81,9	229,5	215,5	244,3	173,7	38,1	31,3	15,4	0,0	2,5	2,0	1.103,7
1942	17,5	28,7	292,4	203,7	32,4	6,4	3,7	9,5	0,0	20,3	5,0	13,2	632,8
1943	81,7	70,8	324,9	297,7	157,1	32,2	48,0	15,9	10,0	1,7	11,4	50,6	1.072,0
1944	82,8	41,2	255,3	281,5	286,9	39,6	5,4	0,0	0,0	5,1	2,4	45,6	995,0
1946	161,0	291,9	360,0	490,0	70,7	143,9	10,1	5,4	5,6	7,7	1,9	81,1	1.629,5
1947	24,8	276,4	473,5	234,5	260,2	79,8	103,5	4,5	9,8	4,7	143,4	134,2	1.749,1
1948	37,9	80,6	404,7	110,8	224,1	181,4	13,9	0,0	29,4	1,0	0,0	0,0	1.093,8
1949	10,3	123,8	579,1	422,4	473,1	249,1	32,0	19,2	7,6	0,0	0,0	0,0	1.716,6
1950	95,7	91,3	372,5	289,0	243,0	0,0	24,3	0,0	0,0	18,4	0,0	12,6	1.127,8
1951	13,5	17,5	30,1	318,9	65,1	80,5	6,2	0,0	0,0	19,9	24,3	61,5	637,4
1952	55,7	49,7	518,0	383,0	71,9	19,9	21,6	8,8	22,4	13,9	2,3	12,1	1.177,6
1953	46,6	50,9	246,8	351,7	159,9	60,9	0,0	0,0	0,0	10,8	7,8	5,2	960,6
1954	14,8	288,3	0,0	295,8	237,8	75,7	0,0	8,3	11,3	0,0	0,0	0,0	931,6
1955	38,7	107,6	230,5	379,0	158,1	0,0	28,1	0,0	3,2	0,0	19,5	46,7	1.003,4
1956	92,7	179,7	160,2	207,0	106,5	112,5	18,9	35,7	32,1	14,2	0,0	4,8	964,3
1957	128,1	55,3	390,0	513,0	100,3	42,3	10,3	12,7	8,5	4,1	0,0	12,3	1.276,9
1959	161,6	52,3	615,7	200,1	452,3	53,3	7,9	22,2	8,4	0,0	5,8	0,0	1.579,6
1962	183,5	132,7	141,2	261,7	79,4	67,4	25,3	32,6	9,8	0,0	0,0	61,0	994,9
1963	352,8	235,8	422,2	350,1	118,4	12,8	25,8	7,3	11,2	0,0	114,0	95,8	1.747,3
1964	200,9	263,4	359,1	576,8	181,4	118,6	70,4	5,8	41,2	0,0	8,0	14,0	1.839,6
1965	92,4	26,4	319,4	407,9	263,0	217,4	27,2	0,0	38,6	8,3	0,0	1,2	1.372,8
1968	9,7	88,7	187,0	217,5	187,2	123,5	131,2	17,0	20,0	0,0	20,0	10,8	1.012,5
1967	23,8	334,0	344,0	342,8	209,2	93,6	54,6	16,4	24,6	0,0	8,0	0,0	1.453,0

7



Tabela 4.1 - Série pluviométrica mensal do bairro Caucaia (continuação).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total Anual
1968	120,2	90,1	203,9	248,1	308,2	4,9	37,0	1,8	7,4	16,0	2,8	31,7	1.072,1
1969	32,4	77,1	281,1	222,5	281,4	48,3	113,1	4,5	2,2	8,8	0,0	0,0	1.051,2
1970	68,9	40,1	157,9	483,3	28,2	40,2	40,4	6,3	0,0	5,9	13,1	2,3	885,8
1971	161,7	197,7	308,1	306,3	360,9	179,7	281,5	14,9	1,2	35,5	11,2	85,0	1.898,7
1972	10,6	78,5	147,0	230,8	219,8	192,4	79,8	117,2	7,6	8,3	3,5	35,2	1.138,7
1973	169,0	452,0	413,0	372,0	221,5	215,5	103,0	13,0	15,0	2,0	22,0	4,0	2.002,0
1974	315,0	171,0	320,0	890,0	267,0	48,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.824,0
1975	0,0	210,0	381,5	210,4	291,8	85,6	81,0	0,0	30,0	18,0	0,0	0,0	1.308,3
1976	63,0	397,6	205,7	335,1	108,0	31,7	25,5	14,0	11,0	0,0	0,0	0,0	1.192,6
1977	233,2	180,3	223,6	148,0	160,0	329,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.274,6
1978	19,0	231,0	336,0	111,0	113,0	50,0	156,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.015,0
1979	33,0	103,0	175,0	92,0	164,0	44,2	5,8	36,8	40,0	6,5	4,8	0,0	704,7
1980	155,8	468,1	157,5	33,8	87,3	112,0	82,0	14,0	20,0	0,0	0,0	0,0	1.142,3
1981	41,0	89,0	375,0	108,0	84,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,0	750,0
1982	104,0	126,0	237,0	244,0	60,0	64,0	44,0	9,0	21,0	0,0	0,0	16,0	925,0
1983	14,0	117,9	281,6	72,0	107,6	70,2	23,4	10,4	0,0	5,5	0,0	64,2	746,8
1984	86,0	163,0	259,0	295,0	317,0	189,6	147,2	62,9	16,1	24,0	0,0	3,2	1.582,0
1985	239,0	471,3	525,2	413,2	245,4	185,6	136,4	21,6	0,0	0,0	0,0	180,0	2.416,6
1986	114,2	308,8	583,0	436,6	177,2	276,4	24,2	28,0	0,0	0,0	29,2	22,8	1.895,4
1987	66,4	103,5	449,0	131,0	34,2	248,6	59,0	10,4	2,4	8,2	0,0	0,0	1.105,9
1988	212,0	239,2	391,9	344,2	185,4	172,8	53,4	0,0	0,0	0,0	24,4	188,8	1.750,1
1989	223,8	74,5	193,0	286,1	194,5	232,8	135,1	73,6	58,4	5,6	0,0	33,2	1.511,5
1990	65,0	85,8	73,9	205,0	171,6	40,8	59,0	9,9	28,1	9,8	20,0	18,3	787,0
1991	40,7	136,6	402,9	411,4	111,6	49,8	2,8	3,4	0,0	26,4	3,0	0,0	1.131,2
1992	33,0	227,1	247,7	258,6	46,6	104,6	12,6	7,7	3,4	0,0	0,0	0,0	942,0
1993	38,9	82,2	169,8	178,0	38,0	40,0	112,0	0,0	8,0	0,0	2,4	15,4	675,5
1994	147,8	210,8	489,2	446,6	291,8	455,2	53,8	8,2	1,0	0,0	0,8	45,0	2.150,0
1995	86,4	231,3	505,0	610,1	306,2	106,4	51,6	0,0	0,0	9,8	18,0	0,0	1.935,6
1996	97,6	260,0	389,0	322,8	268,2	28,0	7,2	25,6	1,8	1,0	0,0	6,2	1.428,2
1997	8,8	45,0	175,6	327,2	152,4	1,2	26,2	17,4	0,0	0,0	0,0	19,0	770,8
1998	125,8	84,2	268,2	135,6	65,0	56,0	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	745,2
1999	85,8	123,0	248,4	202,8	286,4	7,5	0,0	0,0	35,0	4,0	4,0	0,0	976,7
2000	290,3	123,2	422,0	409,9	124,9	67,0	108,4	74,0	123,8	0,0	0,0	7,8	1.749,1
2001	125,7	73,9	160,2	842,6	45,8	188,2	37,4	0,0	0,0	3,4	3,6	15,6	1.494,4
2002	254,4	48,0	387,2	442,0	175,0	112,2	95,0	5,1	0,0	22,3	2,2	4,0	1.559,0
2003	207,4	463,4	643,4	447,6	386,4	183,8	0,0	4,6	9,0	0,0	0,0	10,0	2.277,6
2004	315,4	252,2	476,4	160,6	59,2	232,2	70,6	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0	1.584,2
2005	14,4	75,0	204,6	168,0	289,8	145,6	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	934,2
2006	63,6	116,6	183,8	336,6	312,8	119,8	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.149,8
2008	190,4	83,6	320,4	471,9	178,0	58,6	8,8	22,6	0,0	9,6	0,0	5,0	1.339,1
2009	207,8	354,8	420,2	498,6	257,2	160,8	209,6	41,8	0,0	0,0	0,0	15,6	2.165,4
2010	83,0	31,0	267,4	303,2	54,8	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,7	856,1
2011	624,3	428,1	332,8	292,6	114,8	99,0	132,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1.932,2
2012	34,6	187,2	315,2	198,2	79,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	812,7
2013	31,2	83,2	44,3	170,1	156,9	62,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	649,9
2014	79,6	119,8	147,5	284,4	227,2	19,8	23,4	0,0	0,0	0,0	8,2	18,4	908,3
2015	67,8	75,6	438,2	424,2	78,4	61,1	97,0	10,4	0,0	0,0	5,8	19,8	1.265,8

✱



Tabela 4.1 - Série pluviométrica mensal do posto Caucaia (continuação).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total Anual
2018	277,0	172,9	280,0	415,0	111,4	27,7	0,8	2,4	5,4	0,0	5,0	27,5	1.325,6
2019	174,4	281,2	170,7	236,5	188,9	24,4	198,8	2,2	0,0	0,0	0,0	136,2	1.393,3
Média	106,5	178,0	289,3	304,8	178,0	97,2	47,2	12,8	12,2	0,0	10,0	25,5	1.285,1
DVP	104,5	127,5	134,6	139,9	188,0	79,0	52,7	19,6	17,5	8,2	22,2	37,7	448,1
CV	1,0	0,7	0,5	0,5	0,8	0,8	1,1	1,8	1,4	1,4	2,2	1,5	0,4
Máx.	627,7	597,5	615,7	642,8	473,4	455,2	261,5	117,2	123,6	95,5	143,4	186,0	2.418,6
Mín.	0,0	0,0	0,0	33,8	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-411,4

Tomaram-se da série de pluviometria do posto Caucaia os valores anuais extremos diários apresentados na Tabela Erros Vinculo não válido, procedendo-se, então, ao ajuste das distribuições de probabilidades susceptíveis de representação desse processo.

Tabela 4.2 - Máximos anuais da série do posto Caucaia.

Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)	Ano	Máx. Anual (mm)
1912	92	1939	104	1967	100	1993	85
1913	115,3	1940	62,2	1968	86,4	1994	94
1915	62,1	1941	85	1969	58	1995	154
1916	86,1	1942	53,7	1970	154,5	1996	134
1917	163,8	1943	61,4	1971	145,6	1997	93,4
1918	92,5	1944	67,5	1972	79,2	1998	87,2
1919	94,4	1945	65,4	1973	117	1999	85
1920	138,3	1947	97,8	1974	125	2000	87
1921	75,2	1948	113	1975	54	2001	141
1922	70,5	1949	174	1976	82	2002	95,5
1923	105	1950	73,2	1977	94	2003	105
1924	89,5	1951	85	1978	126	2004	137,6
1925	69	1952	89	1979	70	2005	55
1926	68	1953	81	1980	70	2006	117
1927	105	1954	124	1981	104	2007	128
1928	73,2	1955	92	1982	58	2008	68,2
1929	54	1956	60	1983	72,2	2009	86
1930	87,2	1957	128	1984	77	2010	50
1931	71,5	1958	152	1985	92,4	2011	117
1932	70,5	1960	106	1986	115,8	2012	130
1933	55,9	1961	149	1987	79	2013	49,4
1934	90,9	1962	78,1	1988	89,4	2014	73,4
1935	75	1963	129	1989	58,6	2015	135,2
1936	51,2	1964	126	1990	41,8	2016	110,9
1937	111,2	1965	107,4	1991	75,2	2018	91,2
1938	90	1966	114	1992	40		

Com base na série anual de máximos diários, ajustou-se distribuições de probabilidade (Normal Truncada, LogNormal 2P, LogNormal 3P, Extremo Tipo I,





LogExtremo Tipo I, Pearson Tipo III e LogPearson Tipo III, verificando-se os ajustes através do teste de aderência  $\chi^2$ .

Com este procedimento, estimaram-se as precipitações diárias para os tempos de retorno de 10, 25, 50, 100 e 1.000 anos, conforme pode ser visto na Tabela Erro! Vínculo não válido., na qual se encontram ilustrados tais valores de chuvas máximas, assim como a distribuição de probabilidade adotada.

Tabela 4.3 - Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade.

T <sub>r</sub> (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do $\chi^2$ da Distribuição	Limite Estatístico $\chi^2$ (95% de Confiança)
10	124,4	LogNormal 3P	16,9	8,9
25	138,7			
50	157,2			
100	171,3			
1.000	220,1			
10.000	274,5			

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 da mesma, 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 Taboaga Torrico, a qual define coeficientes a serem aplicados para desagregação de chuva diária em todo o Brasil. O posto Caucaia, como pode ser verificado na Figura Erro! Vínculo não válido., encontra-se na isozona C. Assim, com os coeficientes e o abaco de desagregação (Figura Erro! Vínculo não válido.) foram obtidos os valores de precipitação para os intervalos de 0,1, 0,25, 1, 2, 3, 5, 12 e 24 horas para períodos de retorno de 25, 50 e 100 (Tabela Erro! Vínculo não válido.).

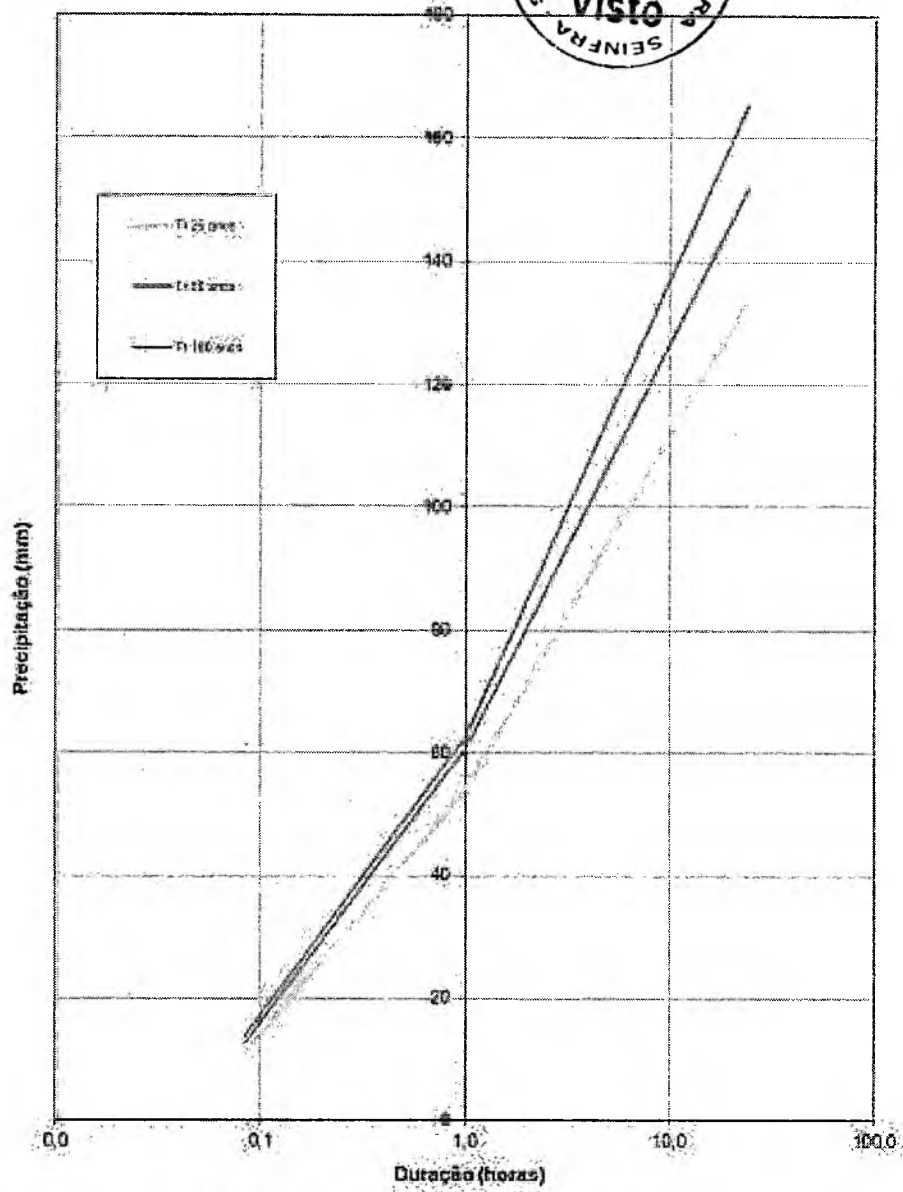


Figura 4.3 - Abaco de desagregação da chuva diária.

*[Handwritten mark]*



Tabela 4.4 - Pluviometria desagregada pelo método de Taborca Torrico.

Tr	Chuvas em mm para distintas durações horárias							
	0,10	1,00	2,00	3,00	6,00	9,00	12,00	24,00
25	27,9	65,2	86,2	98,5	119,6	131,8	140,6	161,7
50	31,2	72,8	98,5	110,4	134,3	148,2	158,1	182,0
100	32,6	74,4	101,1	116,7	143,4	159,0	170,1	196,7

O histograma do projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui, pela fórmula do California Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich:

$$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Em que  $T_c$  = tempo de concentração em minutos;  $L$  = comprimento do maior talvegue em km;  $\Delta H$  = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório. A Tabela Erro! Vinculo não válido. apresenta as características fisiográficas e o respectivo tempo de concentração da bacia hidrográfica da ponte Picui.

Tabela 4.5 - Características fisiográficas e tempo de concentração da bacia.

Bacia	Tr (anos)	Área (km <sup>2</sup> )	Cotas do Talvegue (m)		Δ (m)	Extensão do Talvegue (m)	Tempo de Concentração (min.)
			Montante	Jussante			
Ponte Picui	25	14,49	48	5	40	7,354	136,71
	50						
	100						

Para determinação da distribuição temporal da chuva de projeto utilizou-se o método dos blocos alternados e uma chuva com duração de 3 horas.

O método dos blocos alternados para definir a distribuição temporal das chuvas de projeto está baseado no uso de uma curva IDF para diferentes durações de chuva, menores que a duração total da chuva de projeto. No presente trabalho utilizou-se uma duração incremental de 10 minutos.

A altura total da chuva para cada duração é obtida multiplicando a intensidade pela duração, e a altura incremental para cada intervalo é dada pela subtração entre a altura total para uma dada duração total menos o total da duração anterior.

No método dos blocos alternados, os valores incrementais são reorganizados de forma que o máximo incremento ocorre, aproximadamente, no meio da duração da



chuva total. Os incrementos (ou blocos de chuva) seguintes são organizados alternadamente, até preencher toda a duração. As Figuras Erro! Vinculo não válido. a Erro! Vinculo não válido. apresentam os hietogramas obtidos para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, respectivamente.

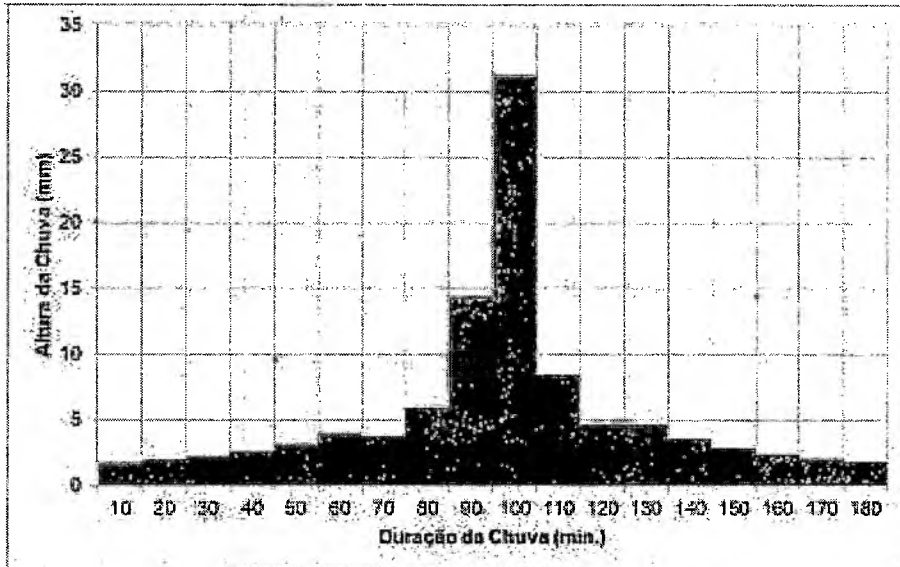


Figura 4.4 - Hietograma para o Período de Retorno de 25 anos.

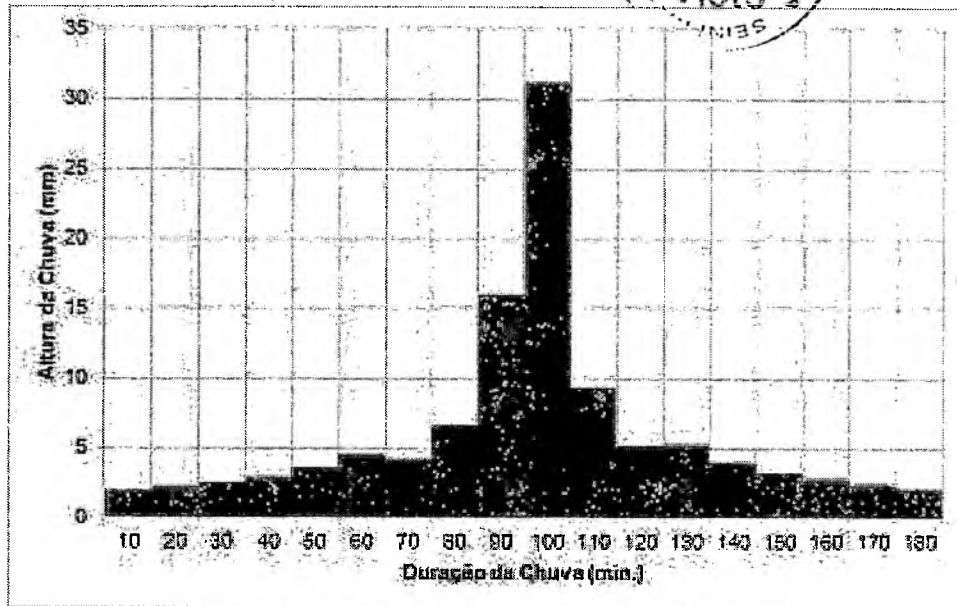


Figura 4.5 - Histograma para o Período de Retorno de 50 anos.

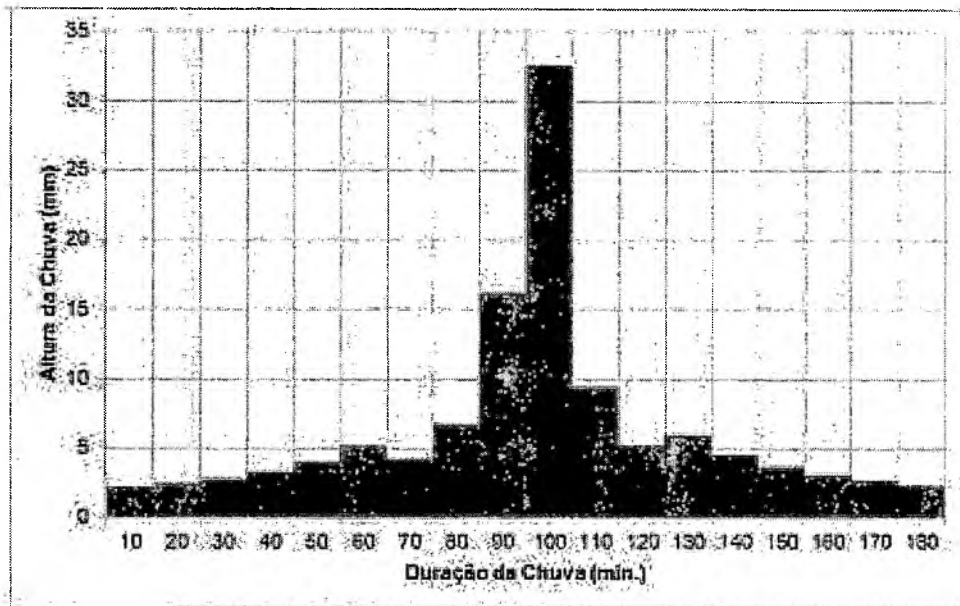


Figura 4.6 - Histograma para o Período de Retorno de 100 anos.

34

7

#### 4.3.3. Precipitação Efetiva

O modelo HEC-HMS refere-se à interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas da precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante considerado precipitação efetiva.

O cálculo das perdas de precipitação pode ser usado nos outros componentes do modelo HEC-HMS, em especial, hidrograma unitário. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia).

De maneira geral, existem três metodologias utilizadas para determinação da chuva efetiva: equações de infiltração, índices e relações funcionais. Especificamente, o HEC-HMS possibilita o uso de 5 métodos: 1) Taxa de perda inicial e uniforme; 2) Taxa de perda exponencial; 3) Curva-Número; 4) Holtan; 5) Função de Infiltração Green e Ampt. Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método Curva-Número do Soil Conservation Service.

O método Curva-Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: (1) tipo de solo hidrológico; (2) uso do solo e tratamento; (3) condição da superfície subterrânea e (4) condição de umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)P}{(P - I_a) + S}$$

Em que Q = escoamento, P = precipitação, S = capacidade máxima de armazenamento do solo e  $I_a$  = perdas antes do início do escoamento.

As perdas antes do início do escoamento ( $I_a$ ) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação e infiltração.  $I_a$  é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias  $I_a$  é aproximado pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20.S$$

Substituindo a equação das perdas no início do escoamento na equação do escoamento elimina-se  $I_a$ , resultando em:



Em que S está relacionado as condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (unidades métricas)}$$

Em que CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura, sendo estes valores tabelados apresentados para condições de umidade antecedente normal (AMC II). Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CNs equivalentes podem ser calculados pelas seguintes fórmulas:

**CONDIÇÕES SECAS**

$$CN(I) = \frac{4.2.CN(II)}{10 - 0.058.CN(II)}$$

**CONDIÇÕES ÚMIDAS**

$$CN(III) = \frac{2.3.CN(II)}{10 + 0.13.CN(II)}$$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas<sup>3</sup>.

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração. Estes quatro grupos são descritos a seguir:

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouca argila e silte.
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundos que o do tipo a e com permeabilidade superior à média.
- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo.
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Uma vez que o método do SCS dá o excesso total para uma tempestade, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a

<sup>3</sup> FONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY: 640 p.





diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior. Para a bacia da Ponte Ricu, seus solos são enquadrados no Grupo de Solos "C", que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média. Desta forma, foi adotado um CN = 85.

#### 4.3.4. Hidrograma Unitário – SCS

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1.000 km<sup>2</sup> e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro: o T<sub>LAC</sub>. Este parâmetro, T<sub>LAC</sub>, é igual à distância (lag) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por:

$$Q_p = 208 \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAC}$$

Em que Q<sub>p</sub> = é a vazão de pico (m<sup>3</sup>/s), t<sub>p</sub> = tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km<sup>2</sup> e Δt = o intervalo de cálculo.

Uma vez determinados estes parâmetros e o intervalo de cálculo (duração do hidrograma unitário), o HEC-HMS utiliza estes para interpolar um hidrograma unitário a partir de um hidrograma unitário adimensional do SCS. A seleção do intervalo de cálculo é baseada na relação Δt = 0,20 · t<sub>p</sub>, não devendo exceder 0,25 · t<sub>p</sub>. Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas

$$t_{LAC} = 0,60 \cdot T_c \text{ e } 1,7 \cdot t_p = \Delta t + T_c$$

Em que T<sub>c</sub> = é o tempo de concentração da bacia. O HEC-HMS sugere que Δt ≤ 0,20 · T<sub>LAC</sub>. Para cálculo do hidrograma de projeto por esta metodologia, é necessária uma estimativa do tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração foi avaliado através da aplicação da fórmula de Kirpich.

A Tabela Errol Vinculo não válido, apresenta as vazões de projeto para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos obtidas através do uso do modelo HEC-HMS, conforme metodologia acima.





Secretaria Municipal  
de Infraestrutura



Tabela 4.6 - Vazões de Projeto

Bacias	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		
	Tr = 20 anos	Tr = 50 anos	Tr = 100 anos
Ponte Pequã	98,3	116,4	128,0

38

7

Página 141 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, n° 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

Secretaria Municipal  
de Infraestrutura



4 - ESTUDO HIDRÁULICO

39

R

Página 142 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



## 5 ESTUDO HIDRÁULICO

O presente capítulo realizará um estudo do comportamento hidráulico das seções de montante e jusante da ponte Ficul. A ponte projetada possui vão livre de 20 m.

Para a análise dos comportamentos hidráulicos das seções da ponte, será utilizado o software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), versão 4.1 de Janeiro de 2010, do U.S. Army Corps of Engineers – USACE, que é um programa utilizado para a propagação do escoamento em canais ou condutos fechados considerando todos os efeitos dinâmicos e de pressão.

O modelo HEC-RAS foi concebido para ambiente windows. Tal qual o HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), faz parte da família de modelos hidrológicos e hidráulicos do U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERING, cujo uso é bastante difundido entre os profissionais da área de recursos hídricos e que produz resultados consistentes e satisfatórios.

A metodologia incorporada no modelo HEC-RAS baseia-se em algumas hipóteses simplificadoras quais sejam:

- Escoamento gradualmente variado, exceto nas estruturas hidráulicas (pontes, bueiros, comportas e vertedouros) onde o escoamento é rapidamente variado e utiliza-se a equação do momento, ou outras equações empíricas;
- Escoamento unidimensional com correção para distribuição horizontal da velocidade;
- Canais com pequena declividade (menores que 1:10 ou 10%).

No presente trabalho serão analisadas as curvas chaves para seções definidas para controle do nível de água máximo sob a ponte, considerando a vazão de projeto calculada, com um período de retorno de 100 anos.

### 5.1 Definição das Seções Transversais

Para investigar as condições hidráulicas sob a ponte, foram definidas 04 (quatro) seções transversais principais, apresentadas na Tabela 2.1:

*R*

Tabela 5.1 - Seções Transversais Analisadas.

Seção	Condição no Canal de Restituição
01	Seção Transversal 50 m a montante da ponte.
02	Seção Transversal imediatamente a montante da ponte.
03	Seção Transversal imediatamente a jusante da ponte.
04	Seção Transversal 50 m a jusante da ponte.

## 5.2 Condições de Contorno da Modelagem com o HEC-RAS

### 5.2.1 Coeficiente de Manning

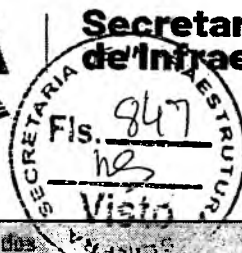
Foram adotados no estudo os coeficiente de rugosidade de Manning iguais a 0,013 para o as laterais da ponte e 0,03 a calha do riacho (leito normal) e margens inundáveis, de acordo com a Tabela 2.2 (CHOW, 1959).

Tabela 5.2 - Valores (n) das fórmulas de Manning.

N°	Natureza das paredes	n
1	Canais de chapas com rebocos arredondos, juntas perfeitas e águas límpidas. Tubos de concreto e de fundição em perfeitas condições.	0,011
2	Canais de cimento muito liso de dimensões limitadas, de madeira apilada e lixada, em ambos os casos, trechos retilíneos curvados e curvas de grande raio e águas límpidas. Tubos de fundição usados.	0,012
3	Canais com reboco de cimento liso, porém com cravas de raio limitado e águas não completamente límpidas; construídos com madeira lisa, mas com curvas de raio moderado.	0,013
4	Canais com reboco de cimento não completamente liso; de madeira como no n° 2, porém com traçado tortuoso e curvas de pequeno raio e juntas imperfeitas.	0,014
5	Canais com paredes de cimento não completamente lisas, com curvas estreitas e águas com detritos; construídos de madeira não-apilada de chapas rebocadas.	0,015
6	Canais com reboco de cimento não muito liso e pequenos depósitos no fundo; revestidos por madeira não-apilada, de alvenaria construída com esmero, de terra, sem vegetação.	0,016
7	Canais com reboco de cimento incompleto, juntas irregulares, aumentando tortuoso e depósitos no fundo; de alvenaria revestindo taludes não bem perfilados.	0,017
8	Canais com reboco de cimento rugoso, depósito no fundo, mas não nas paredes e traçado tortuoso.	0,018
9	Canais de alvenaria em más condições de manutenção e fundo com buracos, ou de alvenaria de pedregulhos; de terra, bem construídos, sem vegetação e com curva de grande raio.	0,02
10	Canais de chapas rebocadas e juntas irregulares; de terra, bem construídos com pequenos depósitos no fundo e vegetação resistente nos taludes.	0,022

41

7



Nº	Natureza das paredes	n
11	Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes.	0,025
12	Canais de terra, com vegetação rasteira, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosões; revestidos com pedregulhos e vegetação.	0,030
13	Alveos naturais, cobertos de cascalhos e vegetação.	0,035
14	Alveos naturais, andamento tortuoso.	0,040

### 5.2.2 Declividade do Trecho a Simular e Condições de Contorno

No modelo computacional HEC-RAS algumas condições de contorno são necessárias para que sejam estabelecidos os níveis da água a partir das extremidades do canal:

- (I) Regime de escoamento subcrítico, as condições de contorno são necessárias apenas nas extremidades do sistema a jusante do canal;
- (II) No caso do regime supercrítico, as condições de contorno são necessárias apenas nas extremidades a montante do sistema fluvial;
- (III) Se o regime é misto, então as condições de contorno devem ser indicadas a todas as seções do sistema fluvial em estudo.

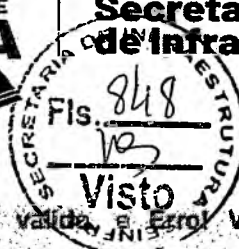
Como está sendo desejado encontrar o *fall water* resultante do escoamento da vazão de projeto sob a ponte Picuí, seria inadequada estabelecer qualquer outra condição de contorno que não fosse a da profundidade normal do regime permanente.

Por não se conhecer a priori o regime de escoamento por ocasião das cheias críticas de rara frequência (cheia centenária) simulou-se como regime misto (supercrítico, crítico e subcrítico) a partir da definição das declividades de montante e jusante. A declividade calculada para o trecho simulado foi de 0,0017 m/m.

### 5.3 Resultados da Modelagem com o HEC-HAS

Neste item são apresentados os resultados das simulações para as seções de controle a jusante e a montante da ponte Picuí. A ponte projetada possui um comprimento de 20 m e largura de 7 m.

As Figuras Erro! Vinculo não válido. e Erro! Vinculo não válido. apresentam as lâminas d'água das seções imediatamente a montante e a jusante da ponte com uma vazão de projeto com TR = 100 anos, conforme apresentado anteriormente.



Já as Figuras Errol Vínculo não válido, apresentam as curvas chave das seções imediatamente a montante e a jusante da ponte, também com uma vazão de projeto com TR = 100 anos.

Os resultados apresentados na Tabela Errol Vínculo não válido, permite definir a altura mínima da ponte projetada, para a um período de retorno de 100 anos. Para a ponte Picuí, recomenda-se uma altura mínima na cota 6,62 m.

Tabela 5.3 - Resultados da simulação hidráulica - Ponte Picuí.

Seção	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Variáveis de Controle		Velocidade (m/s)
		Cota da Lâmina D'Água (m)	Altura Uti (m)	
Imediatamente a montante	128,0	6,12	2,27	3,46
Imediatamente a jusante		5,87	2,03	3,97



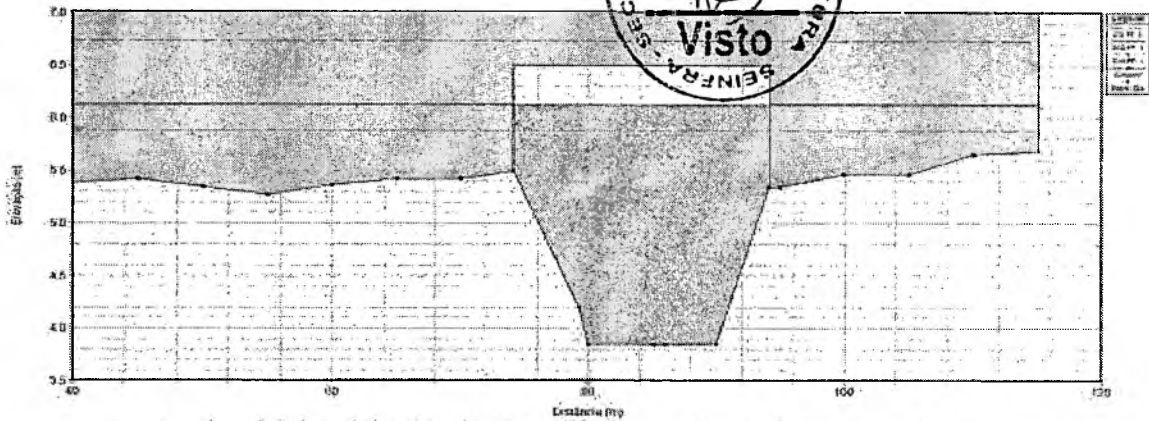


Figura 5.1 - Lâmina d'água da seção imediatamente a montante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.

44

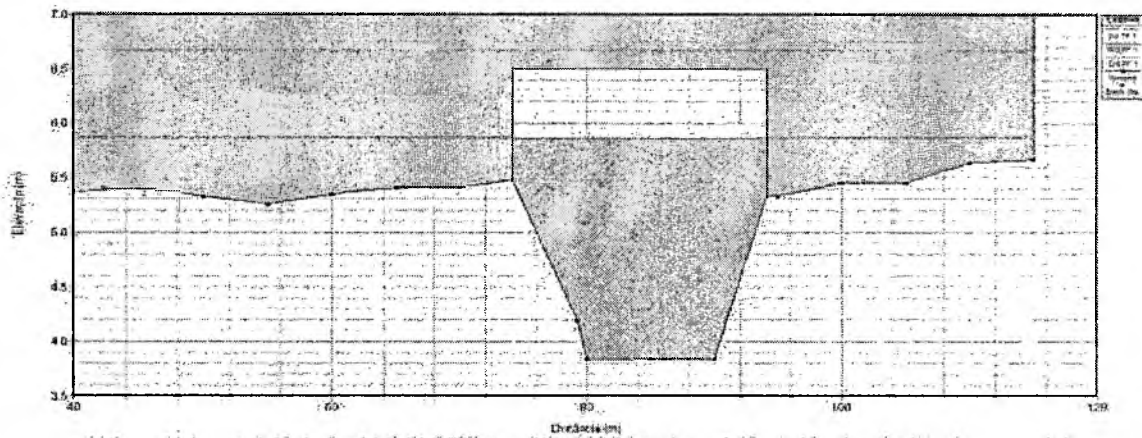


Figura 5.2 - Lâmina d'água da seção imediatamente a jusante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.

45

*R*

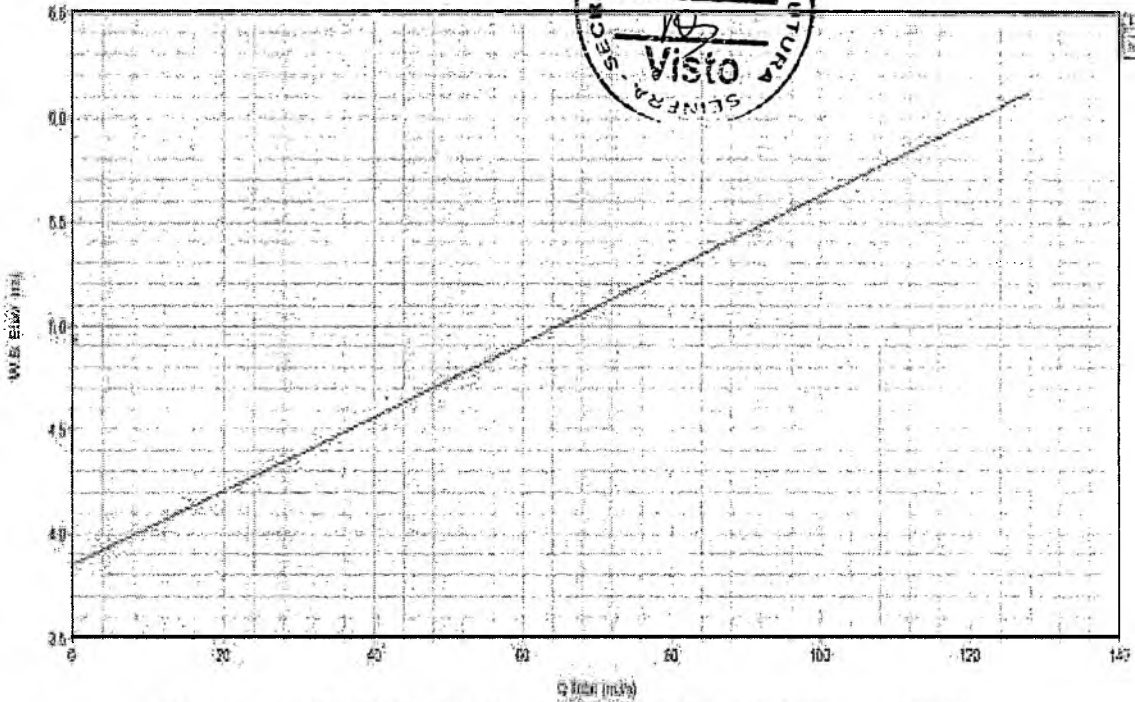


Figura 5.3 - Curva chave da seção imediatamente a montante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.

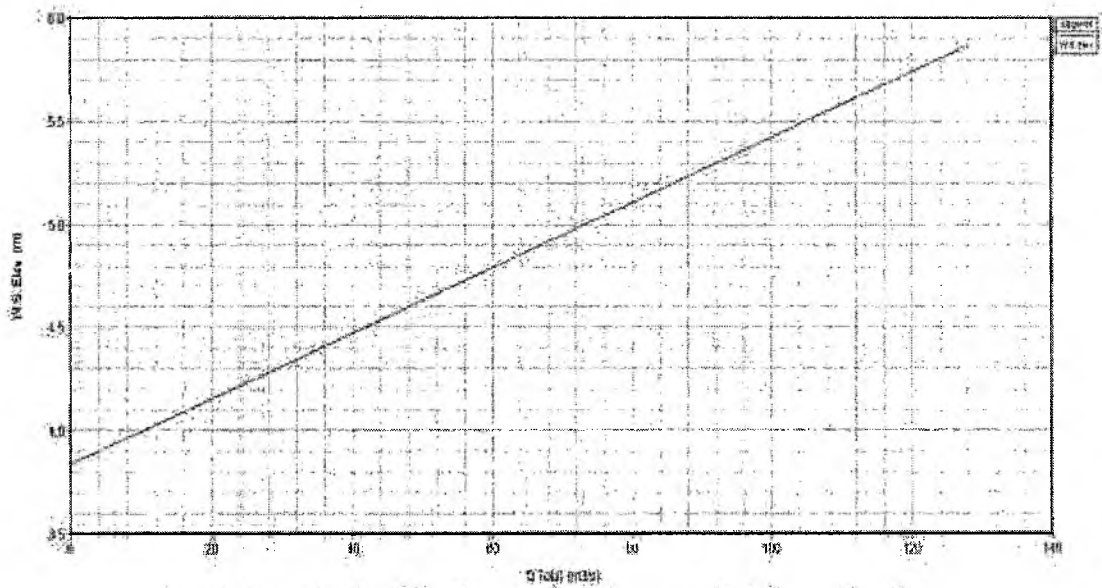
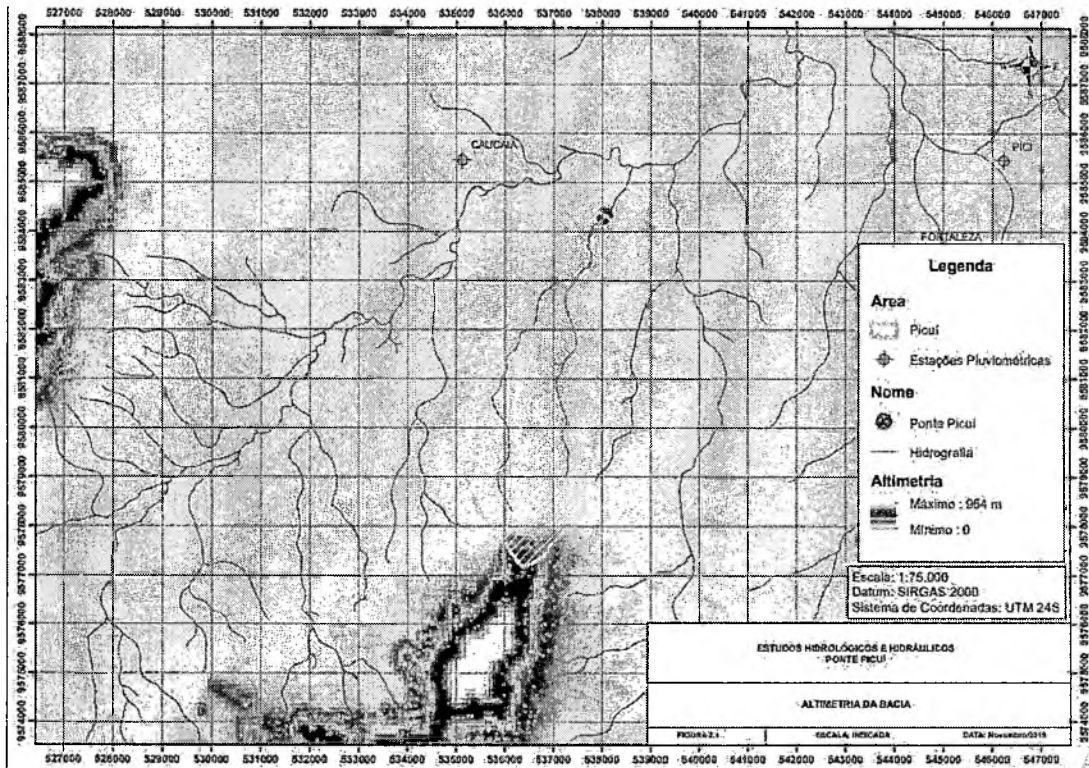
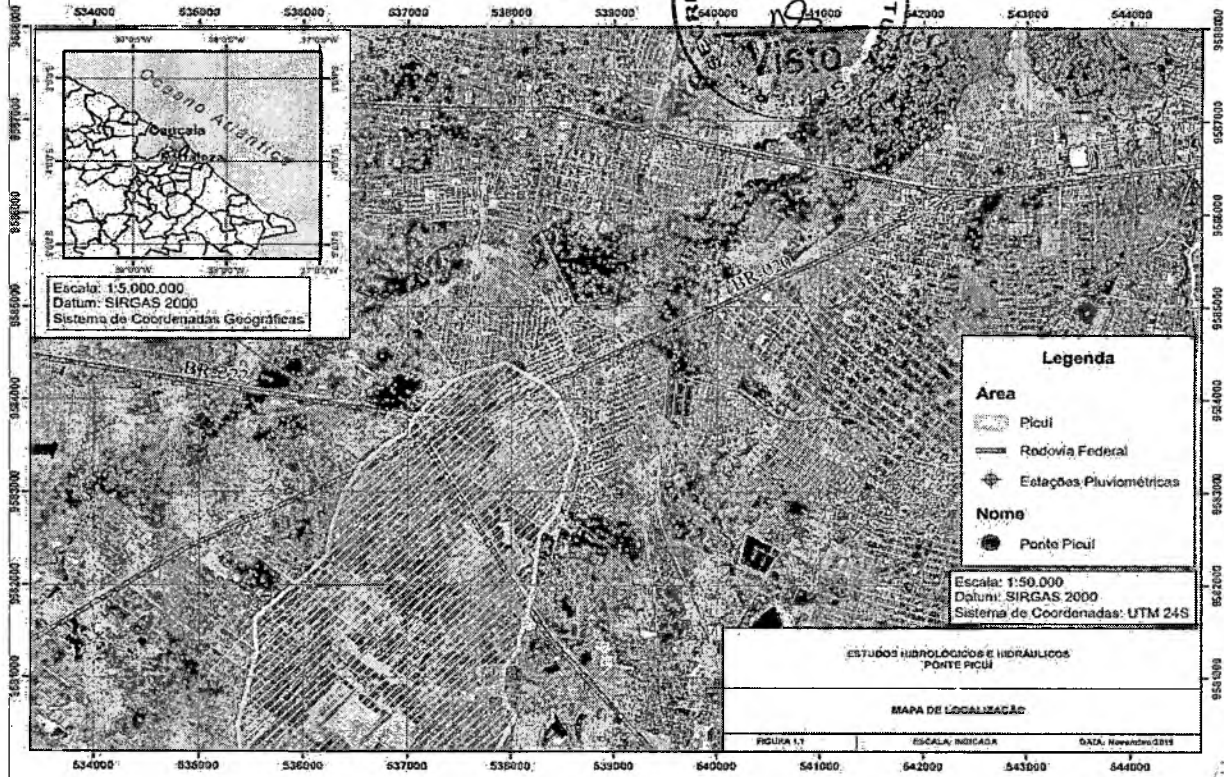


Figura 5.4 - Curva chave da seção imediatamente a jusante da ponte - Vazão de Projeto com TR = 100 anos.

✍



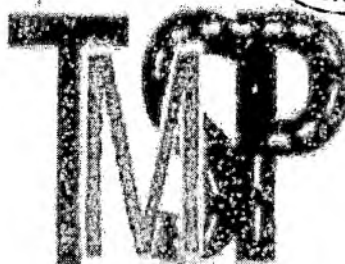
*R*



PREFEITURA DE  
**CAUCAIA**

**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**

**ESTUDOS GEOTÉCNICOS**



LAB. TEMASP - TECNOLOGIA DE MECÂNICA  
DOS SOLOS E PAVIMENTAÇÃO

**RELATÓRIO DE SONDAGENS**

RUA ANA GONÇALVES, 06 - A - TAUÁPE - CEP 60130-430 - FORTALEZA-CE  
FONE: (85) 3023-6577 / 9967-4584 / 8670-9343  
C.N.P.J 09.528.039/0001-82.

*✍*

Página 150 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970





**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



**ASSUNTO:** Sondagem à Percussão do tipo SPT (Standard Penetration Test)

**CLIENTE:** Certare Engenharia e Consultoria Ltda

Fortaleza (ce) 22 de novembro de 2019

#### SUMARIO

SUMÁRIO.....	1-2
1 INTRODUÇÃO.....	1-3
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	1-3
2.2 SONDA GENS ROTATIVAS.....	1-3
3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	2-4
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	3-5

Janiel Silva de Castro  
Eng. Civil  
CNE 408 434250  
RPN 150822086-2

1-2

7

Página 151 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



A Centare Engenharia e Consultoria Ltda

Obra: Construção de uma ponte na Picui - Caucaia - CE

ASSUNTO: Sondagem à Percussão do Tipo SPT (Standard Penetration Test)

Prezados Senhores,

## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório trata da apresentação dos resultados dos seguintes serviços de investigação geotécnica realizadas no Picui, Caucaia - CE

Sondagens rotativa mista BWG;

Os serviços foram realizados no período compreendido entre 08 de novembro de 2018 e 19 de novembro de 2018.

## MATERIAIS E MÉTODOS:

- NBR 6484/1980 - Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos;
- NBR 9603 - sondagem a trado;
- NBR 7250/1982 - Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos.

### 1.1 SONDAGENS ROTATIVAS

Na execução das sondagens foram obedecidas as recomendações da norma DNER PRO 102/97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo. Para a realização das sondagens rotativas utilizou-se uma coroa adiantada de diâmetro BWG, com 60 mm de diâmetro externo e 48 mm de diâmetro interno, acoplada a um barrilete simples. Para a perfuração dos furos foi utilizada uma máquina rotativa pneumática.

Para a extração das amostras utilizou-se o método de coleta dos resíduos obtidos nos barrilete em cada manobra. Os testemunhos foram devidamente acondicionados e levados ao laboratório para classificação geológica, e os valores de percentagem de recuperação, número de peças do testemunho e Índice RQD ("Rock Quality Designation") são apresentados nos partes individuais de sondagem.

Janlei Silva da Queiroz  
Engenheiro  
CREA CE 13428/O  
RFB 05082088-2

1-3

7





## 2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 2.1. SONDAJENS ROTATIVAS

Na Tabela 1 é apresentada a identificação do furo, a profundidade na qual o nível de água foi encontrado na sondagem, a data de realização da sondagem, as coordenadas geográficas da sondagem.

Tabela 1 – Identificação e localização do furo de sondagem

FURO	NÍVEL D'ÁGUA (m)	DATA	COORDENADAS UTM	PROF. DO FURO (m)
SM-01	0,50	06/11/2019	0538081/9684366	14,70
SM-02	0,90	06/11/2019	0538084/9584377	14,60

São apresentados nos apêndices, o croqui com a localização dos furos de sondagem e o perfil individual de sondagem obtidos, no qual apresenta-se o valor da profundidade do furo.

Observa-se a partir das sondagens realizadas que o perfil de solo observado nas sondagens não tem variação de profundidade entre 1 a 3 metros, sendo caracterizado como uma areia silto argilosa pedregulhosa de cor cinza.

O perfil litológico obtido através das sondagens rotativas foi descrito como uma areia silto cinza (alteração de rocha), com profundidade inicial entre 3 e 13 metros.

O perfil litológico obtido através das sondagens rotativas foi descrito como um Gnaisse, composto por quartzo, com profundidade inicial entre 11 e 14,70 metros.

### Anteprojeto das Fundações

Conforme item 6.4.2 da Norma NBR 6484 – Solos – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT, pelo tipo de obra e de natureza do subsolo chegou-se à seguinte conclusão:

• Adjacências da sondagem SM-01 e SM-02: Recomenda-se Fundação Indireta assentada sobre estacas tipo Hélice Contínua na profundidade de 11,0m

Ass: Sílvia de Queiroz  
ENRCAI  
C/EA-DE-2142510  
REV 06/02/2018-2

2-1

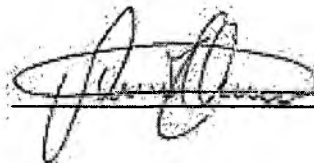


É prudente mencionar ainda que o anteprojeto das fundações de uma obra serve como indicativo da provável solução que deverá ser adotada fornecendo, portanto, indícios preliminares da ordem de grandeza dos custos de execução das fundações da obra, nunca devendo substituir o "PROJETO DAS FUNDAÇÕES" em que todos os requisitos de projeto deverão ser verificados.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos têm validade restrita às condições vigentes e procedimentos realizados.

Fortaleza (CE), 22 de novembro de 2019.

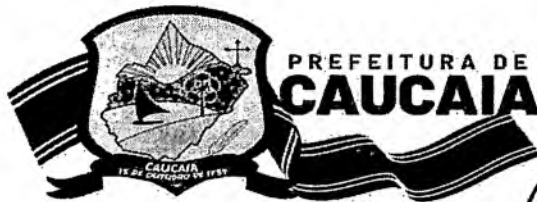


---

Jeniel Silva da Queiroz  
Eng. Civil  
CREA-CE 144610  
RPN 02592085-2

3-5





**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



## APÊNDICES

Fls. de Questor  
Eng. Civil  
Cadastrado em 4/10/2010  
SPN 087066000-2 3-6

✱

Página 155 de 367

Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



### Apêndice 1 – Perfis Individuais das Sondagens

Janiel Silva de Azevedo  
Eng. Civil  
CREA-CE 43425-0  
RPM 6085238-2

3-7

7



PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA										
AMOSTRADOR: D <sub>ext</sub> = 2 1/2", D <sub>int</sub> = 1 3/8"					Martelo: 65 kg			QUEDA: 75cm		
SPT-01		ESTACA		FOSSADO		INCLINAÇÃO VERTICAL				
				638081		E524388				
PERCUSSÃO										
PROF (m)	1º/15	2º/15	3º/15	INSPT	NÍVEL DA ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	LITOLOGIA	REC (MN)	SONDAGEM ROTATIVA	N <sub>SPT</sub> - golpes/30 cm
1,0	13	18	37	66	0,50	argila-areia arenosa dura de cor cinza				
2,0	23	31	55	69		Argila-areia argilosa pedregulhos compacta de cor cinza				
3,0	45/7	-	-	45/7						
4,0	-	-	30/3	30/3						
4,7	33/4	-	-	33/4						
6,0	-	-	25/3	25/3						
7,0	40/5	-	-	40/5		areia argilosa (Aglomeração de rocha patine) de cor cinza				
8,0	-	20/4	-	20/4						
8,0	40/5	-	-	40/5						
10,0	-	-	30/5	30/5						
11,0	31/4	-	-	31/4						
12,0								15		
13,0						Grésse (composto por quartzo)		20		
14,7								19		
OBSERVAÇÕES: O nível da água foi encontrado a 0,50m								RECUPERAÇÃO (%)		
END DA OBRA: PICLI - CAUCAIA - CE										
AMOSTRADOR TERZAGHI		PROF. DO REVEST. 5,00			PREFEITURA MUNICIPAL DE CAUCAIA					
INÍCIO: 08/11/2019		TERMINO: 14/11/2019			DATA: 21/11/2019		RESP:			

Eng.º Civil  
CREA-CE 47120/D

7





PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAÇÃO MISTA									
AMOSTRADOR: D <sub>Ext</sub> = 2,1/2", D <sub>Int</sub> = 1,3/8"					Martelo: 65 kg			QUEDA: 75cm	
SONDAÇÃO Nº		CUTAN		ESTACA		POSICÃO		INCLINAÇÃO VERTICAL	
SPT-02						538084 - 9584377			
PERCUSSÃO									
PROF. (m)	1º/15	2º/15	3º/15	NSPT	NÍVEL DA ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	LITOLOGIA	REC. (%)	SONDAÇÃO ROTATIVA
1,0	8	8	8	17	0,90	Areia fina média e fina de cor amarela			
2,0	21	36	34	70	0,90	Areia fina argilosa pedregulhos fragmentos de cascalho			
3,0	45/4	-	-	45/4					
4,0	-	-	30/4	30/4					
4,7	34/4	-	-	34/4					
6,0	-	-	27/3	27/3					
7,0	40/3	-	-	40/3					
8,0	-	20/4	-	20/4					
9,0	28/6	-	-	28/6					
10,0	-	-	30/5	30/5					
11,0	23/4	-	-	23/4					
12,0	-	30/4	-	30/4					
13,0	33/3	-	-	33/3					
14,0							Gravidade completa por ruptura		10
OBSERVAÇÕES: O nível da água foi encontrado a 0,90m.								RECUPERAÇÃO (%)	
END DA OBRA: PICUI - CAUCAIA - CE									
AMOSTRADOR		PROF. DO REVEST.		PREFEITURA MUNICIPAL DE CAUCAIA					
TERZAGHI		6,00							
INICIO		TERMINO		DATA		RESP.			
02/11/2019		19/11/2019		21/11/2019		Jensil Silveira Queiroz Eng. Civil CREA 153425/D			



**Secretaria Municipal  
de Infraestrutura**



## Apêndice 2 – Documentação Fotográfica das Sondagens

Janiel Silva de Castro  
Eng. Civil  
CREA-CE 44320  
RPN 050621001

7

Página 159 de 367

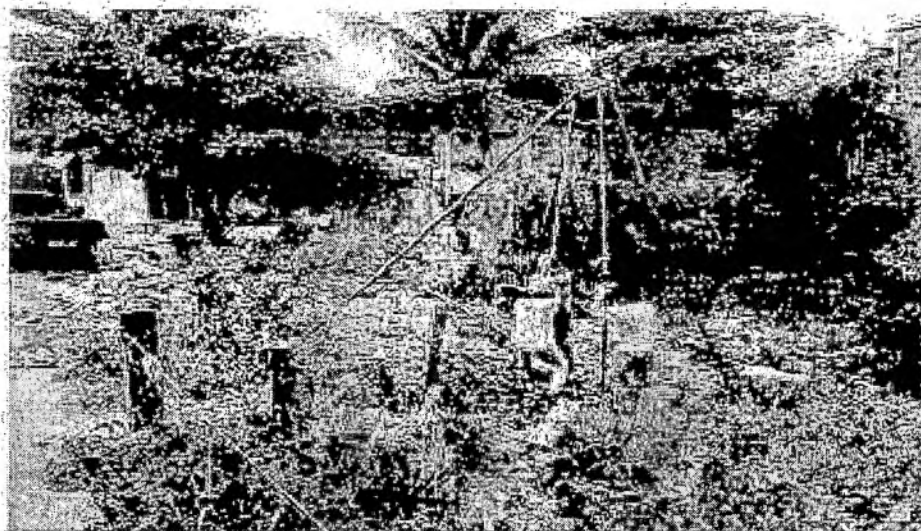
Rodovia CE-090 KM 01, nº 1076, Itambé

Caucaia/CE - CEP: 61600-970



REGISTRO FOTOGRAFICO DE SONDAGEM MISTA

PICUI - CAUCAIA - CE



SM-1 batendo SPT 04/11/2019



SM-1 Rotativa 12/11/2019

Jenifer Silva de Queiroz  
Emp. 004  
CREA-CE/13420/D  
RPN 05/2018/2



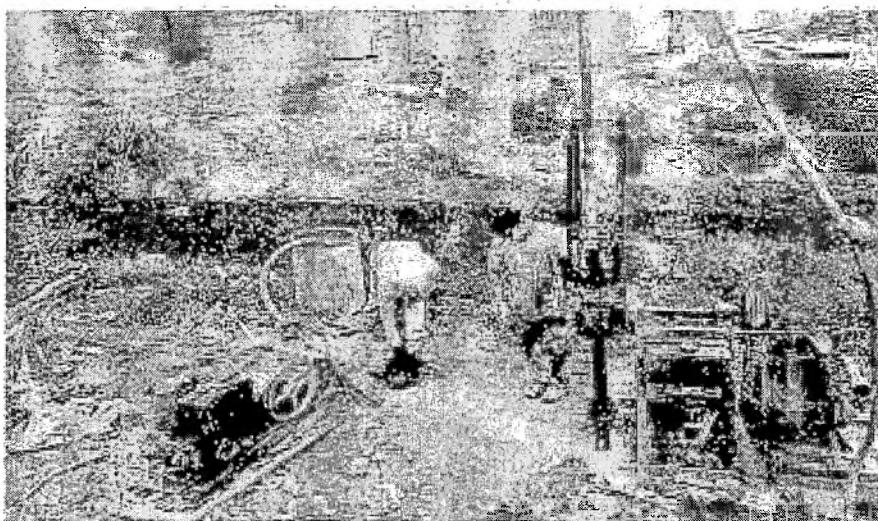


REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SONDAAGEM MDTA

PICUI - CAUCAIA - CE



SM-2 Interdo SPT 04/11/2019



SM-2 Rotativa 18/11/2019

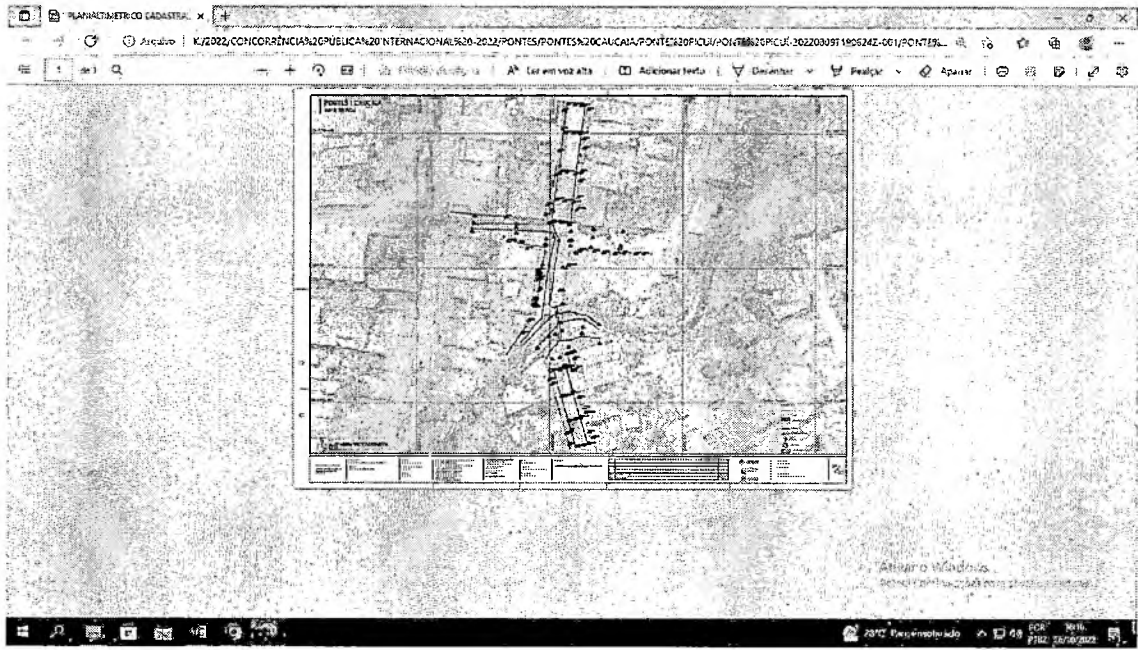
Janiel Silva de Queiroz  
Eng.º Civil  
CREA-CE 014510  
RPA 050000000-3







## ESTUDOS TOPOGRAFICOS



## MAPA DE SITUAÇÃO







**MEMORIAL DESCRITIVO**



**MEMORIAL DESCRITIVO – PONTE PICUI**

A Ponte de Picuí, localizada no município de Caucaia (CE), possuindo 20,1 metros de extensão, 7,30 metros de largura e foi projetada para o padrão rodoviário TR45. Seu tabuleiro é composto pelas mesas superiores das longarinas e receberão uma concretagem “in loco” para a solidarização da estrutura.

O vão é vencido por 9 vigas pré-moldadas e protendidas com 19,6 metros de vão e 0,70 metros de altura, moldada em um perfil “I”. Foram previstas armaduras de espera nas vigas protendidas para a união entre as mesmas e concretagem “in loco”.

O apoio da superestrutura na mesoestrutura se dá através de aparelhos de apoio em Neoprene fretado e as dimensões e características dos mesmos devem estar de acordo com o especificado em projeto.

As cabeceiras em concreto possuem duas finalidades, a de receber as cargas provenientes do tabuleiro e transmitir as fundações e a de conter o solo abaixo da laje de aproximação, evitando assim erosões e recalques que possam comprometer a estrutura. Alas em concreto foram previstas para auxiliar na contenção do solo.

As cabeceiras estão assentes em blocos de fundação com 7,80m x 2,50m x 0,75m. Cada bloco está apoiado em 16 estacas do tipo hélice contínua de 30cm de diâmetro e 11m de profundidade, compondo assim toda a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura da ponte em questão.

As estacas, blocos de fundação e cabeceiras foram idealizados para um concreto com resistência aos 28 dias de 30 Mpa. As demais estruturas devem possuir resistência mínima de 45 Mpa aos 28 dias.

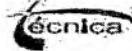
§



PREFEITURA DE CAUCAIA



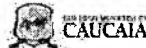
NOTA DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM



Nota de Serviço de Terraplenagem (Plano) - Tracado - Caminho - Terraplo  
 Data: 21/01/20 Hora: 11:27 - Página: 1  
 Projeto: - Local: -

Eixo	Lado Esquerdo										Eixo			Lado Direito					
	Ordem	Altura	Distância	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	%	Terraplo	Projeção	Volume	Distância	Coord. X	%	Distância	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z		
8+23.48	3.2500	5,00	-1,372	3,2500	6,678	3,2500	6,278	-3,00	6,318	6,070	-1,654	3,2500	6,278	-3,00	3,2500	6,678	3,2500	5,352	-1,431
9	3,2554	5,03	0,159	3,2500	5,776	3,2500	5,776	-3,00	6,628	8,875	-0,247	3,2500	6,776	-3,00	3,2500	6,776	3,6154	5,534	-0,244
9+10.33	-4,0329	6,334	1,201	3,2500	5,175	3,2500	5,175	-3,00	6,530	6,732	0,456	3,2500	6,175	-3,00	3,2500	5,175	3,6331	5,756	0,621
10	3,7044	6,076	0,812	3,2500	5,704	3,2500	5,254	-3,00	6,854	5,341	0,488	3,2500	6,254	-3,00	3,2500	6,254	3,7260	5,976	0,714
11	-3,6429	6,124	0,589	3,2500	5,534	3,2500	5,534	-3,00	6,031	5,628	0,409	3,2500	5,534	-3,00	3,2500	5,534	3,5752	6,030	0,488
11+3.04	-3,6628	6,200	0,816	3,2500	5,564	3,2500	5,564	-3,00	6,016	6,631	0,328	3,2500	5,564	-3,00	3,2500	5,564	3,6136	6,130	0,540
11+14.4	-3,6597	6,341	0,616	3,2500	5,725	3,2500	6,725	-3,00	6,275	6,623	0,486	3,2500	6,725	-3,00	3,2500	6,725	3,8081	6,252	0,520
12	3,6544	6,400	0,607	3,2500	5,769	3,2500	6,769	-3,00	6,331	6,630	0,451	3,2500	6,769	-3,00	3,2500	6,769	3,8154	6,281	0,489
13	-3,6572	6,643	0,911	3,2500	6,037	3,2500	6,037	-3,00	6,811	6,134	0,477	3,2500	6,037	-3,00	3,2500	6,037	3,8481	6,634	0,520
13+14.54	-3,6628	6,841	0,627	3,2500	6,216	3,2500	6,216	-3,00	6,362	6,712	0,188	3,2500	6,216	-3,00	3,2500	6,216	3,8219	6,825	0,615
14	0,5811	6,919	0,467	3,2500	6,448	3,2500	6,448	-3,00	7,071	6,543	0,528	3,2500	6,448	-3,00	3,2500	6,448	3,8366	7,317	0,671
14+3.68	-3,6533	7,103	0,455	3,2500	6,693	3,2500	6,693	-3,00	7,200	6,750	0,450	3,2500	6,693	-3,00	3,2500	6,693	3,8453	6,940	0,253
15	3,5448	7,511	0,592	3,2500	6,920	3,2500	6,920	-3,00	7,351	7,036	0,315	3,2500	6,920	-3,00	3,2500	6,920	3,8200	7,289	0,320
16	3,6358	7,776	0,452	3,2500	7,317	3,2500	7,317	-3,00	7,776	7,414	0,362	3,2500	7,317	-3,00	3,2500	7,317	3,8569	7,776	0,460
16+7.02	-3,6308	7,872	0,421	3,2500	7,451	3,2500	7,451	-3,00	7,999	7,542	0,456	3,2500	7,451	-3,00	3,2500	7,451	3,8288	7,869	0,419
17	-3,6803	8,109	0,654	3,2500	7,451	3,2500	7,451	-3,00	7,300	7,543	0,242	3,2500	7,451	-3,00	3,2500	7,451	3,8569	7,930	0,470
17+6.68	-3,7773	8,243	0,702	3,2500	7,451	3,2500	7,451	-3,00	7,966	7,548	0,416	3,2500	7,451	-3,00	3,2500	7,451	3,8371	8,032	0,585
18	3,7029	8,211	0,816	3,2500	7,532	3,2500	7,532	-3,00	8,187	7,631	0,554	3,2500	7,532	-3,00	3,2500	7,532	3,8591	8,136	0,613
19	-3,6848	8,338	0,652	3,2500	7,666	3,2500	7,666	-3,00	8,234	7,742	0,498	3,2500	7,666	-3,00	3,2500	7,666	3,8154	8,234	0,540
19+2.68	-3,7248	8,251	0,802	3,2500	7,451	3,2500	7,451	-3,00	7,998	7,542	0,456	3,2500	7,451	-3,00	3,2500	7,451	3,8711	8,216	0,763

Sistema topográfico 98 SE © 1998 - 2002 - Ponto Informático



Nota de Serviço de Terraplenagem: Acesso 2 - Terraplenagem  
 Data: 21/01/20 Hora: 14:24 - Página: 1  
 Projeto: - Local: -

Eixo	Lado Esquerdo										Eixo			Lado Direito					
	Ordem	Altura	Distância	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	%	Terraplo	Projeção	Volume	Distância	Coord. X	%	Distância	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z		
0	3,2287	5,03	0,400	3,0000	5,000	3,0000	5,000	-1,50	5,528	5,138	0,389	3,0000	5,000	-1,50	3,0000	5,000	3,3107	6,500	0,472
1	3,3107	5,51	0,400	3,0000	5,079	3,0000	5,079	-1,50	6,029	5,121	0,473	3,0000	5,079	-1,50	3,0000	5,079	3,4572	6,761	0,509
2	3,3351	5,603	0,504	3,0000	5,083	3,0000	5,083	-1,50	6,533	6,108	0,416	3,0000	5,083	-1,50	3,0000	5,083	3,4748	6,773	0,732
3	3,1874	5,367	0,281	3,0000	5,046	3,0000	5,046	-1,50	5,300	5,491	-0,239	3,0000	5,046	-1,50	3,0000	5,046	3,3194	6,624	0,470
4	3,3000	5,430	0,450	3,0000	5,030	3,0000	5,030	-1,50	5,401	6,677	0,414	3,0000	5,030	-1,50	3,0000	5,030	3,5054	6,700	0,758
5	-3,4273	5,053	0,541	3,0000	6,047	3,0000	6,047	-1,50	6,401	6,662	0,420	3,0000	6,047	-1,50	3,0000	6,047	3,2075	6,403	0,440
6+16.75	-3,0363	6,237	1,254	3,0000	5,004	3,0000	5,004	-1,50	6,324	6,854	0,774	3,0000	6,004	-1,50	3,0000	6,004	3,5059	3,2009	0,430
6	-3,7810	6,125	1,142	3,0000	4,697	3,0000	4,697	-1,50	6,619	6,667	0,377	3,0000	4,697	-1,50	3,0000	4,697	3,2071	6,383	0,386
7	-3,3862	5,900	0,554	3,0000	4,348	3,0000	4,348	-1,50	6,327	6,591	0,330	3,0000	4,348	-1,50	3,0000	4,348	3,3668	6,487	0,541
7+16.42	-3,3129	5,378	0,433	3,0000	4,601	3,0000	4,601	-1,50	6,281	4,960	0,331	3,0000	4,601	-1,50	3,0000	4,601	3,2093	6,330	0,400

Sistema topográfico 98 SE © 1998 - 2002 - Ponto Informático

