

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS PROURB / CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ARACOIABA
E ADUTORAS DE ARACOIABA E BATURITÉ

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

RHAR - 980610 - RE

CONSÓRCIO GEODINÂMICA COBA

FORTALEZA- CE
JUNHO DE 1997

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ARACOIABA
E ADUTORAS ARACOIABA E BATURITÉ

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

RHAR-970610-RE
Rev. 1

Lote 02324 - Prep Scan () Index ()
Projeto Nº 0217/A
Volume _____ / _____
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____



CONSÓRCIO GEODINÂMICA COBA

FORTALEZA
JULHO/97

0217/A

SUMÁRIO

1 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

2.1 - Parâmetros Meteorológicos

- 2.1.1 - Temperatura*
- 2.2.2 - Umidade Relativa do ar*
- 2.2.3 - Velocidade do Vento*
- 2.2.4 - Insolação*
- 2.2.5 - Nebulosidade*
- 2.2.6 - Evaporação*
- 2.2.7 - Evapotranspiração*

2.2 - Balanço Hídrico

2.3 - Classificação Climática

2.4 - Sinopse Climática

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

3.1 Postos Utilizados

3.2 Comportamento Pluviométrico

- 3.2.1 - A Nível Anual*
- 3.2.2 - A Nível Mensal*
- 3.2.3 - A Nível Diário*

3.3 - Pluviometria Média na Bacia

3.4 - Estudo de Chuvas Intensas

- 3.4.1 - Objetivo do Estudo*
- 3.4.2 - Metodologia Utilizada*
- 3.4.3 - Chuvas Intensas na Bacia*

4 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

4.1 - Dados Existentes

4.2 - Modelo Matemático Chuva-Deflúvio

- 4.2.1 - Introdução*
- 4.2.2 - Calibração do Modelo MODHAC*

4.3 - Volumes Mensais Afluentes

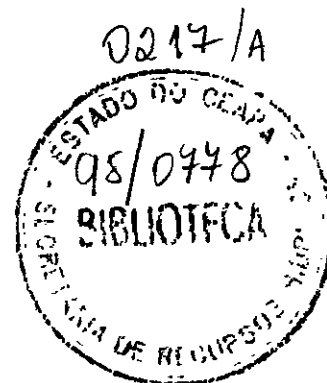
5 - ESTUDO DA CHEIA DE PROJETO

5.1 - Introdução

5.2 - Metodologia Utilizada

5.3 - Hidrograma Unitário Triangular do SCS

5.4 - Hidrograma das Cheias de Projeto



1 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

Utilizando as Cartas Topográficas da SUDENE, na escala 1 100 000, obteve-se, para a bacia hidrográfica do açude Aracoiaba, as seguintes características fisiográficas principais

- Localização do exutório no rio Aracoiaba
Latitude = 04°24'15" S (9 513 200mN)
Longitude = 38°41'49" W (533 650mE)
- Área de Drenagem 584,05 Km²
- Perímetro da Bacia 136,78 Km
- Coeficiente de Compacidade 1,60
- Coeficiente de Forma 0,13
- Declividade Média da Bacia 0,231 m/m
- Declividade Média da Parte Superior da Bacia (altitude > 200m) 0,3000 m/m
- Declividade Média da Parte Inferior da Bacia (altitude < 200m) 0,0769 m/m
- Declividade Média do Curso D'Água Principal 0,00361 m/m
- Declividade Média da Parte Superior do Curso D'Água Principal 0,0209 m/m
- Declividade Média da Parte Inferior do Curso D'Água Principal 0,0020 m/m
- Comprimento do Curso D'Água Principal 53,1 Km
- Ordem da Bacia, segundo o Método de Horton-Strahler, na escala de 1 100 000 4ª ordem
- Principal Afluente da Margem Esquerda Riachos Candeia e do Susto
- Principais Afluentes da Margem Direita Riachos Putiú e Macunã
- Açudes Existentes somente na margem direita do Rio Aracoiaba existe um pequeno açude digno de nota, qual seja o Açude Novo, no Riacho Macunã

Os coeficientes de compacidade e de forma da bacia, denunciam que a mesma possui forma razoavelmente irregular, conforme pode-se constatar no mapa da bacia do açude Aracoiaba (ver mapa na página seguinte)

Através da curva hipsométrica - vide Figura 1.1 - constata-se que a Bacia do Açude Aracoiaba possui cerca de 55% da área total acima da altitude de 200m, com uma declividade média de 0,231 m/m

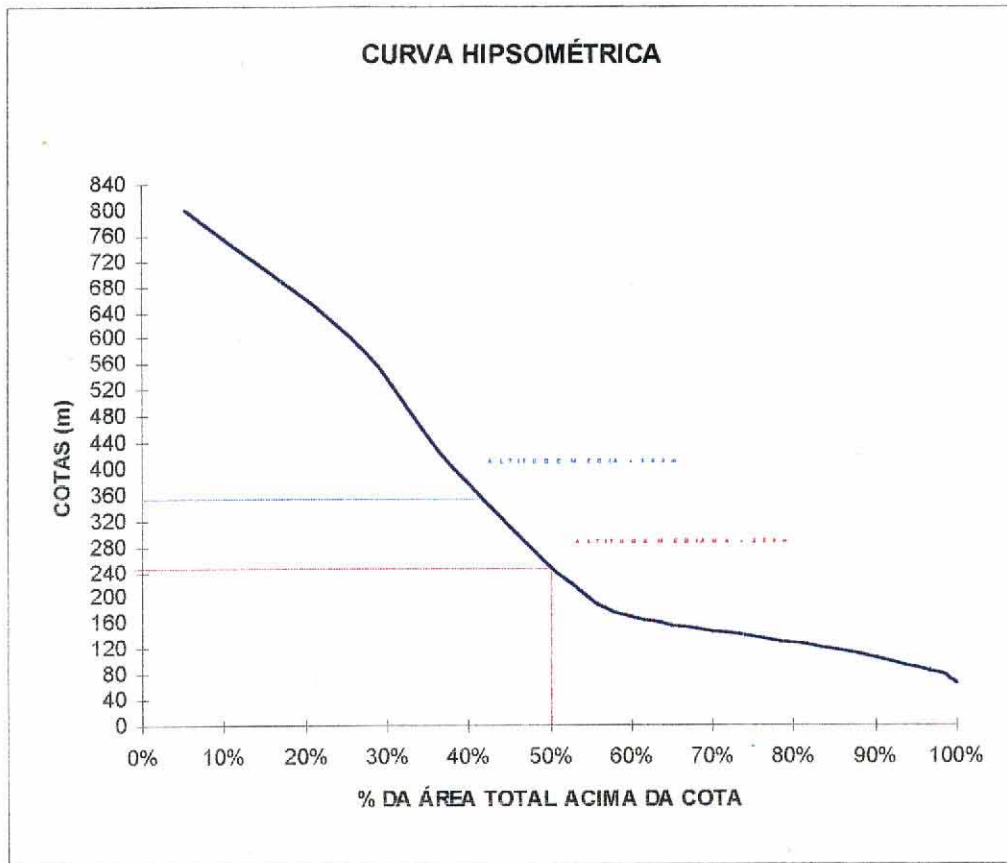


Figura 1.1 - Curva hipsométrica da bacia do açude Aracoiaba

Acima da altitude de 200m há presença de solos de média permeabilidade e de floresta típica da Mata Atlântica, apresentando pouco desmatamento. Nessa região há a presença de áreas de preservação ambiental do IBAMA, principalmente acima da altitude de 400m. Nessa região predominam os solos tipo podzólico vermelho-amarelo, principalmente acima da altitude de 400m.

Na região da bacia com altitudes superiores a 400m, além de vegetação típica da Mata Atlântica há a presença de áreas cultivadas com café e com fruticulturas, principalmente bananas.

Abaixo da altitude de 200m predominam solos de baixa permeabilidade, com cobertura vegetal razoavelmente esparsa e do tipo caatinga hiperxerófila. Essa região apresenta uma predominância de solos tipo podzólico vermelho-amarelo distrófico.

Na região abaixo da altitude de 200m predominam áreas desmatadas, com cultivo predominante de culturas de subsistência - milho e feijão. Nessa região, há, também, a presença de vegetação tipo caatinga arbustiva densa.

O retângulo equivalente da bacia hidrográfica do açude Aracoiaba é apresentado na Figura 1.2.

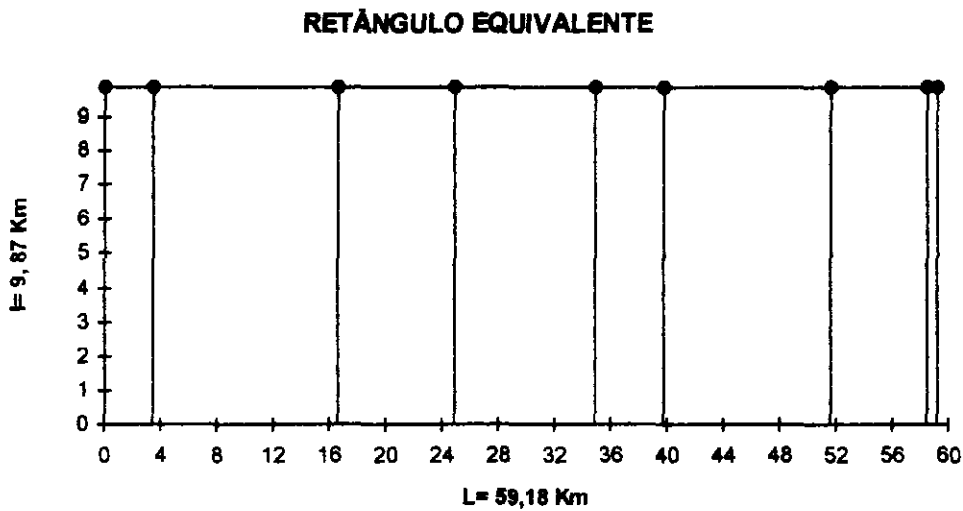


Figura 1 2 - Retângulo equivalente da bacia do açude Aracoiaba

Conforme mostrado na Figura 1 3, ao longo do rio Aracoiaba, rio a ser barrado pelo açude Aracoiaba, constata-se a grande diferença de declividade média acima e abaixo da altitude de 200m - aproximadamente 10 vezes maior que a parte mais baixa -, demonstrando a imensa importância de rigoroso controle de desmatamento nas cabeceiras do referido rio, evitando, consequentemente, futuros problemas de assoreamento no açude

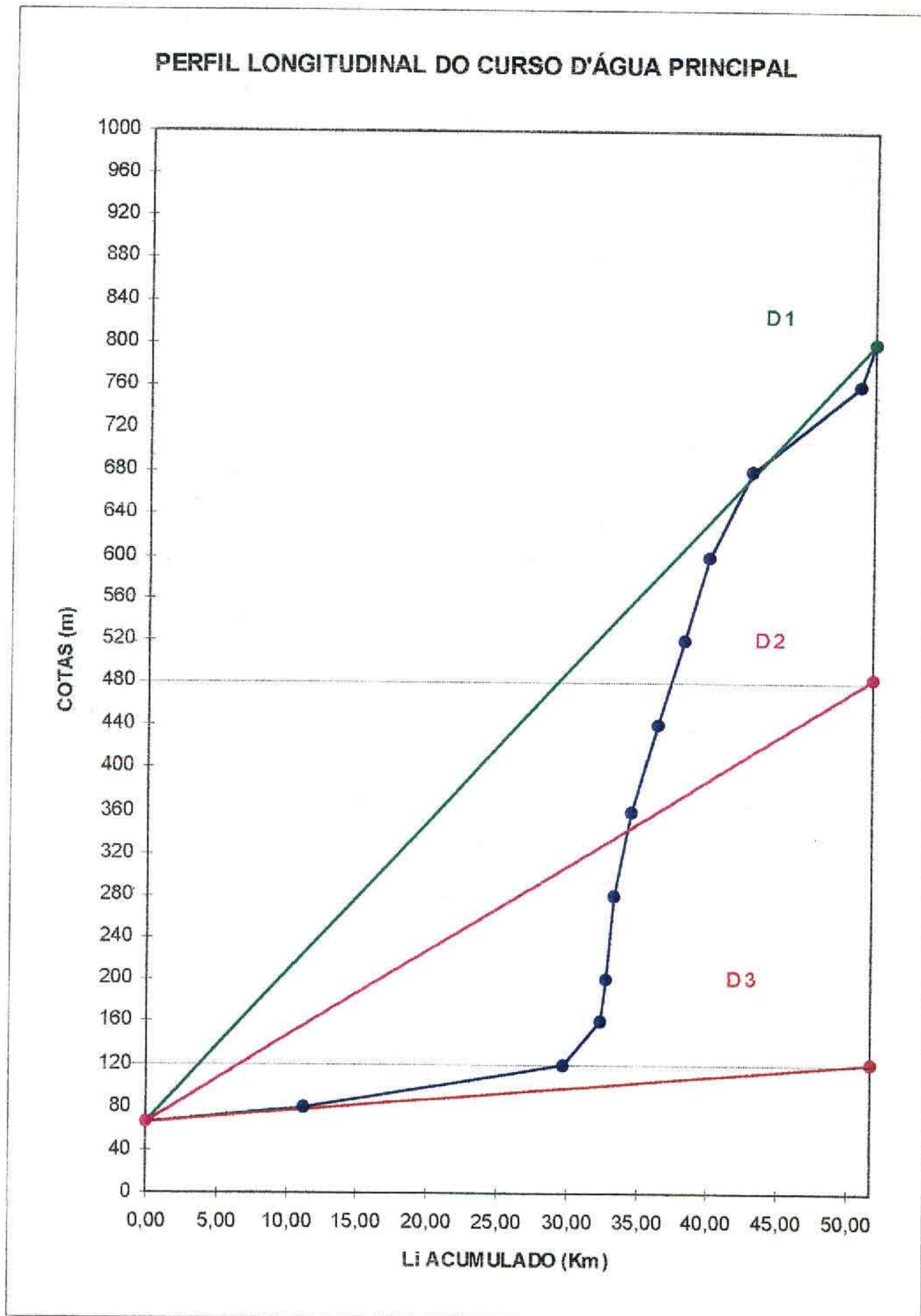


Figura 1.3 - Perfil longitudinal do rio Aracoiaba, na bacia do açude Aracoiaba, a partir da altitude de 65m.

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

2.1 - Parâmetros Climáticos

Na bacia do açude Aracoiaba somente existe a estação meteorológica Guaramiranga, no município homônimo, e que representa muito bem o comportamento climático da parte superior - 42% da área total da bacia

A parte inferior da bacia terá seu comportamento climático representado, com razoável aproximação, pela estação meteorológica de Fortaleza, em Fortaleza-Ce

Essas estações meteorológicas são operadas pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia -, o qual publicou em 1992 as normais climatológicas do período 1961-1990, fornecendo, portanto, valores médios dos diversos parâmetros meteorológicos das estações, utilizados no presente estudo

2.2 - Temperatura

Nas Tabelas 2.1 e 2.2 e nas Figuras 2.1 e 2.2, constata-se facilmente a grande diferença de comportamento climático entre as cabeceiras - representado pela estação Guaramiranga, e a parte baixa da bacia representado pela estação de Fortaleza. As temperaturas médias anuais apresentam diferença, variando em torno de 30%

Tabela 2.1 - Temperatura Média, Mínima Média, Máxima Média, Mínima Absoluta e Máxima Absoluta

Estação Meteorológica de Fortaleza

TEMPERATURA	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Média	27,3	26,9	26,5	26,5	26,4	26,0	25,8	26,2	26,7	27,2	27,3	27,5	26,7
Mínima Média	24,4	23,8	23,5	23,4	23,3	22,8	22,3	22,6	23,3	23,9	24,4	24,6	23,5
Máxima Média	30,6	30,2	29,7	29,8	30,0	29,7	29,7	30,2	30,4	30,8	30,9	31,0	30,3
Mínima Absoluta	22,1	21,8	22,1	21,9	21,9	21,3	20,8	21,0	21,7	22,2	22,7	23,0	21,9
Máxima Absoluta	32,1	31,8	31,3	31,2	31,2	30,0	31,1	31,1	31,1	32,0	31,9	32,3	31,4

Tabela 2.2 - Temperatura Média, Mínima Média, Máxima Média, Mínima Absoluta e Máxima Absoluta

Estação Meteorológica de Guaramiranga

TEMPERATURA	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Média	21,2	20,9	20,9	20,9	20,6	20,0	19,7	19,2	20,4	20,8	21,0	20,5	20,5
Mínima Média	17,8	18,2	19,1	18,3	18,1	18,8	16,3	16,1	16,9	17,5	17,8	18,9	17,8
Máxima Média	25,9	25,4	24,7	24,4	23,3	22,9	23,4	25,1	26,5	26,8	26,0	26,5	25,1
Mínima Absoluta	13,4	12,4	12,8	10,6	10,6	10,0	10,0	10,0	11,6	14,6	13,2	15,0	12,0
Máxima Absoluta	30,6	30,2	29,4	28,5	28,2	28,0	28,5	29,2	30,1	30,4	30,5	30,6	29,5

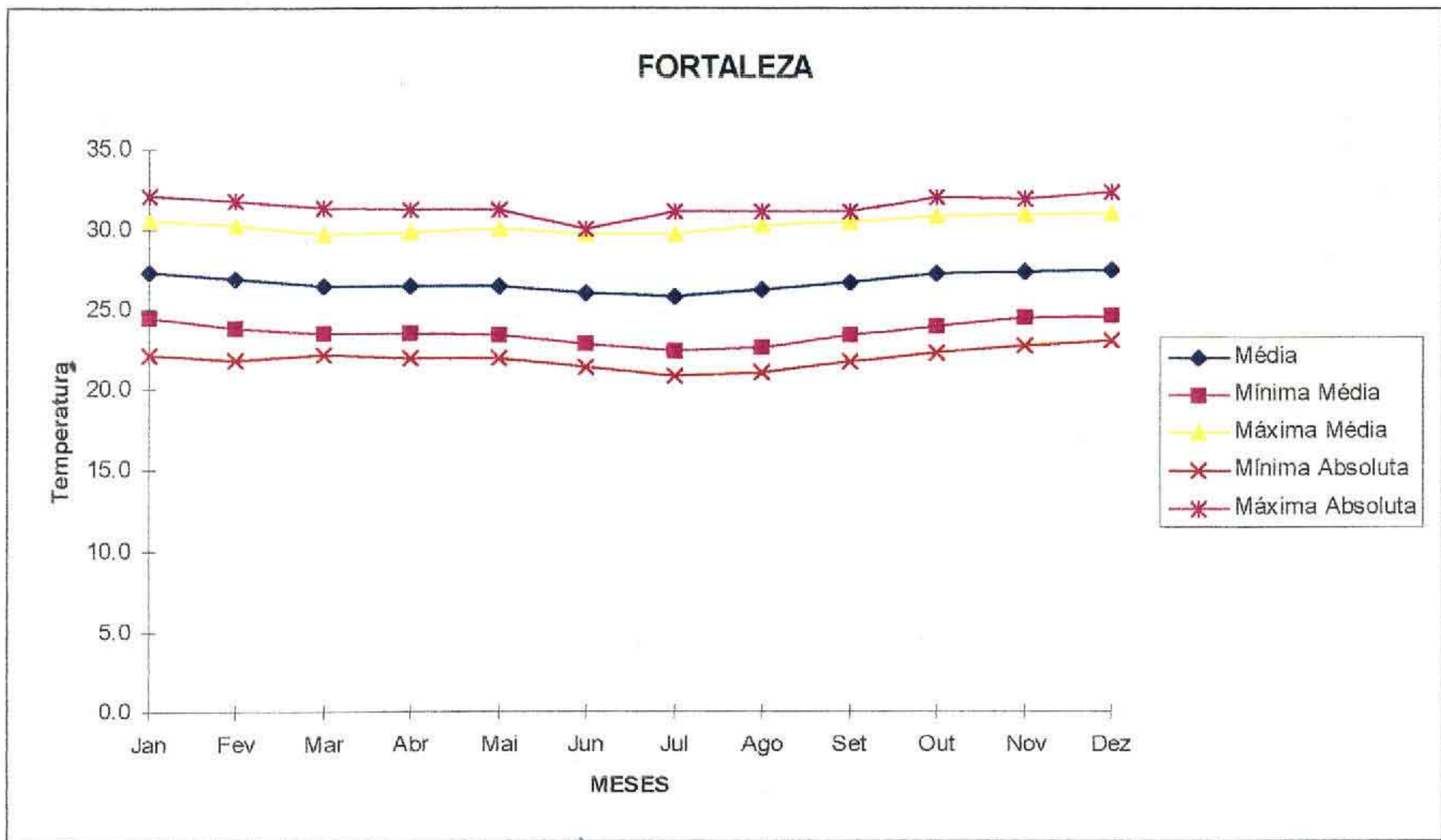


Figura 2.1 - Temperatura Média do ar para a parte baixa da bacia do açude Aracoiaba (altitude < 200m).

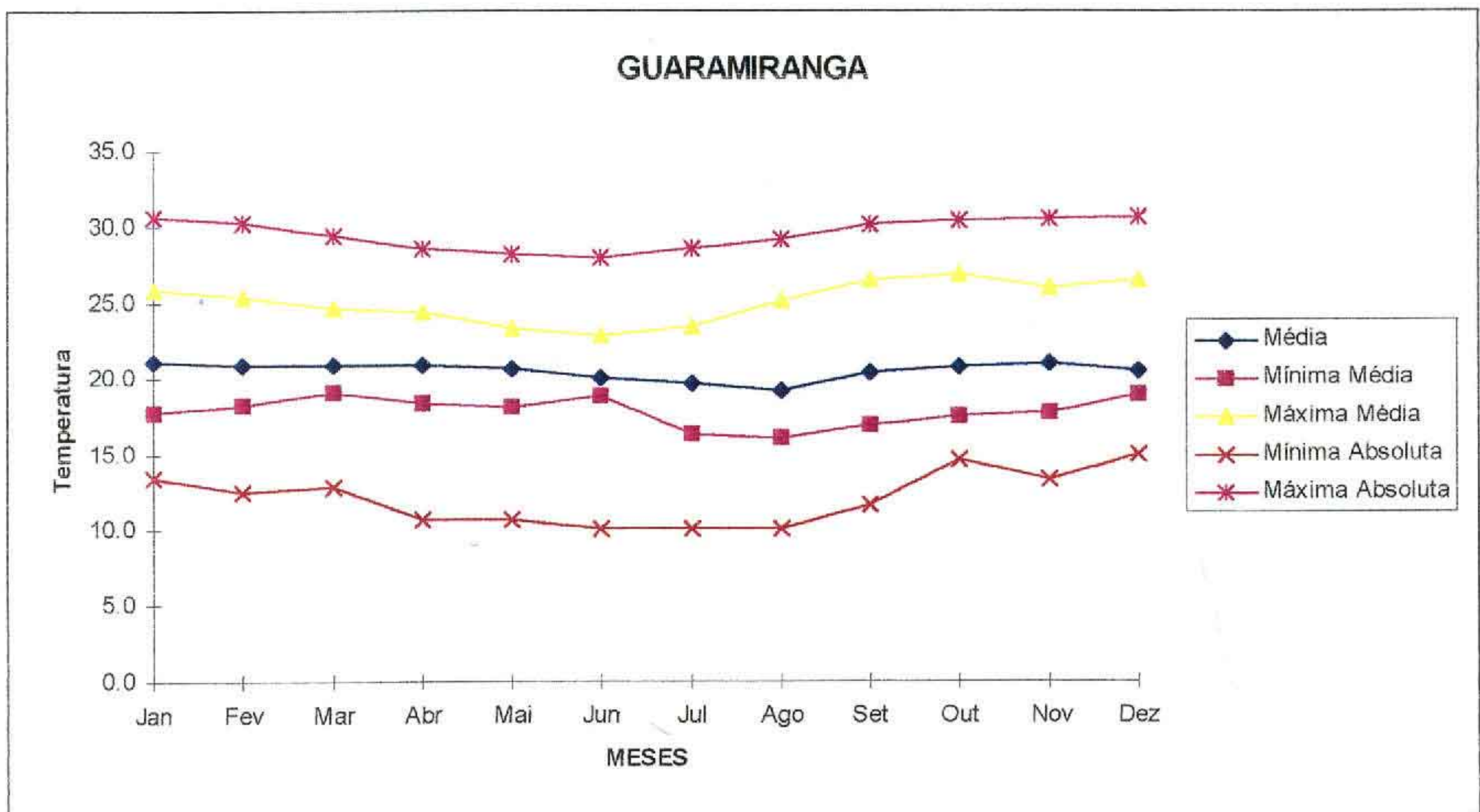


Figura 2.2 - Temperatura Média do ar para a parte alta da bacia do açude Aracoiaba (altitude > 200m).

2.1.2 - Umidade Relativa do Ar

Na Tabela 2.3 e na Figura 2.3, observa-se um maior teor de umidade do ar na estação Guaramiranga, o que é explicado pela presença de floresta nas cabeceiras da bacia.

Tabela 2.3 - Umidade Relativa do ar

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	79	81	85	85	84	82	80	75	73	74	74	76	79.0
Guaramiranga	82	88	90	89	81	87	85	80	78	83	79	77	83.3

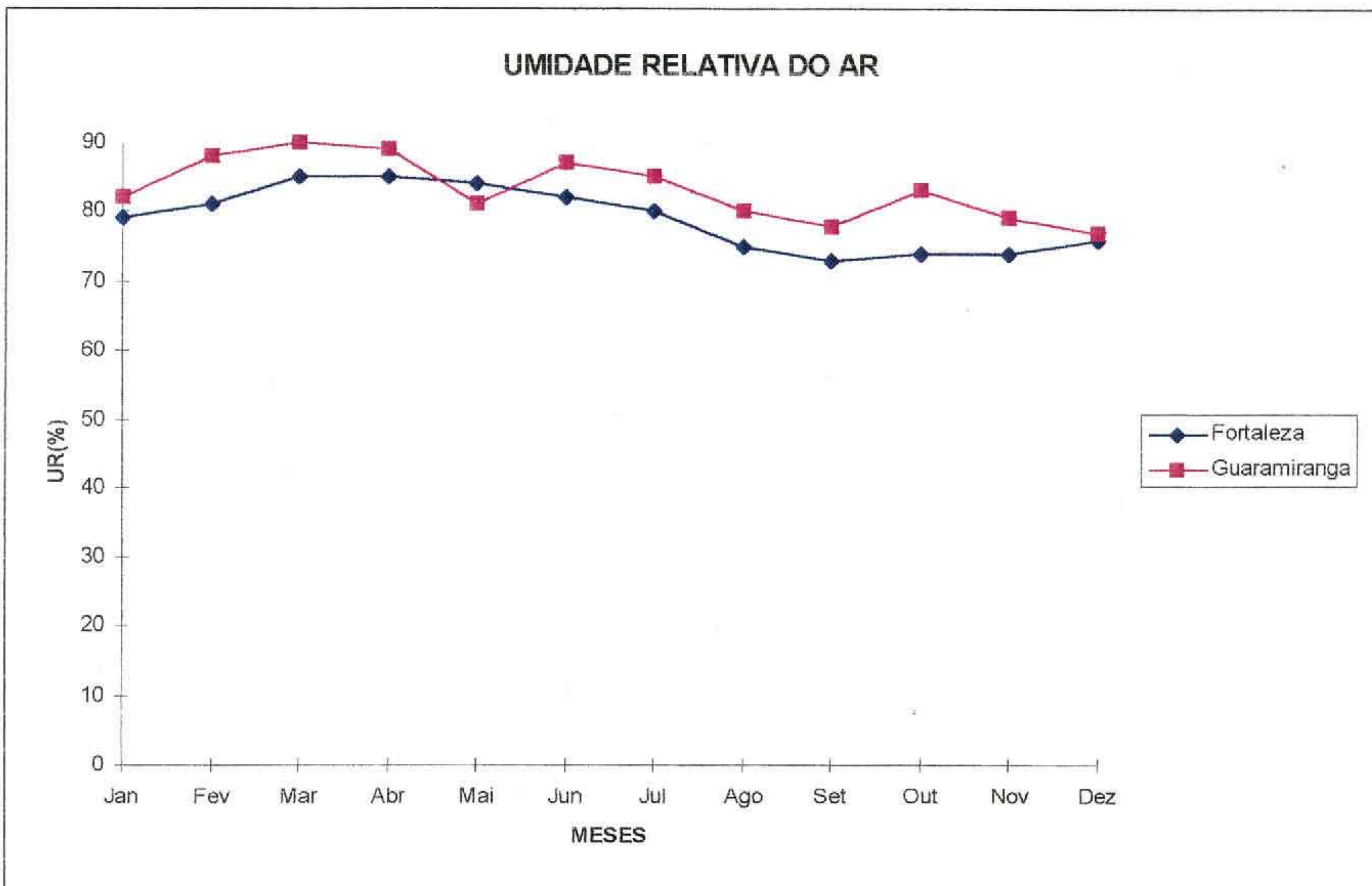


Figura 2.3 - Umidade relativa média do ar na bacia do açude Aracoiaba

2.1.3 - Velocidade do Vento

A velocidade do vento a altura de 2m, apresentados na Tabela 2.4 e na Figura 2.4, mostram que na parte alta da bacia estudada ocorre velocidades de vento menores que na parte baixa.

Tabela 2.4 - Velocidade Média do Vento

Posto	MESES												MÉDIA ANUAL
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	3.9	3.4	2.8	2.6	3.2	3.4	3.9	4.7	5.2	5.0	4.8	4.4	3.9
Guaramiranga	1.9	1.7	1.7	1.7	1.9	2.5	2.1	2.2	2.4	2.1	1.9	1.9	2.0

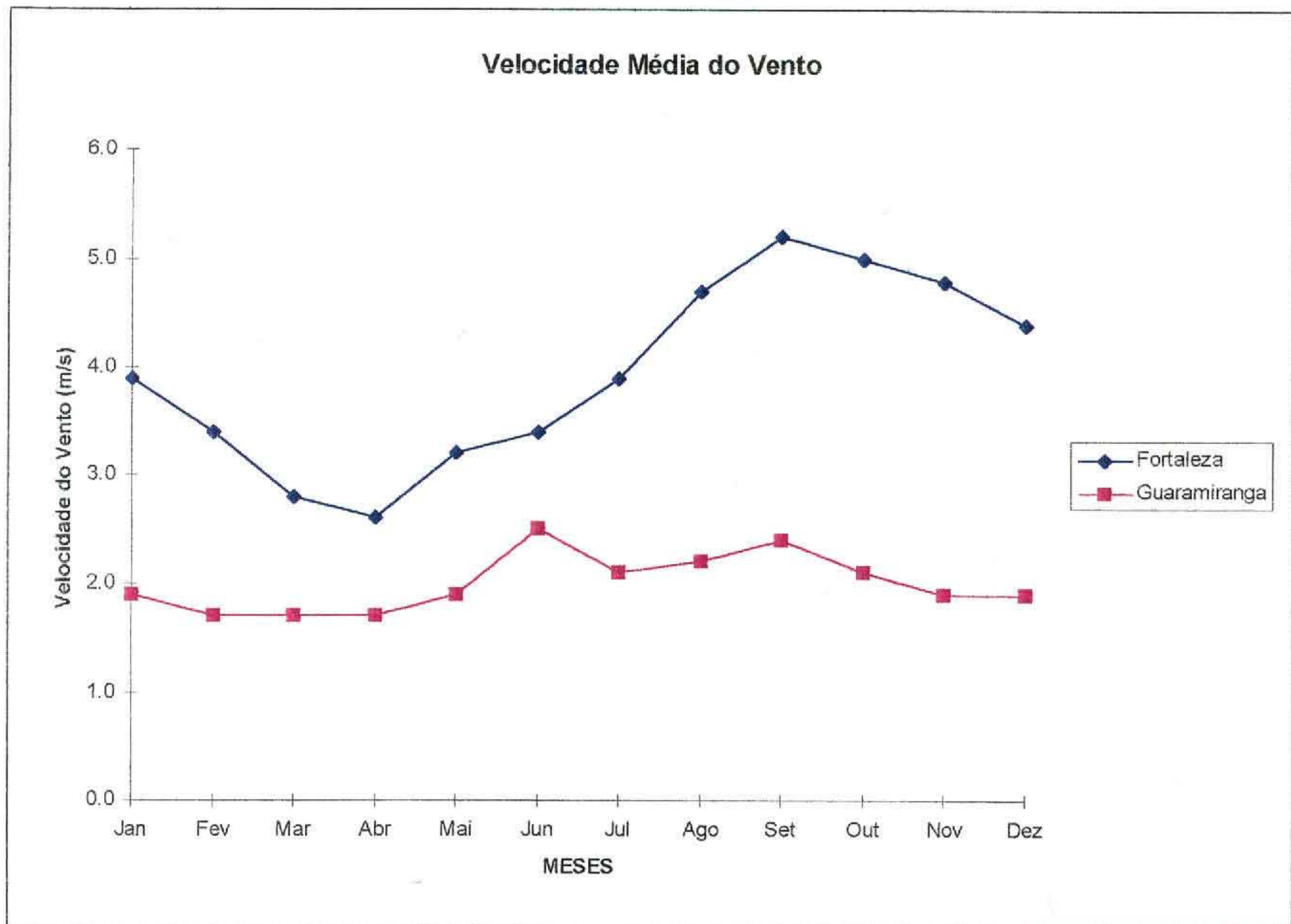


Figura 2.4 - Velocidade média do ar na bacia do açude Aracoiaba

2.1.4 - Insolação

Observa-se na Tabela 2.5 e na Figura 2.5, que a insolação na parte alta da bacia é 45% inferior à parte baixa, aqui representada pela estação de Fortaleza.

Tabela 2.5 - Insolação (Horas)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	223	173	152	154	203	229	257	285	274	282	277	259	2766.2
Guaramiranga	150	108	90.3	102	134	155	175	218	209	188	188	187	1903.4

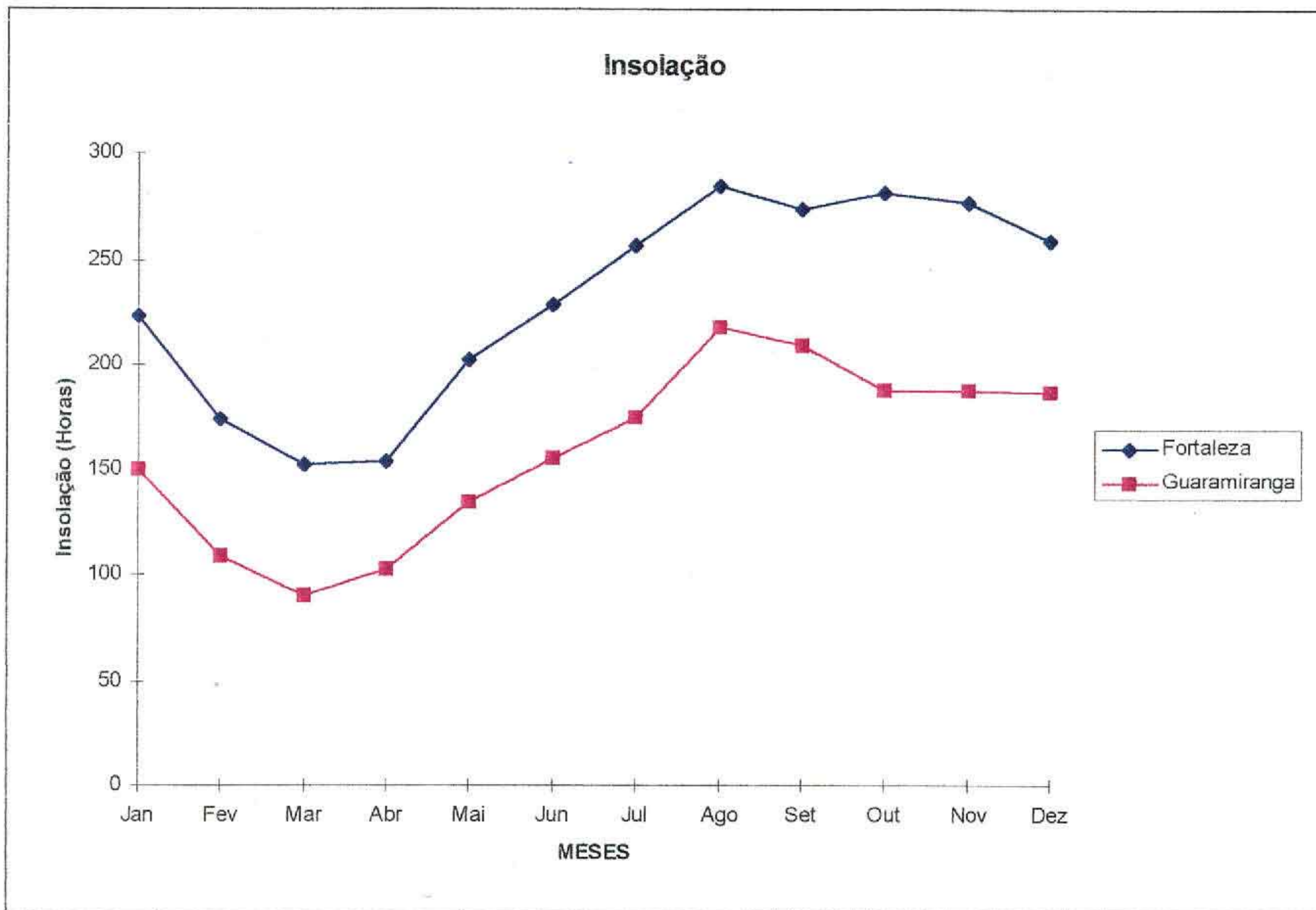


Figura 2.5 - Insolação média na bacia do açude Aracoiaba

2.1.5 - Nebulosidade

No que concerne à nebulosidade, a Tabela 2.6 e a Figura 2.6, demonstram claramente o efeito orográfico na bacia estudada.

Tabela 2.6 - Nebulosidade (0-10)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	5.8	6.3	6.7	6.3	5.8	4.9	4.6	3.8	4.0	4.3	4.7	5.0	5.2
Guaramiranga	7.0	7.0	8.0	8.0	7.0	7.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.6

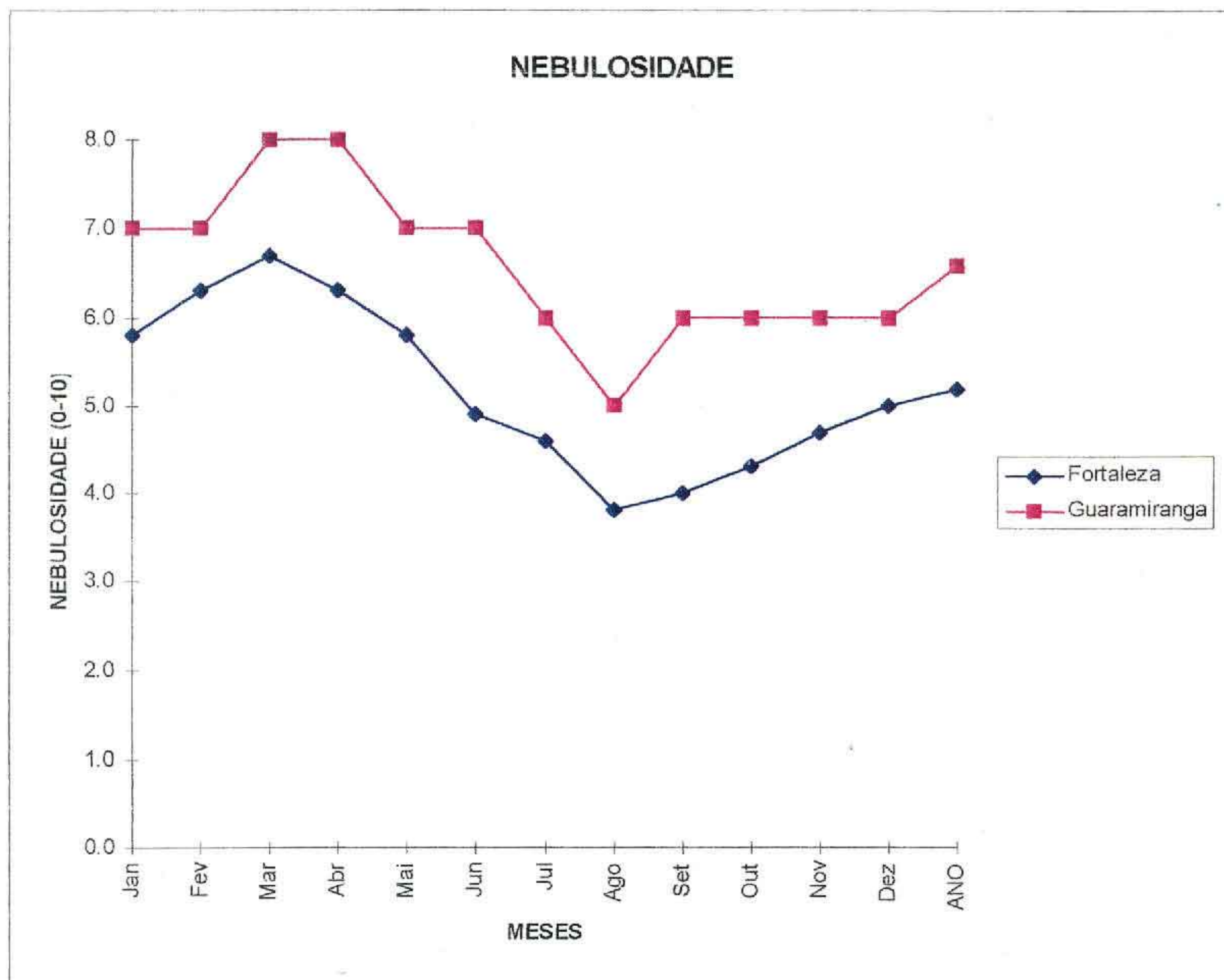


Figura 2.6 - Nebulosidade média na bacia do açude Aracoiaba

2.1.6 - Evaporação

A evaporação normalmente é medida pelos seguintes aparelhos: evaporímetro de Piché e evaporímetro Tanque Classe "A".

O evaporímetro de Piché mede apenas o poder evaporativo do ar, porquanto é instalado no abrigo meteorológico da estação e, conseqüentemente, ao abrigo de radiação solar e de fortes ventos. A Tabela 2.7 e a Figura 2.7 apresentam seus valores médios.

Tabela 2.7 - Evaporação de Piché (mm)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	129.9	98.7	75.3	69.8	80.4	96.5	116.9	157.1	164.3	178.5	167.2	151.7	1486.3
Guaramiranga	58.8	41	29.3	33.1	30.7	33.9	42.8	60.7	73.6	97.6	78.2	75	654.7

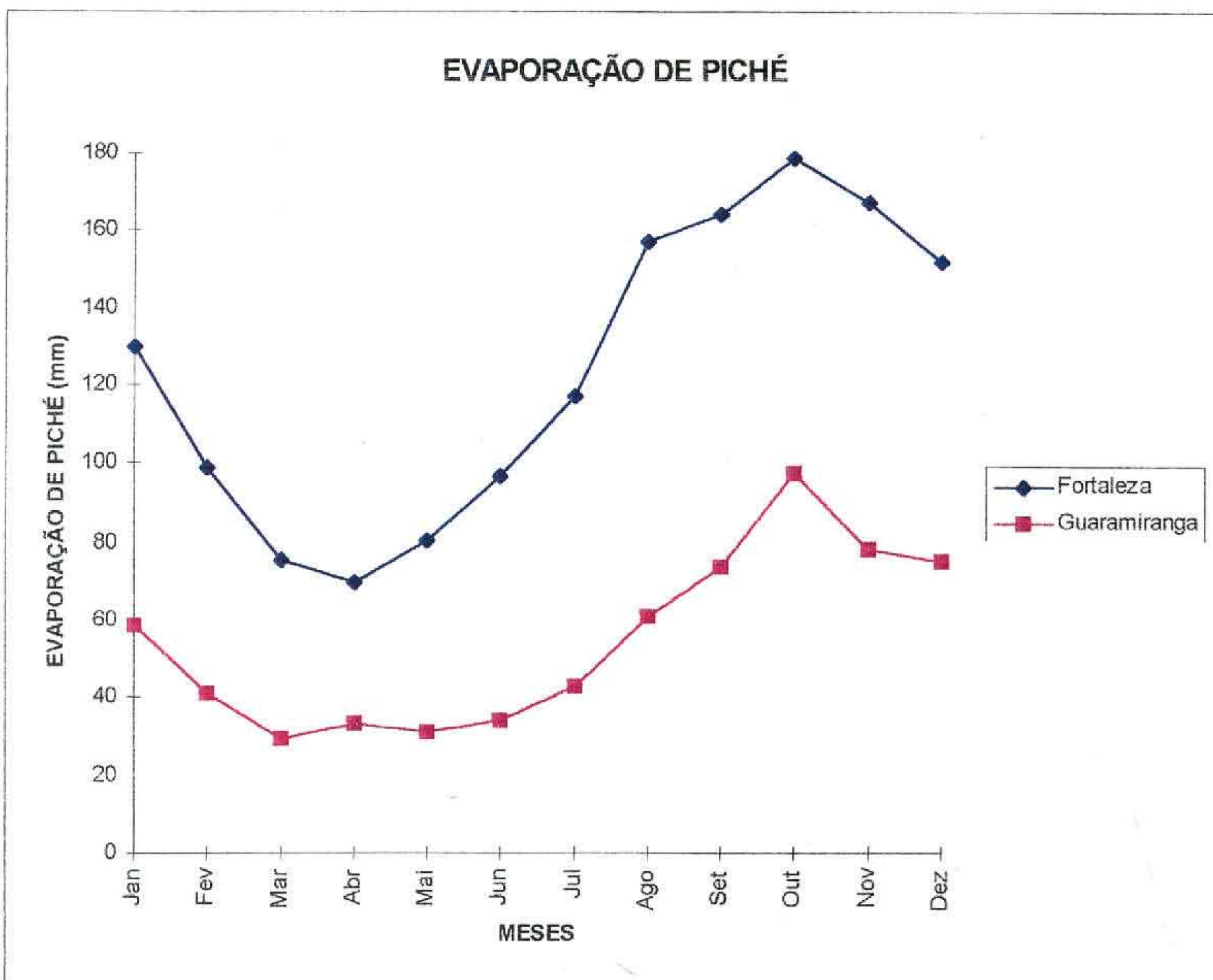


Figura 2.7 - Evaporação média de Piché na bacia do açude Aracoiaba

O Tanque Classe "A" mede a evaporação, porquanto exposto ao vento e à radiação solar. Esse aparelho, contudo, não fornece a evaporação real de lagos e açudes, medindo apenas o potencial evaporativo dos mesmos. No Estado do Ceará usa-se o coeficiente igual a 0,80 para estimar a evaporação dos açudes, a partir da evaporação do Tanque Classe "A" - conhecido como Coeficiente do Tanque Classe "A".

Na publicação do INMET - Normais Climatológicas (1961-1990) é apresentada a evaporação de Piché e não a do Tanque Classe "A". Como na referida publicação não está especificado o aparelho utilizado, é bastante possível sua utilização como sendo a evaporação do Tanque Classe "A", o que seria bastante lamentável, uma vez que a evaporação de Piché é bem inferior à do Tanque Classe "A".

Através da Tabela 2.8 e da Figura 2.8 observa-se que a evaporação da parte baixa da bacia é bastante superior àquela da sua parte alta.

Tabela 2.8 - Evaporação Tanque Classe "A" (mm)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	223.7	171.5	150.1	145.0	162.8	161.5	200.2	247.1	265.8	272.9	264.8	262.4	2527.8
Guaramiranga	118	82.4	63.3	71.5	61.7	68.2	79.7	104	137	182	146	140	1252.9

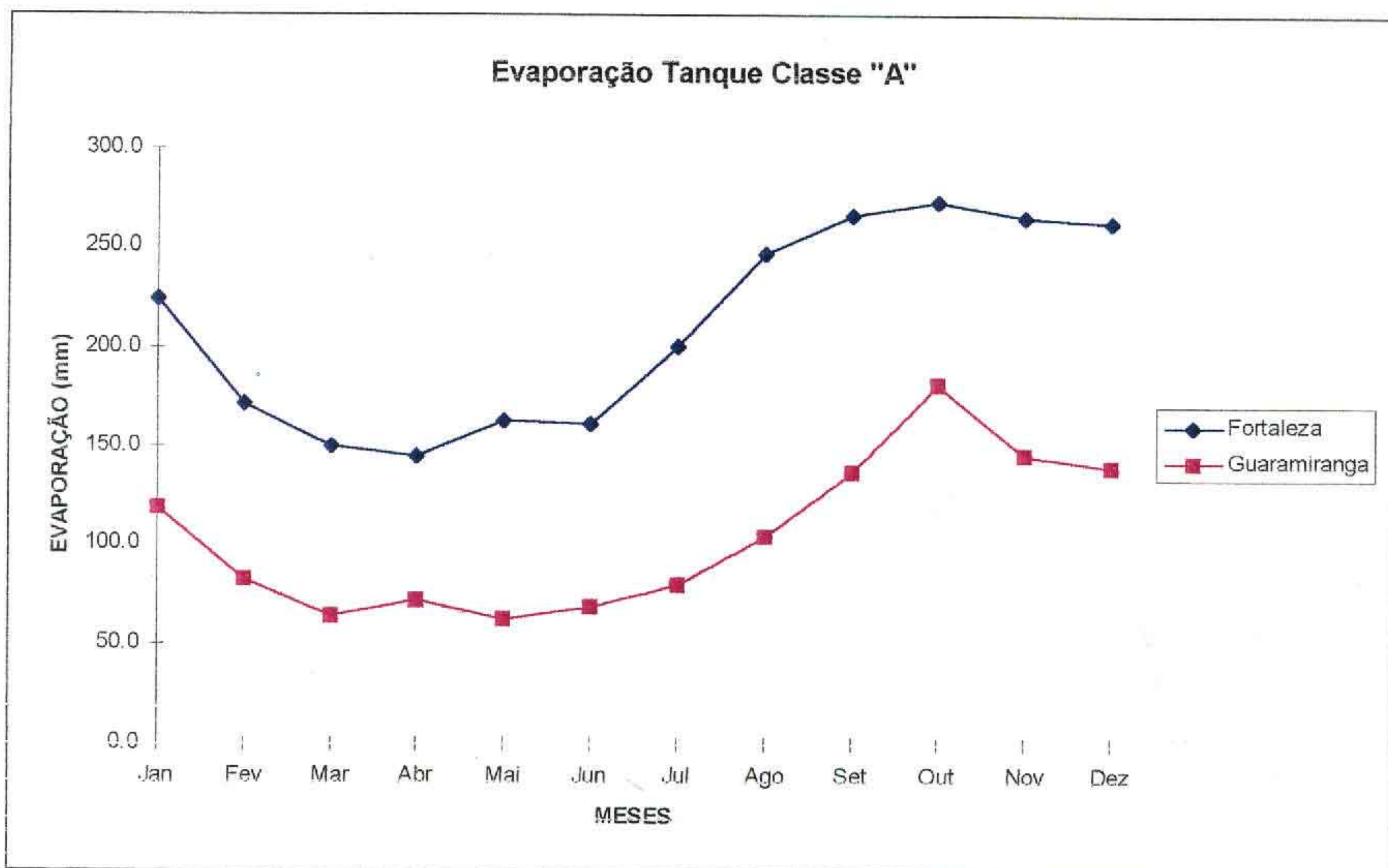


Figura 2.8 - Evaporação média do Tanque Classe "A" na bacia do açude Aracoiaba

2.1.7. Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial pode ser avaliada pelos métodos de Thornthwaite e de Hargreaves, sendo este o mais utilizado, pois foi desenvolvido no Nordeste brasileiro

Nas Tabelas e Figuras 2.9 e 2.10, observa-se que nas cabeceiras da bacia há menor evapotranspiração potencial que em sua parte baixa

Tabela 2.9 - Evapotranspiração Potencial em Fortaleza (mm)

Método	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Hargreaves	139.8	119.9	115.1	105.1	103.4	100.3	110.9	134.8	147.4	156.4	151.1	149.0	1533.2
Thornthwaite	157	133	138	133	135	123	123	131	136	153	151	160	1674.0

Tabela 2.10 - Evapotranspiração Potencial em Guaramiranga (mm)

Método	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Hargreaves	109.5	84.74	80.03	77.41	95.38	74.31	84.02	102.3	116.4	107.5	118	88.72	1138.3
Thornthwaite	87.01	75.54	82.7	79.52	79.09	71.38	71.61	67.81	75.35	82.61	82.2	80.74	935.5

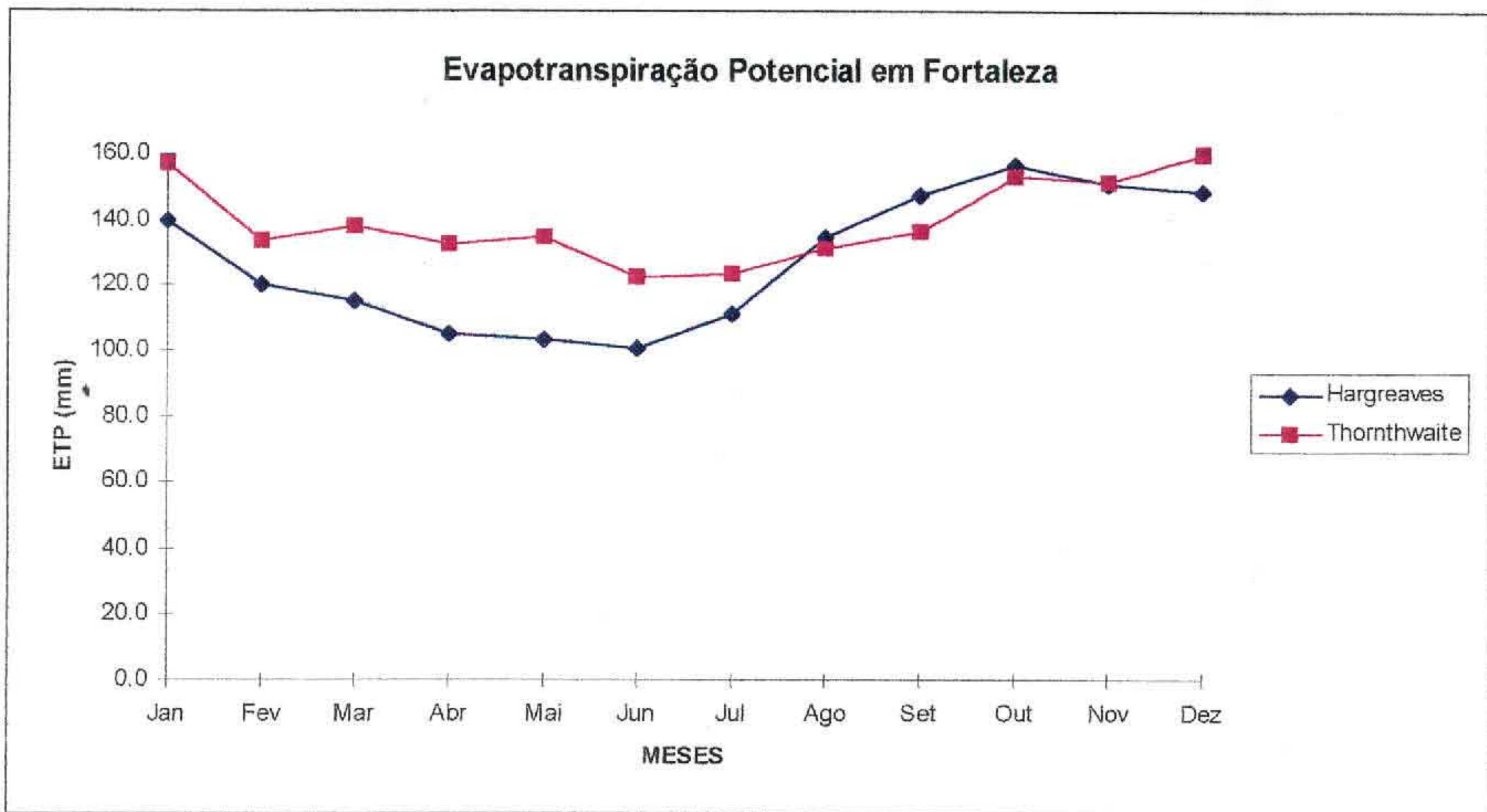


Figura 2.9 - Evapotranspiração potencial média de Thornthwaite e de Hargreaves, para a parte baixa da bacia do açude Aracoiaba (altitude < 200m).

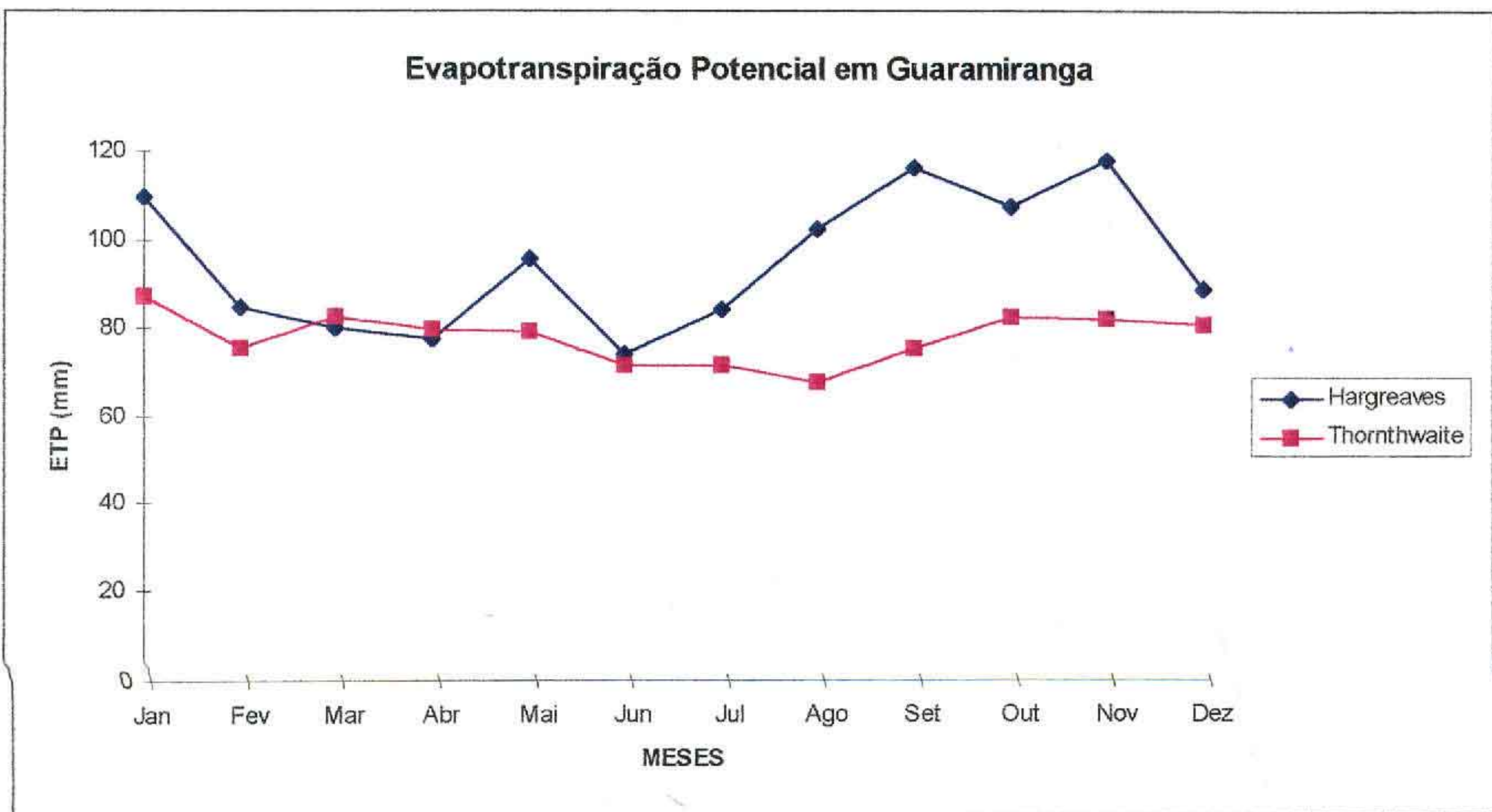


Figura 2.10 - Evapotranspiração potencial média de Thornthwaite e de Hargreaves, para a parte alta da bacia do açude Aracoiaba (altitude > 200m).

2.2 - Balanço Hídrico

A fim de possibilitar o conhecimento da necessidade de irrigação de qualquer bacia, utiliza-se normalmente o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather, o qual mostra os excessos e deficiências hídricas da bacia considerada

Além disso, o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather permite o cálculo de alguns índices, tornando possível a definição climática da bacia estudada

No verão - janeiro a março - e no outono - abril a junho - o balanço hídrico da bacia do açude Aracoiaba mostra que há substancial excesso hídrico, tanto na parte baixa quanto na parte alta da referida bacia, conforme constata-se facilmente nas Figuras 2 11 e 2 12, respectivamente

Através das Tabelas e Figuras 2 11 e 2 12, pode-se afirmar que, na parte alta da bacia do açude Aracoiaba, a necessidade de irrigação é apenas complementar, enquanto que em sua parte baixa, sem irrigação intensiva não há qualquer possibilidade de produção de alimentos

Tab. 2.11 BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTWHAITE & MATHER FORTALEZA

	Prec Media Mensal (mm)	ETP Thornthwaite (mm)	P-ETP (mm)	Negativo Acumulado (mm)	Armaz	Alteração do Armaz	ETR (mm)	Deficit (mm)	Excesso (mm)
Jan	116 4	157 0	-40 6	-669 6	0	0	116 4	40 6	0 0
Fev	201 5	133 4	68 1	0 0	68 1	68 1	133 4	0 0	0 0
Mar	346 7	138 0	208 7	0 0	100	31 9	138 0	0 0	176 8
Abr	338 1	132 6	205 5	0 0	100	0	132 6	0 0	205 5
Mai	238 7	134 7	104 0	0 0	100	0	134 7	0 0	104 0
Jun	174 1	122 5	51 6	0 0	100	0	122 5	0 0	51 6
Jul	100 8	123 5	-22 7	-22 7	79	-21	121 8	1 7	0 0
Ago	34 7	131 2	-96 5	-119 2	30 0	-49	83 7	47 5	0 0
Set	23 0	136 5	-113 5	-232 6	9 0	-21	44 0	92 5	0 0
Out	15 0	153 3	-138 3	-371 0	2 0	-7	22 0	131 3	0 0
Nov	12 6	151 4	-138 8	-509 8	1 0	-1	13 6	137 8	0 0
Dez	40 8	160 0	-119 2	-629 0	0 0	-1	41 8	118 2	0 0
ANO	1642.4	1674.0				0.0	1104.5	569.6	537.9

Tab. 2.12 - **BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITE & MATHER**
GUARAMIRANGA

	Prec. Média Mensal (mm)	ETP Thornthwaite (mm)	P-ETP (mm)	Negativo Acumulado (mm)	Armaz	Alteração do Armaz.	ETR (mm)	Deficit (mm)	Excesso (mm)
Jan	127.2	87.0	40.2	-40.2	100	76	87.0	0.0	0.0
Fev	180.0	75.5	104.5	0.0	100	0	75.5	0.0	104.5
Mar	288.3	82.7	205.6	0.0	100	0	82.7	0.0	205.6
Abr	270.1	79.5	190.6	0.0	100	0	79.5	0.0	190.6
Mai	236.2	79.1	157.1	0.0	100	0	79.1	0.0	157.1
Jun	192.5	71.4	121.1	0.0	100	0	71.4	0.0	121.1
Jul	132.8	71.6	61.2	0.0	100	0	71.6	0.0	61.2
Ago	61.6	67.8	-6.2	-6.2	94.0	-6	67.6	0.2	0.0
Set	42.5	75.3	-32.8	-39.0	67.0	-27	69.5	5.8	0.0
Out	43.0	82.6	-39.6	-78.6	44.0	-23	66.0	16.6	0.0
Nov	34.5	82.2	-47.7	-126.3	27.0	-17	51.5	30.7	0.0
Dez	65.5	80.7	-15.2	-141.5	24.0	-3	68.5	12.2	0.0
ANO	1674.2	935.5				0.0	869.9	65.6	840.1

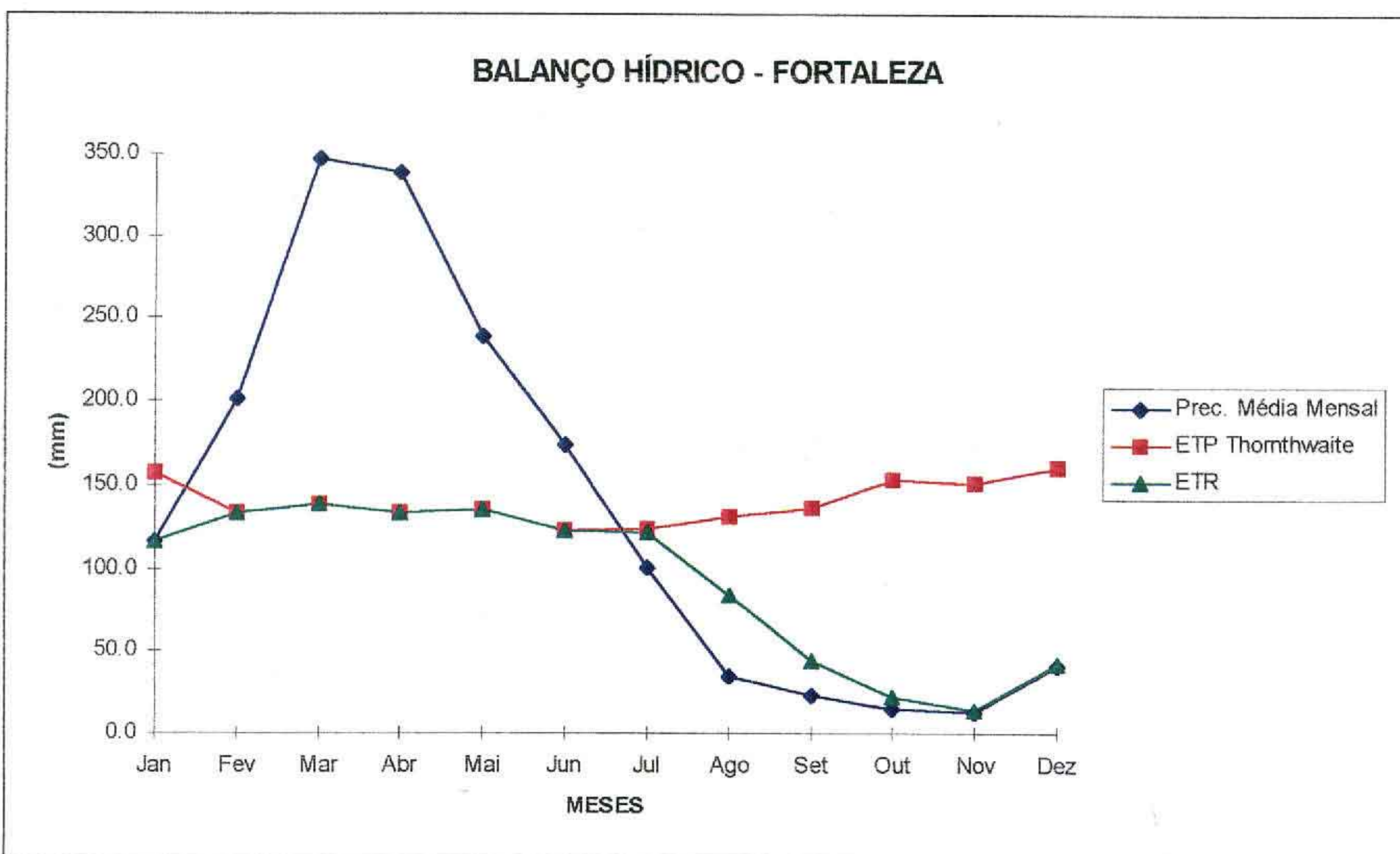


Figura 2.11 - Balanço hídrico de Thornthwaite e Mather, para a parte baixa da bacia do açude Aracoiaba (altitude < 200m).

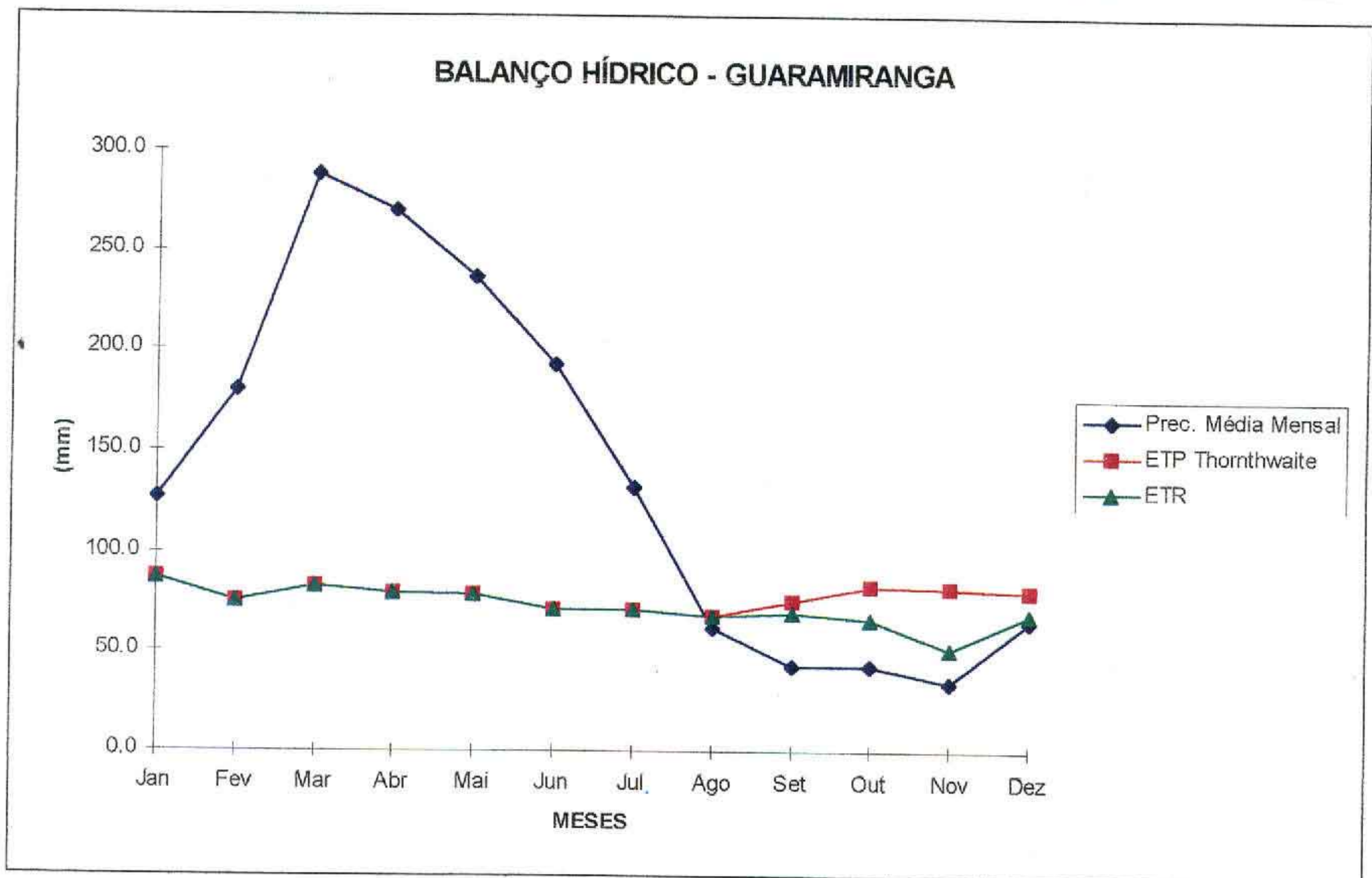


Figura 2.12 - Balanço hídrico de Thornthwaite e Mather, para a parte alta da bacia do açude Aracoiaba (altitude > 200m).

2.3 - Classificação Climática

A classificação climática, segundo a metodologia de Thornthwaite, baseia-se nos seguintes índices:

- Índice de Umidade, I_u (%), dado pela expressão:

$$I_u = 100 \times \text{EXC} / \text{ETP}, \quad \text{onde}$$

EXC = excesso hídrico do ano

ETP = evapotranspiração potencial

- Índice de Aridez, I_a (%), dado pela expressão:

$$I_a = 100 \times \text{DEF} / \text{ETP}, \quad \text{onde}$$

DEF = déficit hídrico do ano

ETP = evapotranspiração potencial

- Índice de Eficiência Térmica, I_{et} (mm), dado pela evapotranspiração anual média.

- Índice Efetivo de Umidade, $I_{eu}(\%)$. dado pela expressão

$$I_{eu} = I_u - 0,6 \times I_a$$

Para a bacia do açude Aracoiaba, obteve-se os seguintes valores para os índices descritos no parágrafo anterior

ÍNDICES E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICOS SEGUNDO THORNTHWAITE

Estação Meteorológica	Índices Climáticos				Classificação Climática de Thornthwaite
	$I_{eu}(\%)$	$I_a(\%)$	$I_{et}(\text{mm})$	$I_u(\%)$	
Fortaleza	11,7	34,0	1674,0	32,1	$C_2W_2A' a'$
Guaramiranga	85,6	7,0	935,5	89,8	$B_3rB'_3 a'$

Conforme a classificação climática de Thornthwaite, a parte alta da bacia possui clima úmida com pequena deficiência hídrica no inverno e primavera (julho a dezembro). mesotérmico apresentando pequena variação da evapotranspiração potencial ao longo do ano, enquanto que a parte baixa da bacia possui clima sub-úmido, com grande deficiência hídrica no inverno e primavera (julho a dezembro). megatermico, apresentando pequena variação da evapotranspiração potencial ao longo do ano

2.4 - Sinopse Climática

- Pluviometria anual média
 - Nas cabeceiras da bacia 1154,6mm
 - No centro da bacia 1098,4mm
 - No exutório da bacia 914,5mm
- Evaporação anual média de Piché
 - Na parte alta da bacia 654,7mm
 - Na parte baixa da bacia 1486,3mm
- Evaporação anual média do Tanque Classe "A"
 - Na parte alta da bacia 1252,9mm
 - Na parte baixa da bacia 2527,8mm
- Evapotranspiração potencial anual média de Thornthwaite
 - Na parte alta da bacia 935,5mm
 - Na parte baixa da bacia 1674,0mm
- Evapotranspiração potencial anual média de Hargreaves
 - Na parte alta da bacia 1138,3mm
 - Na parte baixa da bacia 1533,2mm

• Umidade relativa do ar média anual

- Na parte alta da bacia	83,3%
- Na parte baixa da bacia	79,0%

• Velocidade do vento média anual

- Na parte alta da bacia	2,0m/s
- Na parte baixa da bacia	3,9m/s

• Insolação média anual

- Na parte alta da bacia	1903,4 h
- Na parte baixa da bacia	2766,2 h

• Nebulosidade (0 - 10) média anual

- Na parte alta da bacia	6,6
- Na parte baixa da bacia	5,2

• Temperatura média anual do ar

Temperatura (°C)	Localização da bacia	
	Parte Alta	Parte Baixa
Máxima Absoluta	29,5	31,4
Média das Máximas	25,1	30,3
Média das Médias	20,5	26,7
Média das Mínimas	17,8	23,5
Mínima Absoluta	12,0	21,9

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

3.1 - Postos Utilizados

Uma análise detalhada das informações pluviométricas existentes resultou nos postos pluviométricos apresentados na Tabela 3.1, onde são mostradas suas principais características

Tab. 3.1 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS

Nº de ordem	CÓDIGO	NOME DO POSTO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	DATA DE INSTALAÇÃO
				LATITUDE	LONGITUDE		
1	2881895	Aratuba	Aratuba	04° 25'	39° 02'	600	10/1935
2	2882415	Pacoti	Pacoti	04° 13'	38° 56'	800	10/1913
3	2882458	Acarape	Redenção	04° 13'	38° 43'	76	01/1912
4	2882601	Mulungu	Mulungu	04° 18'	39° 00'	1050	05/1916
5	2882626	Baturité	Baturité	04° 20'	38° 53'	123	10/1911
6	2882648	Antônio Diogo	Redenção	04° 19'	38° 46'	171	01/1922
7	2882735	Aracoiaba	Aracoiaba	04° 22'	38° 50'	101	01/1913
8	2882862	Vazantes	Aracoiaba	04° 25'	38° 42'	50	01/1932

Os dados dos postos pluviométricos existentes foram obtidos junto ao PERH¹ e, portanto, já devidamente consistidos e homogeneizados

Nos anexos 3 A e 3 B, podem ser observados tanto as disponibilidades de dados, quanto os totais de chuvas anuais dos postos pluviométricos utilizados, respectivamente

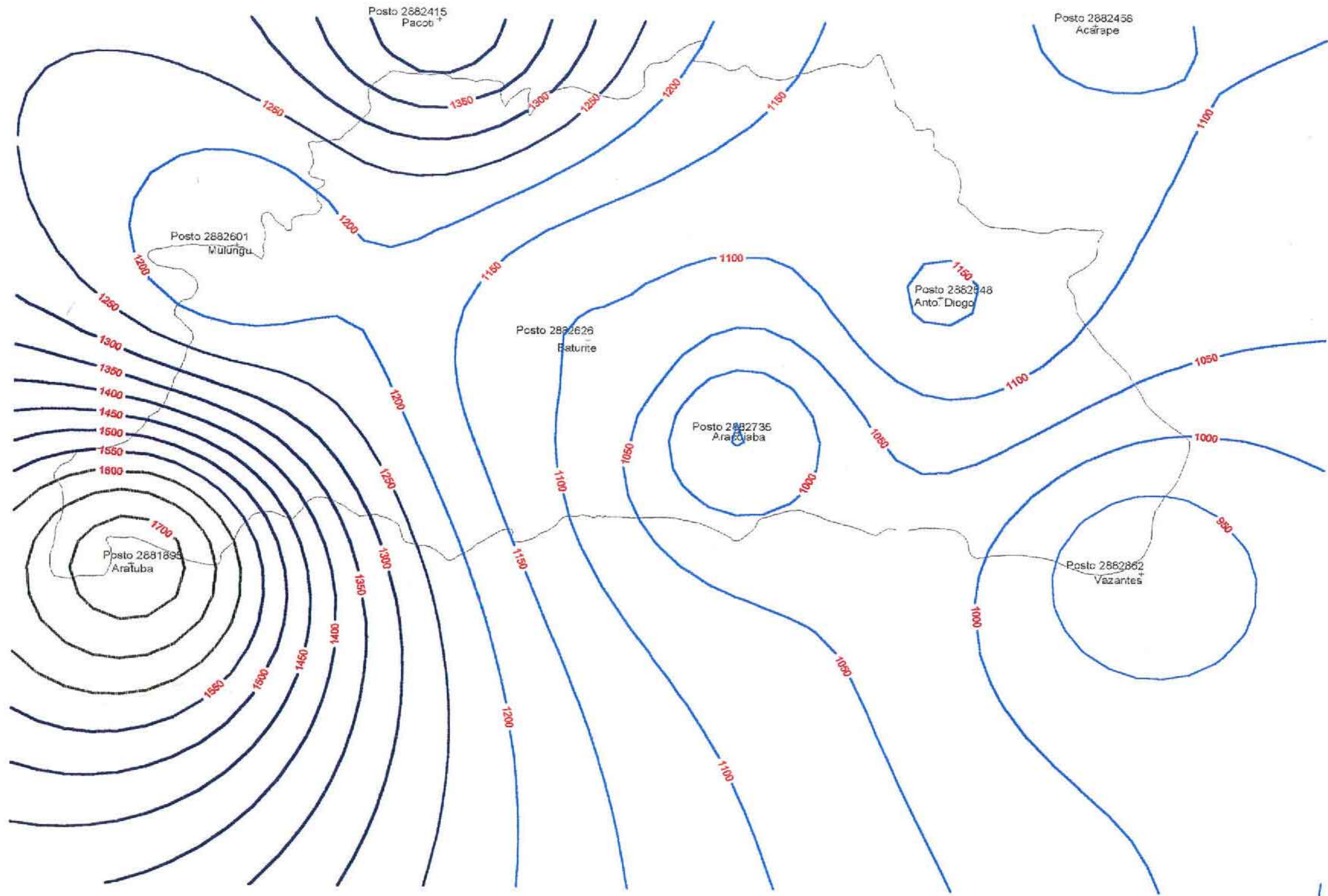
3.2 - Comportamento Pluviométrico

3.2.1 - A Nível Anual

Através das Figuras 3.1 e 3.2, são mostradas as isoietas e CV's anuais da bacia do açude Aracoiaba, os quais demonstram a razoável variabilidade espacial da pluviometria na referida bacia

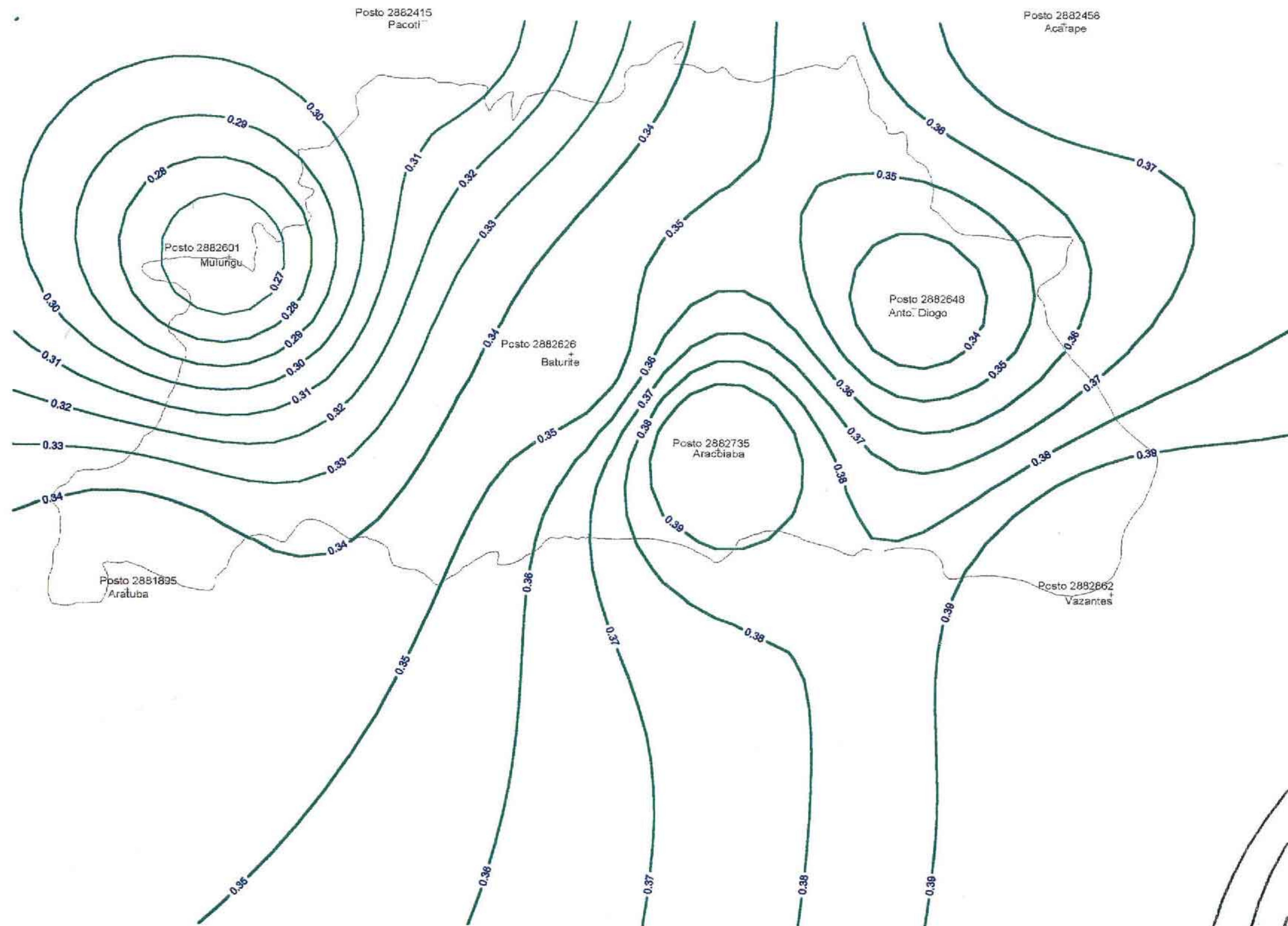
¹ CEARA. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 1992. 4v. v. 2. Estudos de Base I.

Figura 3.1: Isoietas anuais médias da bacia do açude Aracoiaba



000024

Figura 3.2 Iso - CV's da bacia do açude Aracoiaba



000025

3 2 2 - A Nível Mensal

Na Tabela 3 2, apresentam-se os principais e mais importantes parâmetros estatísticos de todos os postos selecionados

Analisando os parâmetros estatísticos dos postos selecionados, constata-se a grande irregularidade pluviométrica na bacia do açude Aracoiaba

Escolhendo os postos Vazantes (Aracoiaba), Baturité (Baturité) e Mulungu (Mulungu), para representarem o comportamento pluviométrico da parte mais elevada, mediana e mais baixa da bacia, respectivamente, conclui-se o seguinte

- o bimestre mais chuvoso na bacia é o de março e abril, com 44,4% da chuva anual.
- o trimestre mais chuvoso na bacia é o de março a maio, o qual apresenta um percentual de 60% da chuva anual, e
- o quadrimestre mais chuvoso é o de fevereiro a maio, correspondendo a 73,3% da chuva anual

As conclusões acima mencionadas podem ser melhor observadas por intermédio das Figuras 3 3, 3 4, e 3 5

Tabela 3.2 - Principais Parâmetros Estatísticos dos Postos Utilizados

POSTO		Parâmetros Estatísticos													
Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2881895	Aratuba	Media	112 3	182 8	305 5	349 9	297 8	180 5	111 9	32 5	17 6	21 3	23 6	57 0	1736,5
		D P	98 9	132 0	144 7	198 2	180 5	133 9	101 2	39 8	21 6	33 9	26 3	57 1	601,9
		C V	0 88	0 72	0 47	0 57	0 61	0 74	0 90	1 23	1 23	1 59	1 11	1 00	0,35
		Ass	1 50	1 41	1 03	1 53	0 85	0 98	1 40	2 12	1 68	3 93	2 44	2 00	0,51
		Curt	2 21	1 80	1 18	3 85	0 27	0 71	2 55	5 23	2 96	19 2	8 40	5 64	-0,14

POSTO		Parâmetros Estatísticos													
Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882415	Pacoti	Media	121 9	185 2	300 4	274 9	212 9	133 5	88 3	38 8	30 1	32 8	33 6	53 5	1433,7
		D P	79 4	115 2	136 2	123 9	104 5	77 9	62 0	36 1	30 8	28 4	30 6	43 1	433,5
		C V	0 65	0 62	0 45	0 45	0 49	0 58	0 70	0 93	1 02	0 87	0 91	0 81	0,30
		Ass	1 44	0 70	0 25	1 37	0 52	0 71	0 52	0 90	0 99	0 74	1 92	1 59	0,22
		Curt	2 82	-0 49	0 00	2 20	0 34	0 24	-0 75	0 48	0 15	-0 24	4 33	3 04	-0,17

POSTO		Parâmetros Estatísticos													
Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882458	Acarape	Media	83 2	165 6	273 0	245 7	149 7	71 4	25 6	7 9	6 0	7 3	9 9	31 8	1096,6
		D P	80 6	117 5	114 7	101 5	93 5	64 1	32 7	13 0	10 5	13 6	16 1	35 7	413,0
		C V	0 97	0 71	0 42	0 41	0 62	0 90	1 28	1 64	1 75	1 88	1 63	1 12	0,38
		Ass	2 02	0 88	0 02	-0 22	0 67	1 36	1 81	2 40	3 24	2 95	2 37	1 40	0,42
		Curt	5 31	0 16	-0 66	-0 41	-0 33	1 58	3 40	6 75	13 2	9 82	6 16	1 27	-0,11

**CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA**

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882601	Mulungu	Media	83 8	141 5	222 5	247 6	180 4	106 5	55 7	27 0	11 9	14 2	13 7	33 5	1154.6
		D P	69 1	87 5	88 7	97 0	88 9	75 5	48 9	26 0	17 8	19 2	18 8	35 7	305.6
		C V	0 82	0 62	0 40	0 39	0 49	0 71	0 88	0 96	1 50	1 36	1 37	1 07	0.26
		Ass	1 52	1 00	0 16	0 48	0 59	0 88	1 19	1 10	1 92	2 03	2 63	2 91	1.07
		Curt	2 58	2 22	0 23	-0 10	-0 22	-0 30	1 62	0 80	3 48	4 84	9 81	13 1	1.44

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882626	Baturite	Media	91 1	150 7	247 1	215 8	172 3	86 9	40 6	13 8	9 3	12 8	15 3	34 1	1098.4
		D P	77 4	99 3	103 5	101 1	95 4	69 4	45 0	26 1	16 7	17 4	21 1	38 0	375.7
		C V	0 85	0 66	0 42	0 47	0 55	0 80	1 11	1 90	1 78	1 35	1 38	1 11	0.34
		Ass	1 63	0 64	0 08	0 10	0 08	1 29	2 09	4 22	2 98	2 49	2 34	1 89	0.12
		Curt	2 67	-0 52	-0 31	-0 01	-0 92	1 15	5 02	22 9	10 9	8 25	6 01	3 87	-0.07

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882648	Antônio Diogo	Media	78 4	172 1	268 8	259 8	170 4	88 1	51 5	10 5	12 6	9 9	13 6	30 5	1156.6
		D P	75 9	125 7	114 1	126 5	103 8	65 5	46 4	15 0	18 0	13 7	18 4	34 5	384.3
		C V	0 97	0 73	0 42	0 49	0 61	0 74	0 90	1 43	1 43	1 38	1 36	1 13	0.33
		Ass	2 09	0 90	0 24	0 46	0 45	0 81	0 87	1 50	1 81	1 93	2 89	1 61	0.41
		Curt	4 72	-0 09	-0 82	0 04	-0 38	-0 39	-0 36	1 33	3 08	3 71	10 9	2 40	-0.48

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882735	Aracoiab	Media	72 7	138 6	218 8	222 8	168 8	78 9	31 6	4 6	2 6	3 0	9 4	23 0	946.6
		D P	67 9	91 0	113 1	144 3	107 5	63 6	46 5	8 5	4 9	5 8	17 6	31 1	384.7
		C V	0 93	0 66	0 52	0 65	0 64	0 81	1 47	1 85	1 91	1 92	1 89	1 35	0.41
		Ass	1 79	0 92	1 00	1 83	0 45	1 08	1 96	2 13	1 89	2 24	2 23	1 52	0.70
		Curt	3 45	0 61	2 20	5 26	-0 57	1 11	3 40	4 08	2 37	4 82	4 39	1 56	-0.23

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2882862	Vazantes	Media	70 2	131 8	235 4	208 8	134 6	59 8	25 7	5 5	3 0	6 8	7 6	23 0	914.5
		D P	69 9	91 5	105 2	110 8	97 6	56 3	36 1	10 3	5 7	14 8	18 8	26 3	374.9
		C V	1 00	0 69	0 45	0 53	0 73	0 94	1 40	1 86	1 90	2 19	2 46	1 15	0.41
		Ass	2 07	0 65	0 21	0 50	0 50	1 34	1 87	2 69	2 66	4 60	5 28	1 46	0.77
		Curt	6 15	-0 07	-0 23	-0 32	-0 95	1 24	2 81	8 14	7 33	25 75	32 4	1 36	0.72

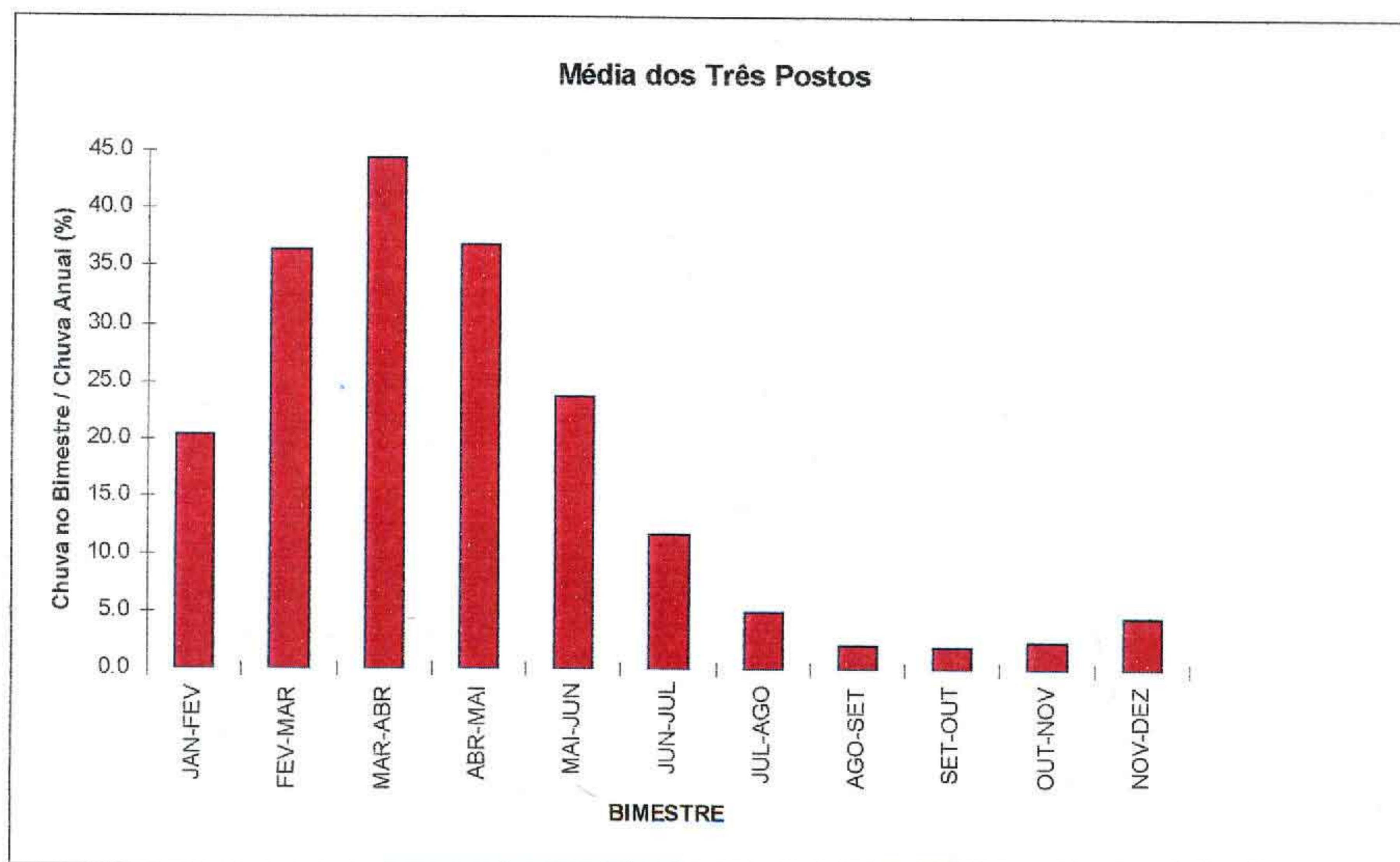
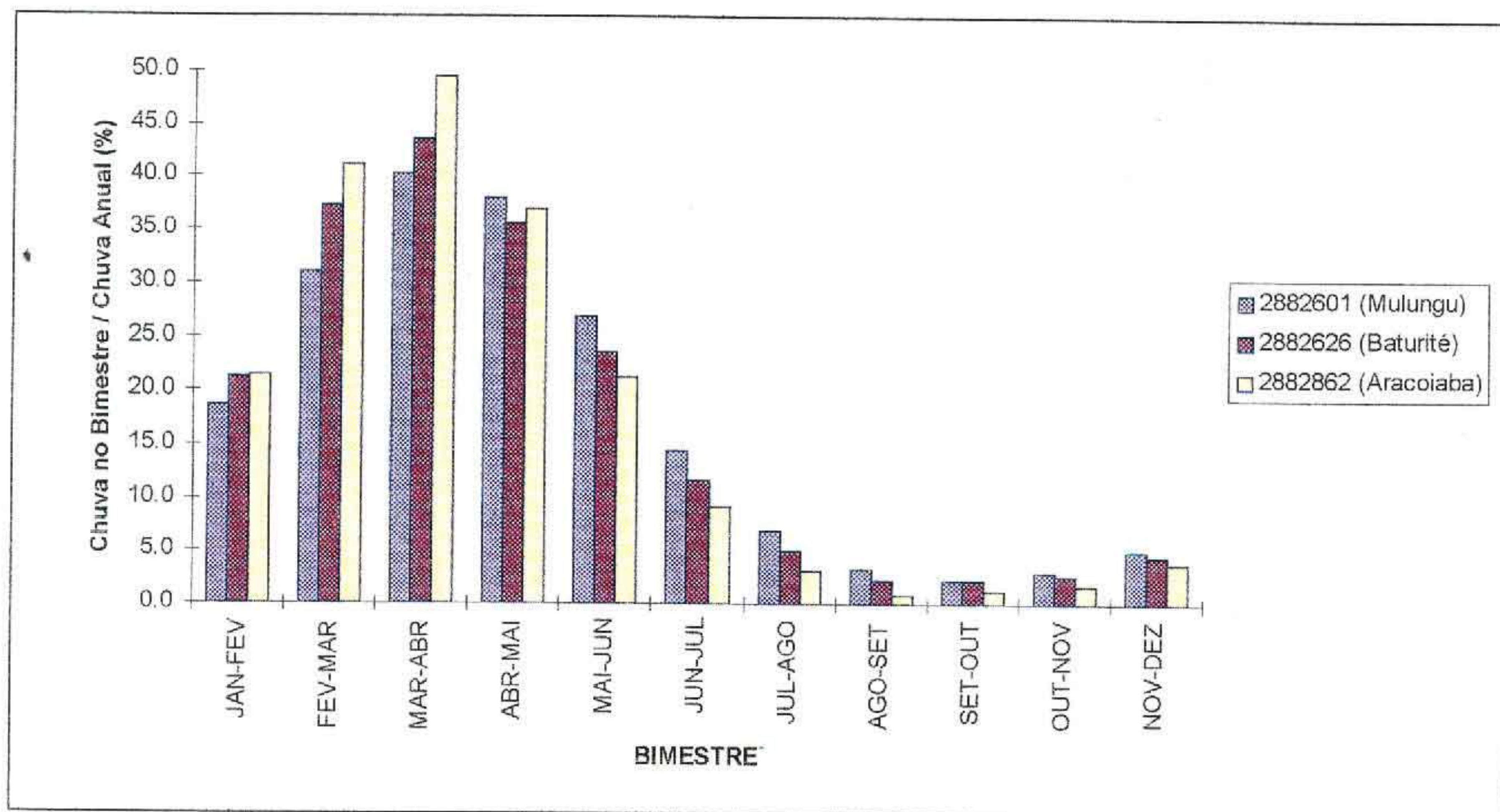


Figura 3.3 - Bimestre mais chuvoso na bacia do açude Aracoiaba

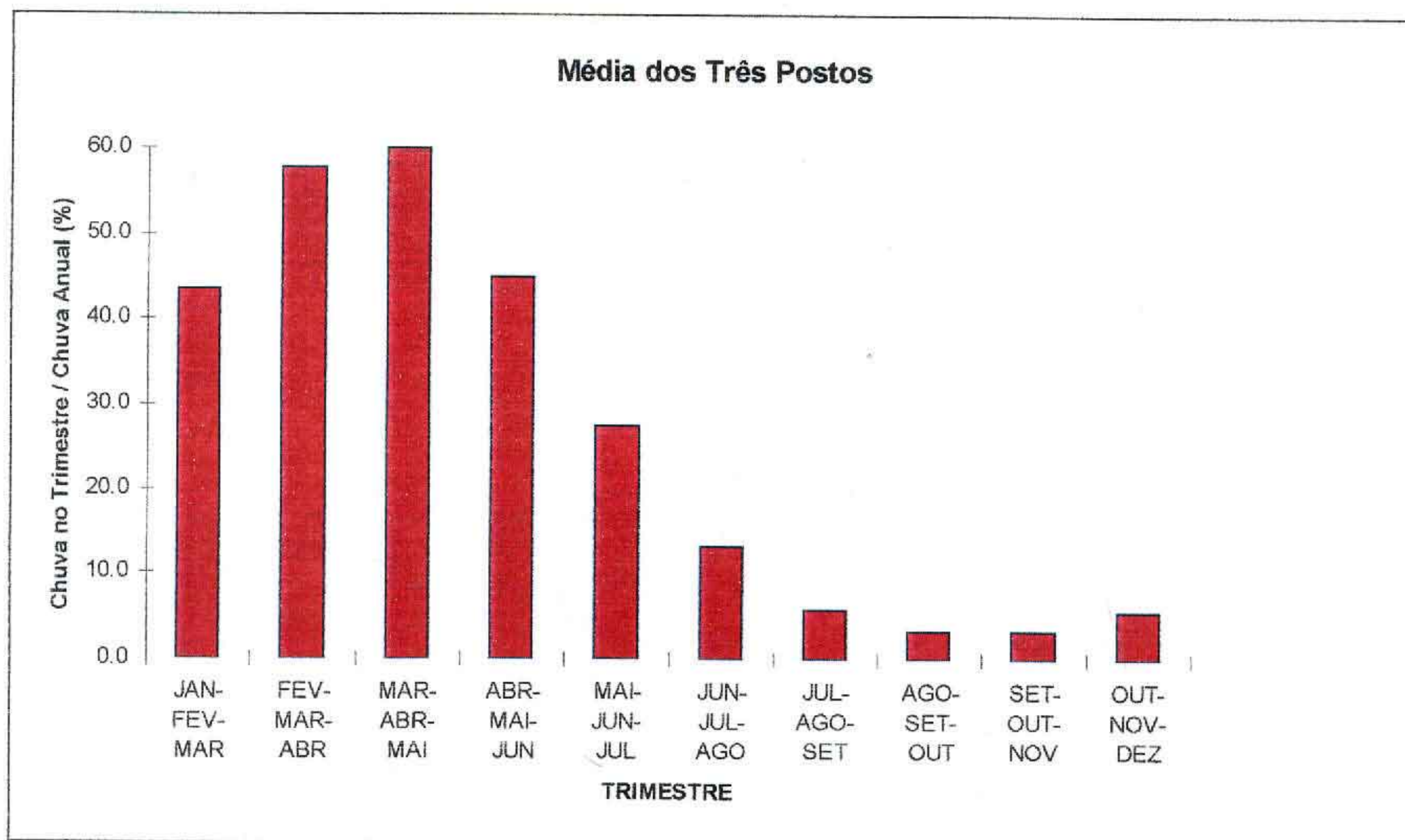
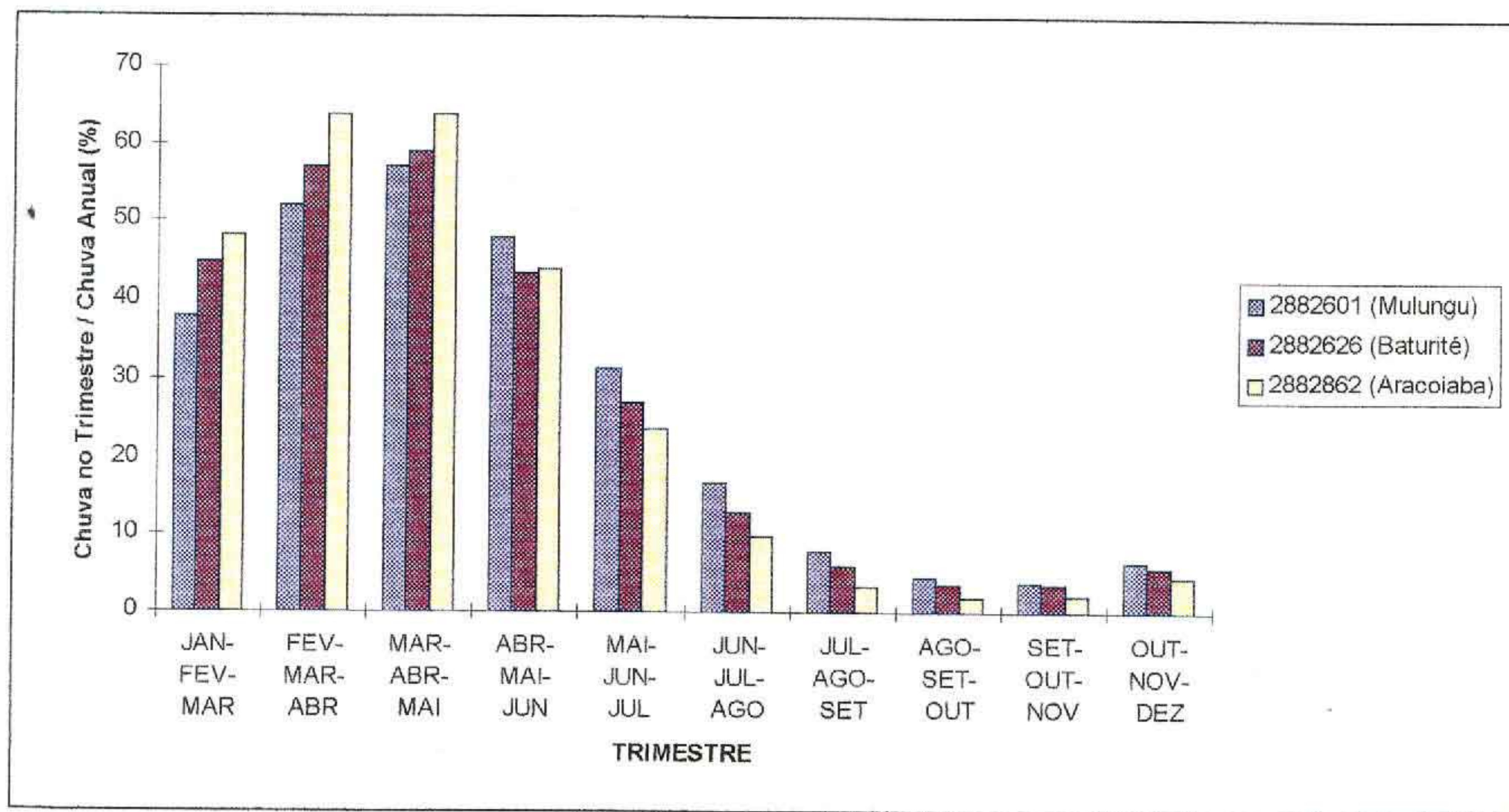


Figura 3.4 - Trimestre mais chuvoso na bacia do açude Aracoiaba

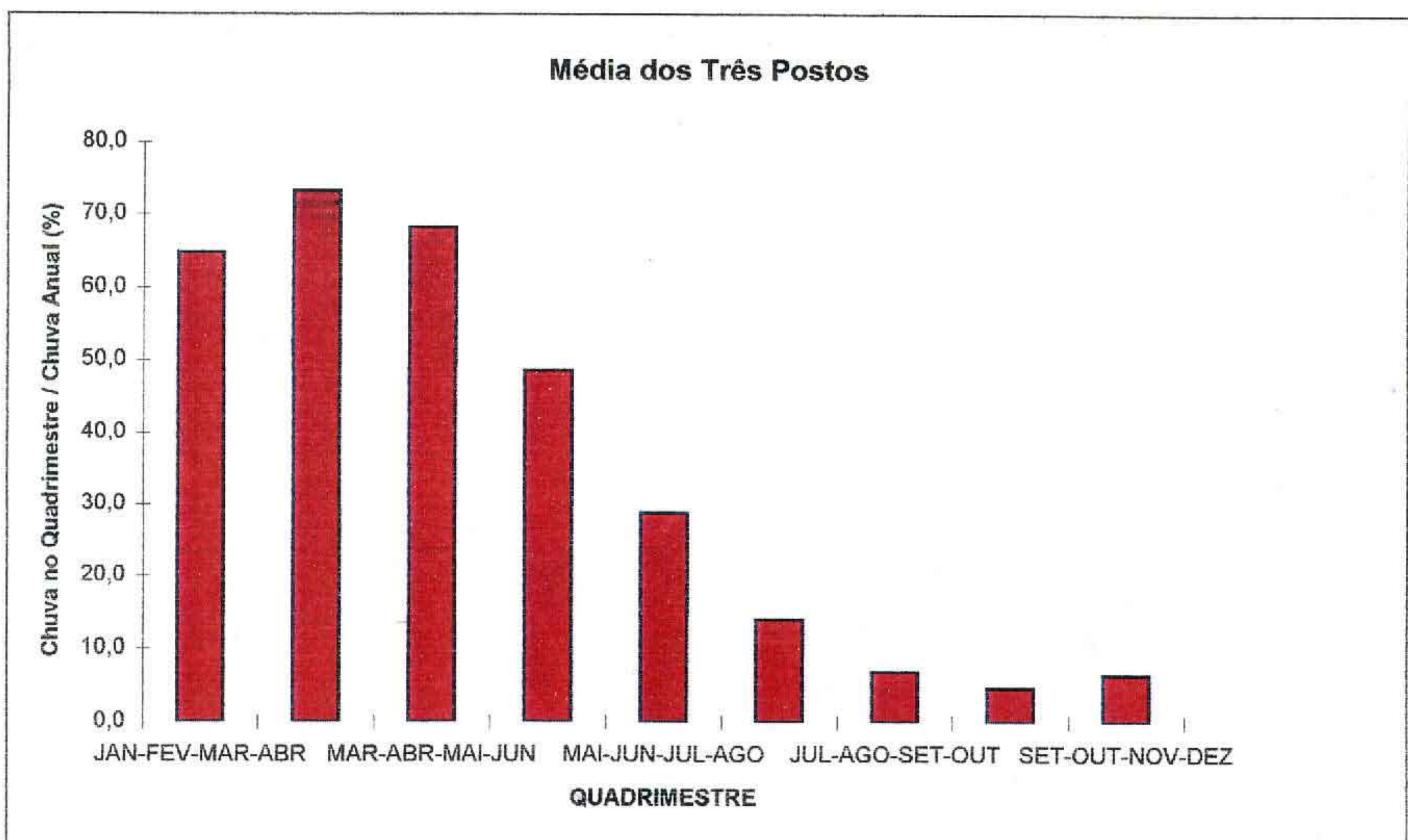
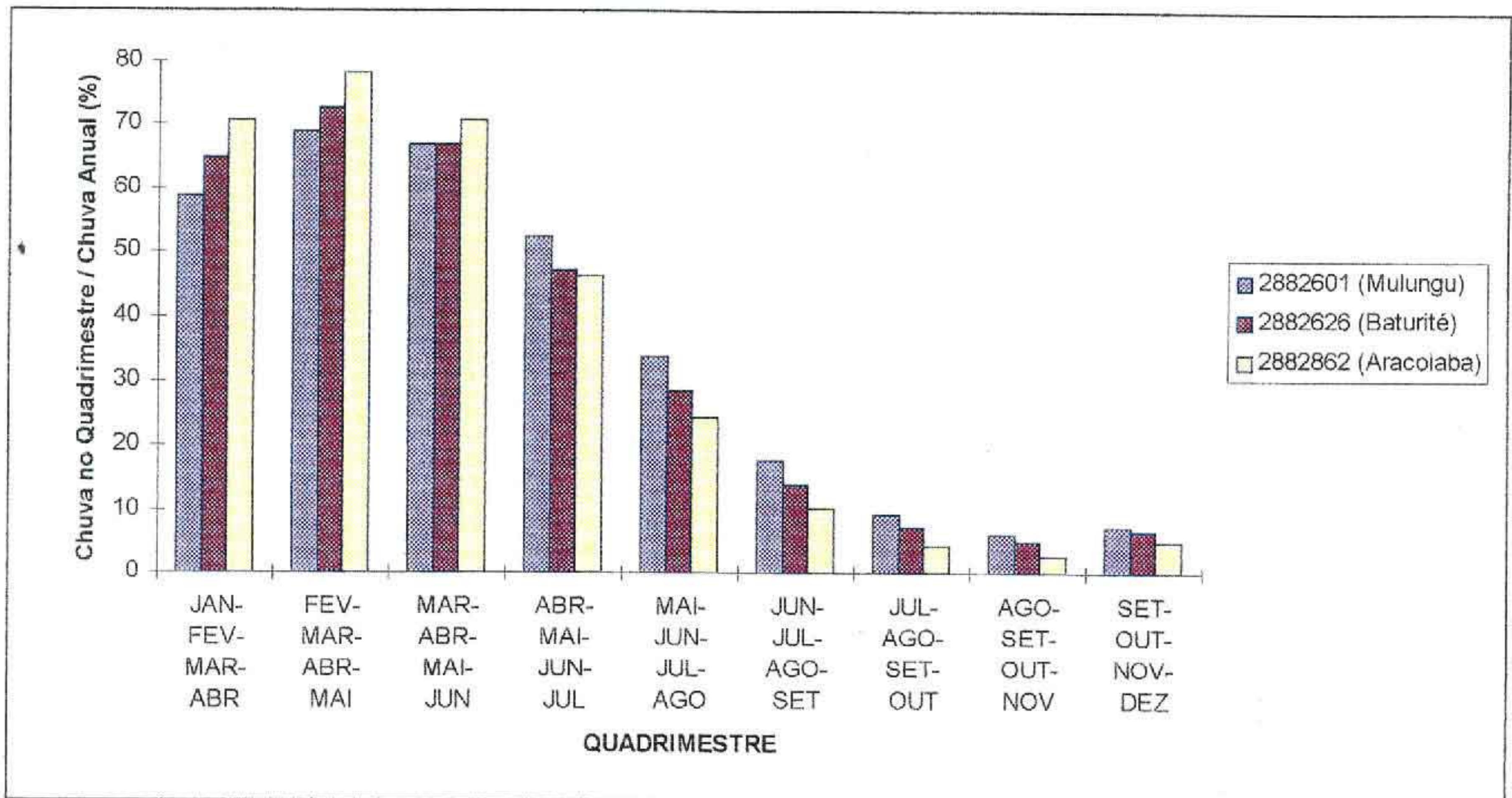


Figura 3.5 - Quadrimestre mais chuvoso na bacia do açude Aracoiaba

3 2 3 - A Nível Diário

A nível diário é bastante importante o conhecimento das chuvas máximas diárias, as quais permitem o dimensionamento do sangradouro do açude Aracoíaba

Utilizando os postos pluviométricos Vazantes, Baturité e Mulungu, representando as cabeceiras, o centro e o exutório da bacia estudada, fez-se o estudo probabilístico de seus dados diários, resultando na escolha da distribuição Pearson III como aquela de melhor ajuste aos referidos dados

Na Tabela 3 3 são apresentados os parâmetros α , β e γ da distribuição Pearson III e os resultados do teste χ^2 , para os três postos pluviométricos considerados, onde se constata a aprovação da referida distribuição

Tabela 3 3 - Parâmetros da Distribuição Pearson III e Resultado do Teste χ^2 para os Postos Utilizados

Código	Nome	α	β	γ	χ^2 (calculado)	χ^2 $\alpha = 0,05$ (tabelado)
2882862	Vazantes	6,51	15,5	-26,9	0,953	11,073
2882626	Baturité	1,04	459	-410	0,727	1,073
2882601	Mulungu	0,132	11198	-1416	3,308	11,073

Os valores de chuvas máximas para os tempos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000 e 10 000 anos são mostrados na Tabela 3 4 e na Figura 3 6

**Tabela 3 4 - PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (mm)
(Distribuição de Probabilidade Pearson III)**

TEMPO DE RETORNO Anos	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS		
	2882862 Vazantes	2882626 Baturité	2882601 Mulungu
10	108 5	97 5	82 5
50	135 62	116 69	93 86
100	146 38	123 84	98 02
500	170 48	139 02	106 77
1 000	180 69	145 15	110 26
10 000	214 70	164 51	121 15

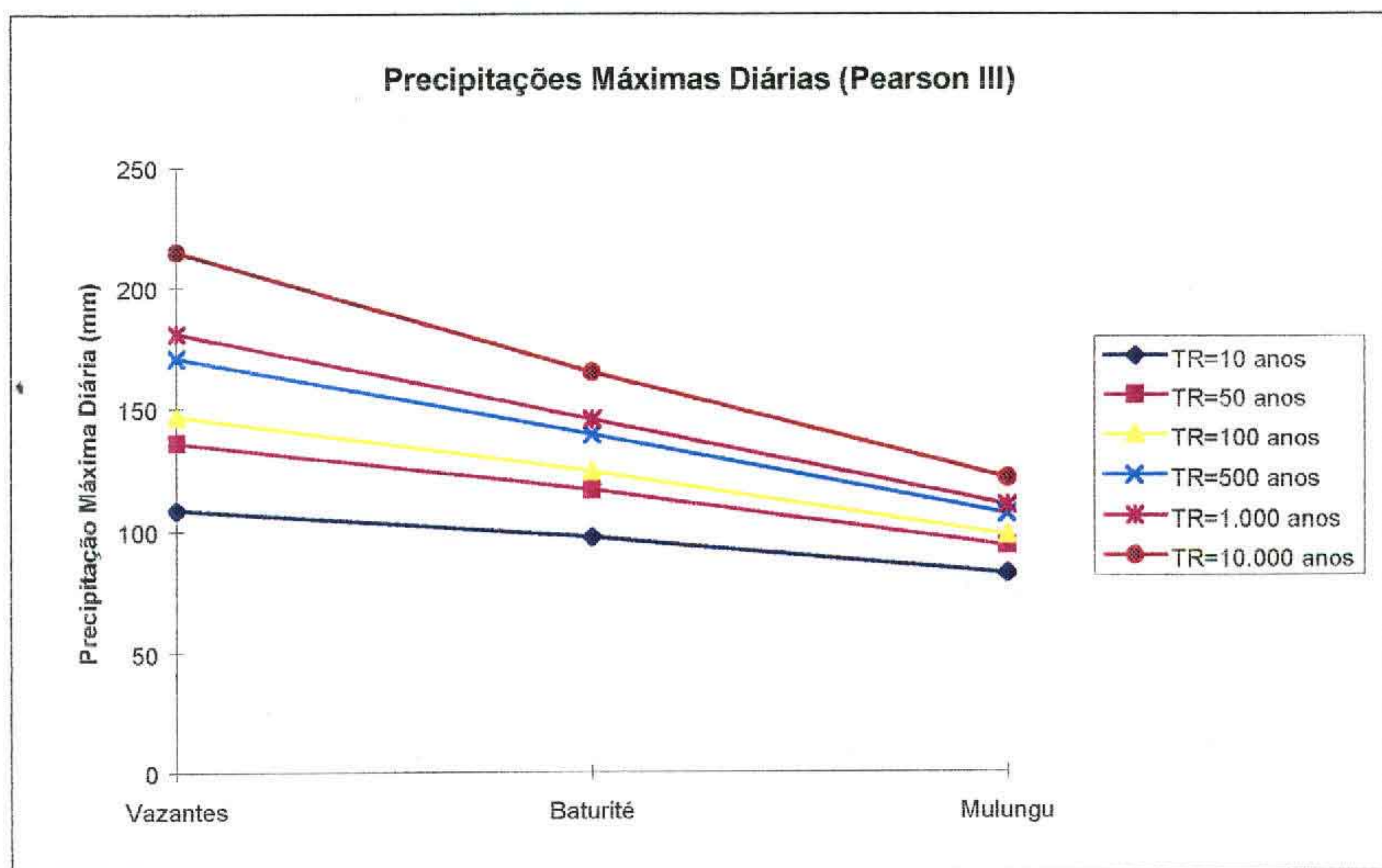


Figura 3.6 - Precipitações máximas diárias na bacia do açude Aracoiaba, para os tempos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

3.3 - Pluviometria Média na Bacia

O estudo da disponibilidade dos dados diários dos postos selecionados constatou a necessidade da utilização de uma razoável combinação de postos pluviométricos, a fim de tornar possível a determinação da chuva média diária na bacia do açude Aracoiaba, para o período de 1912 a 1988

A combinação de postos é imprescindível, porquanto o preenchimento de dados de chuva inexistentes a nível diário, através de outros postos pluviométricos não é viável, tanto face sua imensa variabilidade, como também às grandes distâncias entre os postos

No presente estudo obteve-se um total de 133 (cento e trinta e três) combinações de 2 (dois) ou mais postos

A chuva média diária na bacia, para o caso das 133 (cento e trinta e três) combinações de postos supra mencionados, foi obtida através da utilização do Método dos Polígonos de Thiessen

Em virtude da grande quantidade de polígonos de Thiessen a determinar, utilizou-se a metodologia desenvolvida por CARVALHO JR ², a qual permitiu o cálculo rápido de todos os coeficientes de Thiessen

Para os períodos 01 a 12/1931, 01/1958 e 09/1960, onde só há um posto pluviométrico disponível, obtêve-se a chuva média diária através da expressão empírica

$$P_{\text{bacia}} = P_o (1 - w \log(A_{\text{bacia}}/A_o)), \text{ onde}$$

P_{bacia} - chuva média na bacia hidrográfica, em mm.

P_o - chuva no ponto (posto pluviométrico), em mm.

A_{bacia} - área na bacia hidrográfica, em Km²,

A_o - área de influência do ponto, considerada igual a 25 Km²,

w - coeficiente empírico Adotou-se o valor 0.16, obtido por Meneses F³

Assim sendo, determinou-se a chuva diária na bacia do açude Aracoiaba, para o período de 1912 a 1988, perfazendo, portanto, um total de 77 anos de dados

Na tabela 3.5 é apresentado a precipitação média na bacia, a nível mensal e anual, como também seu resumo estatístico

² Carvalho Jr, Valdemar Nilo Determinação dos polígonos de Thiessen utilizando o método do Recurso Incremental das Fronteiras Fortaleza-Ce 122p Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, 1992

³ Meneses Filho Anísio de Sousa Estudo da Distribuição Espacial de Chuvas Intensas no Estado do Ceará Fortaleza-Ce 79p Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, 1991

Tabela 3 5 - Pluviometria Mensal e Anual da Bacia do Açude Aracoiaba e
Respectivo Resumo Estatístico

ANO	MESES												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
912	121 6	290 5	240 0	263 0	274 8	115 2	18 5	44 0	4 5	33 8	8 7	10 7	1425 3
913	45 9	367 3	430 6	228 7	131 9	96 5	58 8	7 8	10 6	53 4	8 8	140 4	1580 7
914	160 6	220 2	199 8	246 4	179 3	237 2	47 2	52 2	1 1	3 6	13 2	4 3	1365 1
915	24 7	34 8	91 0	74 1	38 4	43 0	8 8	12 0	2 8	5 0	1 4	32 1	368 1
916	91 9	123 9	307 0	188 7	157 3	96 0	0 2	0 2	1 0	2 9	33 1	105 4	1107 6
917	315 0	327 9	394 9	275 7	383 7	115 4	22 1	5 0	12 5	0 4	44 5	41 1	1938 2
918	90 4	174 7	206 1	217 5	188 9	66 3	15 3	41 0	12 4	5 8	5 1	77 8	1101 3
919	6 3	36 5	42 0	44 8	40 9	29 6	42 6	19 9	30 9	7 4	8 0	4 6	313 5
920	20 3	48 1	404 8	201 8	176 2	92 8	45 7	15 3	5 8	2 7	26 6	98 2	1138 3
921	74 3	283 3	343 4	277 1	321 1	58 5	131 6	2 5	16 5	23 1	39 9	9 4	1580 7
922	39 1	64 2	150 8	409 7	229 8	121 5	99 9	39 0	2 3	2 2	36 1	15 2	1209 8
923	90 6	197 2	263 3	204 3	83 6	59 1	52 4	0 0	2 9	2 3	8 7	1 4	965 8
924	129 1	226 7	417 9	310 2	308 0	243 9	15 3	0 0	3 4	13 0	6 0	34 4	1707 9
925	138 2	121 3	202 8	281 5	122 3	26 1	10 0	3 1	51 6	7 7	8 8	22 2	995 6
926	85 9	215 0	376 7	316 0	154 6	41 4	11 8	0 0	0 8	2 7	2 1	1 1	1208 1
927	48 0	126 4	171 9	367 8	137 5	33 4	40 9	1 0	12 9	6 9	1 1	3 0	950 8
928	59 3	36 4	210 2	246 9	75 5	40 5	8 5	0 0	6 9	30 5	5 1	13 9	733 7
929	43 3	254 1	269 7	243 3	150 1	31 3	55 8	15 7	8 7	20 1	6 4	34 4	1132 9
930	67 3	62 6	133 8	134 9	41 9	88 5	14 9	8 4	2 2	21 6	5 0	33 7	614 8
931	56 6	187 3	94 1	144 4	36 4	35 7	8 6	3 7	1 4	0 0	0 9	1 6	570 7
932	64 2	135 5	93 6	100 5	51 0	85 5	32 4	6 8	39 1	5 9	0 8	9 6	624 9
933	87 6	128 2	193 1	350 2	91 4	17 7	23 4	0 0	0 0	9 2	9 0	37 2	947 0
934	71 2	245 7	347 8	207 0	243 4	45 1	0 0	0 0	11 6	1 0	17 5	76 1	1266 4
935	68 9	201 0	270 2	280 5	204 1	167 0	65 5	16 8	4 9	11 5	2 1	16 9	1309 4
936	16 2	121 3	120 3	63 0	185 3	215 4	26 4	2 6	4 6	6 4	3 7	4 3	769 5
937	1 5	183 7	159 0	276 9	224 3	141 8	61 4	22 3	22 9	26 0	16 0	12 7	1148 5
938	92 8	59 0	370 6	342 3	176 6	44 4	15 0	32 8	7 0	15 0	13 0	24 4	1192 9
939	65 2	292 5	250 1	130 1	95 7	40 0	52 5	40 3	24 3	85 8	29 8	16 6	1122 9
940	143 3	116 9	274 7	415 7	346 2	202 4	113 8	31 2	8 2	10 7	0 8	22 3	1686 2
941	33 5	87 9	176 9	286 0	93 0	43 7	17 8	4 5	0 8	9 6	7 6	24 4	785 7
942	16 3	124 0	195 1	170 0	140 4	34 1	10 2	8 7	1 1	19 0	4 1	16 4	739 4
943	100 1	109 1	185 8	212 3	82 3	34 0	64 2	17 6	0 2	4 3	30 2	69 5	909 6
944	78 6	28 9	187 2	186 2	234 4	41 3	38 6	0 5	1 4	6 4	1 2	49 9	854 6
945	81 9	331 8	222 1	301 1	237 4	165 4	59 5	18 2	6 9	16 1	19 2	33 7	1493 3
946	303 1	170 0	203 4	270 1	50 7	37 2	1 7	1 8	1 3	5 1	4 5	32 1	1081 0
947	41 8	188 0	242 4	263 5	218 3	65 4	23 2	5 2	17 9	11 3	106 3	58 1	1241 4
948	120 5	106 4	325 0	206 1	203 8	122 6	87 1	9 3	5 9	9 2	9 2	14 7	1219 8
949	20 9	149 9	340 6	319 0	288 5	66 2	23 8	26 9	2 0	3 4	51 3	8 9	1301 4
950	29 9	158 6	311 0	448 0	227 7	14 3	12 8	0 7	1 9	14 9	11 6	17 3	1248 7
951	40 5	44 8	57 6	216 7	110 2	281 1	12 7	0 0	0 7	22 6	18 7	63 2	868 8
952	48 7	54 6	223 8	248 4	145 1	31 6	1 0	5 1	4 4	3 1	5 7	28 1	799 6
953	23 9	44 9	149 0	245 3	96 7	110 6	10 6	8 1	5 3	1 3	1 9	1 6	699 2
954	38 8	111 5	189 4	99 3	236 9	38 7	21 1	5 1	0 4	0 6	1 8	5 9	749 5
955	73 1	104 2	224 0	290 9	233 9	46 9	8 4	11 1	0 8	37 9	8 4	69 7	1109 3
956	22 0	229 3	277 5	335 5	59 3	46 1	35 8	57 4	8 4	4 2	3 2	45 4	1124 1
957	99 5	19 4	335 2	352 8	78 1	35 3	11 6	0 8	8 9	4 0	3 3	24 2	973 1
958	5 4	42 0	86 7	59 2	221 5	37 4	62 8	0 5	1 3	0 1	6 6	30 3	553 8
959	162 8	219 2	297 1	170 7	169 0	92 2	32 0	9 2	0 0	1 6	6 5	7 6	1167 9

**CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA**

ANO	MESES												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
960	24 1	32 0	326 3	277 1	55 8	64 2	42 2	11 2	1 1	2 7	3 6	25 9	866 2
961	103 0	305 3	314 1	234 6	171 3	97 0	41 6	18 2	3 4	9 7	4 4	28 8	1331 4
962	65 4	115 8	446 1	143 8	140 3	28 0	22 3	5 3	16 8	6 6	29 2	43 3	1062 9
963	192 5	231 6	404 4	206 6	87 0	23 7	25 8	7 5	0 4	1 2	62 1	142 8	1385 6
964	235 9	391 9	342 0	479 2	252 1	95 2	52 8	40 1	38 5	10 4	2 5	17 4	1958 0
965	77 5	52 3	209 1	346 0	213 2	233 9	49 4	5 0	15 3	20 1	9 2	20 1	1251 1
966	19 2	81 9	92 7	137 4	243 0	122 0	125 2	15 1	21 2	12 5	15 2	24 2	909 6
967	63 6	283 5	359 9	373 3	329 5	118 2	49 1	31 0	4 0	1 3	1 4	35 5	1650 3
968	117 9	93 2	306 8	215 2	281 8	41 8	64 7	7 9	0 0	11 9	4 9	33 6	1179 7
969	51 4	101 3	208 0	335 4	184 7	172 7	197 2	87 2	33 0	36 3	4 0	12 1	1423 3
970	89 5	36 5	239 1	225 7	44 7	46 3	37 6	11 0	1 3	1 3	13 1	25 6	771 7
971	93 1	126 6	236 6	214 7	211 4	159 0	120 6	28 9	17 5	45 9	37 0	27 9	1319 2
972	47 9	111 3	153 0	146 1	169 9	88 5	49 5	28 4	2 3	6 4	9 7	52 3	865 3
973	93 8	140 1	169 0	252 8	266 8	173 2	82 1	17 9	17 1	11 1	12 7	54 3	1290 9
974	324 5	227 3	319 1	385 7	289 1	149 9	55 2	14 9	29 7	6 5	1 0	80 5	1883 4
975	56 8	140 0	262 5	171 3	250 3	120 9	87 3	12 7	24 6	6 7	7 3	79 0	1219 4
976	68 4	204 6	227 1	190 4	36 2	36 4	20 7	22 6	2 7	39 5	24 4	8 1	881 1
977	188 1	236 0	280 3	225 1	279 7	249 0	167 8	9 2	2 6	4 5	3 6	18 4	1664 3
978	8 0	145 3	196 0	224 0	215 7	97 6	74 1	17 9	10 7	27 0	54 8	9 4	1080 5
979	58 0	101 7	93 6	139 1	142 7	45 5	16 6	16 4	31 6	7 2	26 1	0 5	679 0
980	60 7	364 0	217 5	90 2	27 9	71 7	3 1	4 7	5 6	13 1	1 9	16 2	876 6
981	41 3	36 4	376 6	47 4	96 4	70 7	4 1	0 0	0 0	0 0	3 6	86 4	762 9
982	77 8	101 9	264 9	171 7	187 8	80 0	36 0	20 4	20 8	22 4	24 4	23 0	1031 1
983	18 8	149 5	168 8	101 2	77 3	12 9	2 8	4 6	2 6	5 7	3 4	4 1	551 7
984	59 0	92 5	235 1	229 4	317 7	168 9	130 0	43 5	24 7	19 7	11 7	17 4	1349 6
985	134 9	328 3	416 1	287 3	299 0	204 5	169 4	33 3	1 4	10 7	14 0	58 8	1957 7
986	126 5	241 5	308 8	407 2	210 2	175 1	50 6	30 8	28 3	29 8	37 3	39 4	1685 5
987	55 2	103 9	293 4	197 1	55 8	243 8	33 9	7 7	6 0	12 0	12 3	6 3	1027 4
988	115 9	134 3	162 9	436 6	305 2	113 1	74 1	21 5	34 9	12 1	43 8	85 8	1540 2

MÍN.	1 5	19 4	42 0	44 8	27 9	12 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 8	0 5	313.5
MÉD.	82 2	154 8	245 3	239 2	174 3	94 5	45 7	15 4	10 1	12 8	14 8	33 5	1122.8
MÁX.	324 5	391 9	446 1	479 2	383 7	281 1	197 2	87 2	51 6	85 8	106 3	142 8	1958.0
D.P.	66 04	93 92	96 40	98 90	90 09	67 67	42 11	16 23	11 61	14 25	17 74	30 97	367.95
C.V.	0 80	0 61	0 39	0 41	0 52	0 72	0 92	1 05	1 14	1 11	1 20	0 92	0.33

3.4 - Estudo de Chuvas Intensas

3.4.1 - Objetivo do Estudo

O presente estudo objetiva proporcionar elementos para a seleção da cheia de projeto com vista ao dimensionamento do sangradouro do Açude Aracoiaba. Para tanto estudou-se o regime de chuvas intensas na bacia hidrográfica do referido açude.

3.4.2 - Metodologia Utilizada

Na bacia estudada há uma única estação meteorológica - Estação Guaramiranga - todavia não foi possível a obtenção dos pluviogramas junto ao INMET, porquanto o referido órgão não soube informar o seu destino.

Face a inexistência de dados pluviográficos disponíveis na bacia estudada foi aplicada a metodologia do Engenheiro TABORGA - TORRICO⁴, no cálculo das chuvas intensas na bacia.

A metodologia aplicada baseia-se na utilização do método da desagregação regional. Essa metodologia consta dos seguintes procedimentos:

- 1 Estudo probabilístico da chuva intensa de um dia, para cada posto selecionado.
- 2 Determinação da chuva intensa de um dia, na área da bacia, através do método dos polígonos de Thiessen, para os tempos de retorno escolhidos.
- 3 Desagregação da chuva intensa de um dia, na bacia, em chuva intensa de 24h, e
- 4 Desagregação da chuva intensa de 24h, na bacia, em chuvas intensas de durações menores, através do método gráfico de TABORGA - TORRICO.

Utilizando os postos pluviométricos selecionados para a bacia estudada, procedeu-se da seguinte forma, a fim de obter seus valores máximos de chuva diária:

- 1 Tendo em vista que a ocorrência de valores máximos diários, na região da bacia estudada, somente ocorre nos meses de janeiro a julho de cada ano, não se descartou o ano sem falha nesse período, embora com falha no período de agosto a dezembro.
- 2 Ano com falha em qualquer um dos meses mencionados acima, foi descartado.
- 3 Posto pluviométrico com menos de 30 (trinta) anos de dados de chuva máxima diária, segundo os critérios acima, foi eliminado.

A aplicação do procedimento exposto acima resultou apenas na eliminação do posto 2882735 (Aracoiaba), o que não representou uma grande perda de informação pluviométrica, em função da boa distribuição dos outros sete postos vertentes.

Ajustando a distribuição Pearson III aos sete postos com dados de chuva máxima diária, mostrados na Tabela 3.6, constatou-se que, com exceção do posto 2882415 (Pacoti), todos os outros se ajustaram à referida distribuição. Para o posto 288415 (Pacoti) selecionou-se a distribuição Lognormal-2 parâmetros, a qual apresentou menor valor de $\chi^2_{\text{calculado}}$ em relação às outras distri-

⁴ TABORGA - TORRICO, J. J. *Práticas Hidrológicas*. Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974. 120p.

buições tentadas (Normal truncada, Lognormal-3 parâmetros, Extremo Tipo I, Log-Extremo Tipo I e Log-Pearson III) Na Tabela 3 7 são apresentados os valores dos parâmetros das distribuições de probabilidade ajustadas, bem como o resultado do teste χ^2

Após obtidas as chuvas máximas diárias dos postos seleccionados, para os períodos de retorno de 50, 100, 1000 e 10000 anos, determinou-se a chuva máxima diária na bacia estudada, através do método dos coeficientes de Thiessen

A desagregação da chuva intensa de 24h é obtida da multiplicação do fator 1.1 pelo valor da chuva intensa de 1 dia

Determinadas as chuvas intensas de 24h, a metodologia de TABORGA-TORRICO desagregou-as em chuvas intensas de 1h, através da expressão

$$P_{1h} = K \times P_{24h}, \text{ onde}$$

K - coeficiente tabelado por TABORGA-TORRICO em função da isozona da bacia estudada

Finalmente, obtiveram-se as chuvas intensas para outras durações por intermédio da construção de um gráfico, em papel mono-log, onde na ordenada são colocadas as chuvas intensas e na abscissa as durações. Colocando as chuvas intensas de 1h e de 24h no referido papel, traçou-se retas unindo essas chuvas intensas, as quais permitiram a obtenção de chuvas intensas de outras durações

Tabela 3 6 - Precipitações Máximas Anuais (mm) dos Postos Utilizados

Codig 2881895	Codig 2882415	Codig 288245	Codig 2882601	Codig 2882626	Codig 2882648	Codig 2882862							
ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)	ANO	P. (mm)
1936	79 60	1914	43 50	1912	70 00	1917	85 30	1912	66 00	1922	51 00	1932	37 60
1937	86 20	1915	30 60	1913	88 50	1918	78 40	1913	54 00	1923	48 80	1935	59 00
1938	85 20	1916	80 20	1914	59 20	1921	70 00	1914	52 50	1925	64 80	1937	83 70
1939	75 80	1917	72 60	1915	58 30	1932	63 00	1915	21 00	1926	63 90	1938	85 80
1940	82 20	1918	79 10	1917	73 60	1933	61 00	1917	83 00	1927	66 60	1939	57 30
1941	110 20	1919	43 70	1918	69 80	1935	75 80	1918	83 90	1928	66 00	1940	67 90
1942	44 10	1920	92 30	1919	26 60	1936	50 50	1919	29 20	1929	53 70	1941	41 20
1943	79 00	1921	75 30	1920	77 50	1937	46 00	1920	54 20	1930	51 20	1943	38 00
1944	62 30	1922	48 50	1921	64 60	1938	59 50	1921	74 70	1962	46 30	1946	57 60
1945	94 00	1923	59 00	1922	59 20	1939	65 50	1922	65 50	1963	126 00	1947	79 90
1946	94 50	1924	87 40	1925	66 00	1940	72 90	1923	50 20	1964	140 40	1948	64 90
1947	76 80	1925	65 80	1929	61 60	1941	54 00	1924	73 70	1965	40 50	1949	94 80
1948	65 20	1926	62 80	1930	63 50	1942	58 50	1925	66 00	1966	42 60	1950	89 20
1949	74 00	1927	72 00	1931	51 00	1943	57 20	1926	65 90	1967	150 00	1951	44 80
1950	122 50	1928	56 50	1932	54 00	1944	35 50	1927	82 90	1968	48 30	1954	24 80
1951	68 60	1929	79 10	1933	38 30	1945	65 50	1929	45 60	1969	85 40	1955	109 30
1952	83 30	1930	51 00	1935	86 00	1946	60 00	1930	50 00	1970	64 40	1956	64 50
1953	63 50	1962	57 20	1936	56 00	1949	70 80	1945	76 50	1971	58 40	1957	149 40
1954	50 60	1963	41 60	1940	59 20	1952	40 30	1946	118 00	1972	37 10	1958	45 70
1955	173 20	1965	67 20	1943	71 20	1953	54 70	1947	96 80	1973	49 20	1959	70 10
1956	74 20	1966	69 80	1944	43 60	1954	50 80	1948	81 50	1974	67 20	1960	82 00
1957	96 50	1967	96 60	1945	114 50	1955	72 70	1949	93 30	1975	60 40	1961	84 00
1958	172 60	1968	64 80	1948	32 80	1959	74 50	1953	52 70	1976	110 20	1962	80 00
1959	153 10	1969	75 60	1953	54 40	1960	73 30	1954	40 00	1977	116 80	1963	63 80

1960	97 30	1970	66 40	1955	57 00	1961	84 00	1955	83 50	1978	95 60	1964	90 00
1961	80 50	1971	58 60	1956	84 20	1962	75 60	1956	69 00	1979	107 20	1965	56 50
1962	76 30	1972	37 00	1959	61 00	1963	88 70	1957	81 00	1981	115 60	1966	38 80
1963	80 60	1973	85 30	1962	70 20	1964	76 40	1959	94 40	1982	63 20	1967	126 00
1964	140 50	1974	86 40	1963	60 10	1965	53 00	1960	58 50	1984	70 80	1968	84 00
1965	86 40	1975	69 00	1964	63 40	1966	72 20	1961	65 50	1985	150 20	1969	71 60
1966	102 30	1976	62 50	1965	49 20	1968	83 00	1962	54 00	1986	61 40	1970	51 00
1967	130 00	1977	77 00	1966	47 20	1969	75 00	1963	85 00	1987	100 40	1971	63 00
1968	100 40	1978	74 80	1967	51 40	1970	52 10	1964	69 00	1988	112 60	1972	38 60
1969	120 20	1979	65 50	1968	58 00	1971	65 00	1965	46 40			1973	80 00
1970	85 20	1980	133 10	1969	79 20	1972	45 50	1966	56 00			1974	87 70
1971	108 40	1981	65 00	1970	62 30	1973	53 30	1967	106 50			1975	66 00
1972	72 20	1982	56 50	1971	67 00	1974	91 00	1968	104 90			1977	76 00
1973	75 20	1983	61 20	1972	50 00	1975	45 30	1969	100 00			1979	99 10
1974	183 20	1984	67 00	1973	81 00	1976	50 00	1970	47 20			1980	80 40
1975	92 20	1985	81 00	1974	77 10			1971	70 10			1984	100 10
1976	85 20	1986	76 20	1975	60 70			1972	32 00			1985	108 40
1977	111 50	1987	91 30	1976	84 10			1973	64 00			1986	110 00
1978	78 80	1988	213 00	1977	62 40			1977	99 00			1988	78 00
1982	52 00			1978	82 50			1979	35 00				
1984	85 00			1979	91 60								
1985	79 50			1980	127 20								
				1982	53 20								
				1984	83 20								
				1985	110 30								
				1986	73 00								
				1987	67 00								
				1988	87 00								

**Tabela 3 7 - Parâmetros das Distribuições de Probabilidade
Selecionadas e Resultados do Teste χ^2**

CODIGO POSTO	NOME DA DISTRIBUIÇÃO	nº de Intervalos	Parâmetros da Distribuição	χ^2 (calculado)	$\chi^2_{\alpha=0,05}$ (Tabelado)
2881895	Pearson Tipo III	6	a=20,8 b=2,25 e g=46,5	9,043	11,073
2882415	Lognormal 2-Parâmetros	6	m= 4,22 e s =0,324	4,86	11,073
2882458	Pearson Tipo III	7	a=7,75 b=5,99 e g=20,9	4,538	12,596
2882601	Pearson Tipo III	6	a=0,132 b=11198 e g=-1416	3,308	11,073
2882626	Pearson Tipo III	5	a=1,04 b=459 e g=-410	0,727	11,073
2882648	Pearson Tipo III	5	a=14,0 b=5,71 e g=-1,33	5,03	9,492
2882862	Pearson Tipo III	6	a=6,51 b=15,5 e g=-26,9	0,953	11,073

3.4.3 - *Chuvas Intensas na Bacia*

A aplicação da metodologia de TABORGA-TORRICO resultou na Figura 3.7, a qual permitiu a obtenção das chuvas intensas na bacia, para diversos tempos de retorno e durações utilizados, conforme mostrado na Tabela 3.8

Tabela 3.8 - Chuvas Intensas na Bacia do Açude Aracoiaba, para Durações de 1 dia, 24 horas e 1 hora

Tempo de Retorno	$P_{1 \text{ dia}}$ (mm)	$P_{24 \text{ h}}$ (mm)	Taborga (Isozona D) $P_{1 \text{ h}} / P_{24 \text{ h}}$	$P_{1 \text{ h}}$ (mm)
50	131.6	144.8	0.407	58.9
100	143.9	158.3	0.403	63.8
500	173.1	190.4	0.397	75.6
1000	186.0	204.6	0.390	79.8
10000	231.2	254.3	0.379	96.4

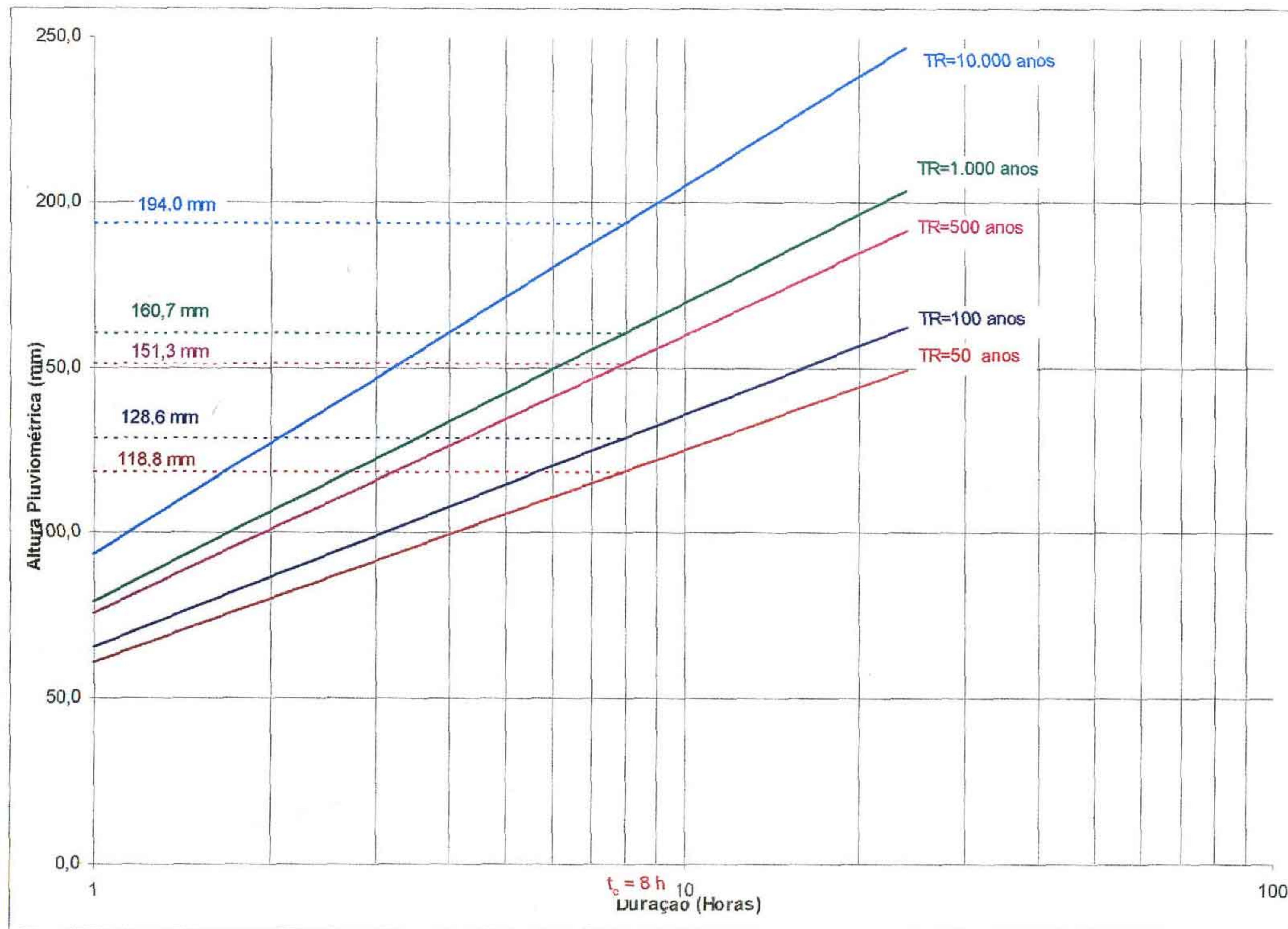


Figura 3.7 - Chuvas intensas na bacia do açude Aracoiaba, para diversos tempos de retorno e durações utilizados

ANEXO 3.A

**DISPONIBILIDADE DE DADOS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS NO
ESTUDO HIDROLÓGICO DO AÇUDE ARACOLABA**

ANEXO 3.A

DISPONIBILIDADE DE DADOS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS NO ESTUDO
HIDROLÓGICO DO AÇUDE ARACOIABA

Número da Combinação	Ano Inicial	Mês Inicial	Ano Final	Mês Final	nº de Postos	CÓDIGOS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS								
1	1912	1	1913	9	2	2882458	2882626							
2	1913	10	1916	4	3	2882415	2882458	2882626						
3	1916	5	1917	8	4	2882415	2882458	2882601	2882626					
4	1917	9	1917	11	3	2882415	2882458	2882626						
5	1917	12	1918	12	4	2882415	2882458	2882601	2882626					
6	1919	1	1919	2	3	2882415	2882458	2882626						
7	1919	3	1919	6	4	2882415	2882458	2882601	2882626					
8	1919	7	1919	9	3	2882415	2882458	2882626						
9	1919	10	1921	12	4	2882415	2882458	2882601	2882626					
10	1922	1	1924	5	5	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648				
11	1924	6	1924	7	4	2882415	2882458	2882601	2882626					
12	1924	8	1927	5	5	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648				
13	1927	6	1930	12	4	2882415	2882458	2882626	2882648					
14	1931	1	1931	12	1	2882458								
15	1932	1	1933	7	3	2882458	2882601	2882862						
16	1933	8	1933	12	2	2882458	2882862							
17	1934	1	1934	12	3	2882458	2882601	2882862						
18	1935	1	1940	12	4	2881895	2882458	2882601	2882862					

Apêndice A - (continuação)

19	1941	1	1941	1	7	2881895	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
20	1941	2	1943	12	4	2881895	2882458	2882601	2882862				
21	1944	1	1944	12	4	2881895	2882458	2882601	2882735				
22	1945	1	1945	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735			
23	1946	1	1946	7	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
24	1946	8	1946	8	5	2881895	2882458	2882601	2882735	2882862			
25	1946	9	1946	12	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
26	1947	1	1947	6	3	2881895	2882626	2882862					
27	1947	7	1947	10	4	2881895	2882458	2882626	2882862				
28	1947	11	1947	12	3	2881895	2882626	2882862					
29	1948	1	1948	5	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
30	1948	6	1948	8	5	2881895	2882458	2882626	2882735	2882862			
31	1948	9	1948	9	5	2881895	2882601	2882626	2882735	2882862			
32	1948	10	1948	10	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
33	1948	11	1948	12	5	2881895	2882601	2882626	2882735	2882862			
34	1949	1	1949	7	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
35	1949	8	1949	8	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
36	1949	9	1949	12	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
37	1950	1	1950	1	4	2881895	2882458	2882735	2882862				
38	1950	2	1950	12	5	2881895	2882458	2882626	2882735	2882862			
39	1951	1	1951	1	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
40	1951	2	1951	2	4	2881895	2882601	2882735	2882862				
41	1951	3	1951	5	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
42	1951	6	1951	6	5	2881895	2882458	2882626	2882735	2882862			
43	1951	7	1951	7	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
44	1951	8	1951	9	4	2881895	2882626	2882735	2882862				
45	1951	10	1951	12	5	2881895	2882601	2882626	2882735	2882862			
46	1952	1	1955	3	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
47	1955	4	1955	5	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
48	1955	6	1955	6	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		

Anexo 3 A - (continuação)

49	1955	7	1955	7	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
50	1955	8	1955	8	5	2881895	2882601	2882626	2882735	2882862			
51	1955	9	1955	9	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
52	1955	10	1956	1	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
53	1956	2	1956	2	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
54	1956	3	1956	4	5	2881895	2882458	2882626	2882735	2882862			
55	1956	5	1956	7	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
56	1956	8	1956	8	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
57	1956	9	1956	9	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
58	1956	10	1956	10	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
59	1956	11	1956	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
60	1957	1	1957	1	4	2881895	2882458	2882626	2882862				
61	1957	2	1957	4	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
62	1957	5	1957	5	4	2881895	2882458	2882626	2882862				
63	1957	6	1957	6	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
64	1957	7	1957	8	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
65	1957	9	1957	9	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
66	1957	10	1957	10	4	2881895	2882458	2882626	2882862				
67	1957	11	1957	11	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
68	1957	12	1957	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
69	1958	1	1958	1	1	2882862							
70	1958	2	1958	2	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
71	1958	3	1958	7	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
72	1958	8	1958	11	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
73	1958	12	1958	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
74	1959	1	1959	6	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
75	1959	7	1959	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
76	1960	1	1960	7	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
77	1960	8	1960	8	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
78	1960	9	1960	9	1	2882862							

Anexo 3 A - (continuação)

79	1960	10	1960	11	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
80	1960	12	1960	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
81	1961	1	1961	6	6	2881895	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862		
82	1961	7	1961	7	5	2881895	2882601	2882626	2882735	2882862			
83	1961	8	1961	11	4	2881895	2882601	2882626	2882862				
84	1961	12	1961	12	5	2881895	2882458	2882601	2882626	2882862			
85	1962	1	1962	4	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
86	1962	5	1962	6	7	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882862	
87	1962	7	1962	7	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
88	1962	8	1962	8	7	2881895	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
89	1962	9	1964	4	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
90	1964	5	1964	5	7	2881895	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
91	1964	6	1965	8	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
92	1965	9	1965	9	7	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862	
93	1965	10	1967	4	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
94	1967	5	1967	5	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
95	1967	6	1967	7	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
96	1967	8	1967	11	7	2881895	2882415	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
97	1967	12	1967	12	6	2881895	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862		
98	1968	1	1968	8	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
99	1968	9	1968	9	7	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	
100	1968	10	1968	10	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
101	1968	11	1974	6	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
102	1974	7	1974	10	7	2881895	2882415	2882458	2882601	2882648	2882735	2882862	
103	1974	11	1974	12	6	2881895	2882458	2882601	2882648	2882735	2882862		
104	1975	1	1976	9	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
105	1976	10	1976	10	7	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
106	1976	11	1977	1	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
107	1977	2	1977	2	7	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
108	1977	3	1977	5	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
109	1977	6	1977	10	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
110	1977	11	1977	11	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
111	1977	12	1977	12	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
112	1978	1	1978	8	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862

Anexo 3 A - (continuação)

113	1978	9	1978	9	7	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882735	2882862	
114	1978	10	1978	11	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
115	1978	12	1978	12	7	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862	
116	1979	1	1979	2	8	2881895	2882415	2882458	2882601	2882626	2882648	2882735	2882862
117	1979	3	1979	6	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
118	1979	7	1979	8	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
119	1979	9	1980	2	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
120	1980	3	1980	3	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
121	1980	4	1980	5	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
122	1980	6	1980	8	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
123	1980	9	1980	12	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
124	1981	1	1981	3	7	2881895	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862	
125	1981	4	1981	4	6	2882415	2882458	2882626	2882648	2882735	2882862		
126	1981	5	1981	9	6	2881895	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862		
127	1981	10	1981	12	5	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862			
128	1982	1	1982	8	6	2881895	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862		
129	1982	9	1982	9	5	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862			
130	1982	10	1985	8	6	2881895	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862		
131	1985	9	1985	9	5	2881895	2882458	2882648	2882735	2882862			
132	1985	10	1985	11	6	2881895	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862		
133	1985	12	1988	12	5	2882415	2882458	2882648	2882735	2882862			

ANEXO 3.B

**TOTAIS DE CHUVAS ANUAIS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS NO
ESTUDO HIDROLÓGICO DO AÇUDE ARACOIABA**

ANEXO 3.B

Totais De Chuvas Anuais Dos Postos Pluviométricos Utilizados No Estudo Hidrológico Do Açude Aracoiaba

PRECIPITAÇÕES TOTAIS ANUAIS (mm)															
Código	2881895	Código	2882415	Código	2882458	Código	2882601	Código	2882626	Código	2882735	Código	2882648	Código	2882862
ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC	ANO	PREC
1935	1276,4	1913	FALHA	1912	1457,3	1916	FALHA	1912	1418,0	1941	FALHA	1922	1277,2	1932	486,7
1936	1147,7	1914	1581,8	1913	1610,0	1917	1325,2	1913	1563,0	1942	FALHA	1923	935,8	1933	878,0
1937	1758,9	1915	691,3	1914	1315,0	1918	1074,6	1914	1343,7	1943	FALHA	1924	1320,9	1934	1242,4
1938	1719,0	1916	1555,2	1915	432,1	1919	FALHA	1915	307,3	1944	797,6	1925	979,0	1935	1207,8
1939	1542,1	1917	2126,1	1916	1234,2	1920	939,6	1916	1102,9	1945	1322,3	1926	1295,2	1936	350,3
1940	2350,8	1918	1423,5	1917	1843,4	1921	1105,9	1917	2033,8	1946	694,5	1927	1002,2	1937	893,3
1941	1281,7	1919	475,7	1918	1289,5	1922	667,8	1918	1016,1	1947	FALHA	1928	805,2	1938	920,5
1942	735,9	1920	1597,9	1919	253,1	1923	847,9	1919	314,4	1948	1605,6	1929	1060,3	1939	739,6
1943	1130,9	1921	2189,2	1920	1087,3	1924	1576,6	1920	1164,5	1949	1543,2	1930	539,5	1940	1437,4
1944	1263,0	1922	1307,2	1921	1796,6	1925	850,0	1921	1616,2	1950	1085,3	1931	FALHA	1941	485,0
1945	1869,3	1923	1136,2	1922	1234,6	1926	1253,6	1922	1440,9	1951	673,6	1932	FALHA	1942	384,7
1946	1345,2	1924	2327,1	1923	634,9	1927	363,3	1923	1034,4	1952	566,5	1933	FALHA	1943	605,3
1947	1515,0	1925	1061,7	1924	1990,2	1928	FALHA	1924	1552,6	1953	533,3	1934	FALHA	1944	FALHA
1948	1580,0	1926	1467,9	1925	1157,8	1929	FALHA	1925	1084,9	1954	785,6	1935	FALHA	1945	FALHA
1949	1481,3	1927	1217,2	1926	1114,4	1930	FALHA	1926	1040,6	1955	FALHA	1936	FALHA	1946	1042,8
1950	1993,2	1928	971,2	1927	824,4	1931	FALHA	1927	718,4	1956	FALHA	1937	FALHA	1947	1180,7
1951	1349,9	1929	1606,7	1928	425,7	1932	739,1	1928	638,8	1957	FALHA	1938	FALHA	1948	727,6
1952	1110,0	1930	924,3	1929	816,2	1933	448,2	1929	1085,0	1958	FALHA	1939	FALHA	1949	958,7
1953	1353,1	1931	FALHA	1930	788,0	1934	1261,4	1930	598,9	1959	295,4	1940	FALHA	1950	1026,1
1954	805,0	1932	FALHA	1931	816,6	1935	1472,0	1931	FALHA	1960	220,3	1941	FALHA	1951	564,4
1955	2626,1	1933	FALHA	1932	489,0	1936	964,5	1932	FALHA	1961	683,4	1942	FALHA	1952	761,7
1956	1700,6	1934	FALHA	1933	892,0	1937	1119,4	1933	FALHA	1962	832,5	1943	FALHA	1953	496,3
1957	1319,4	1935	FALHA	1934	1318,8	1938	1232,0	1934	FALHA	1963	1235,8	1944	FALHA	1954	655,3
1958	1419,6	1936	FALHA	1935	1102,0	1939	1248,2	1935	FALHA	1964	1893,9	1945	FALHA	1955	866,2
1959	2491,1	1937	FALHA	1936	687,1	1940	1893,5	1936	FALHA	1965	876,7	1946	FALHA	1956	818,7
1960	1699,8	1938	FALHA	1937	1209,7	1941	931,3	1937	FALHA	1966	441,9	1947	FALHA	1957	854,3
1961	1737,4	1939	FALHA	1938	1174,3	1942	983,3	1938	FALHA	1967	1300,9	1948	FALHA	1958	304,6
1962	1448,9	1940	FALHA	1939	1117,9	1943	1071,4	1939	FALHA	1968	981,1	1949	FALHA	1959	756,5

CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA

Anexo 3 B - (continuação)

1963	2138,9	1941	FALHA	1940	1166,7	1944	804,9	1940	FALHA	1969	1006,7	1950	FALHA	1960	578,7
1964	2720,6	1942	FALHA	1941	535,6	1945	1390,2	1941	FALHA	1970	490,6	1951	FALHA	1961	1165,4
1965	2456,3	1943	FALHA	1942	673,9	1946	1220,8	1942	FALHA	1971	800,8	1952	FALHA	1962	949,5
1966	1672,2	1944	FALHA	1943	832,6	1947	FALHA	1943	FALHA	1972	615,0	1953	FALHA	1963	1117,3
1967	3238,2	1945	FALHA	1944	935,3	1948	619,1	1944	FALHA	1973	1112,0	1954	FALHA	1964	1477,0
1968	2263,8	1946	FALHA	1945	1436,0	1949	1192,6	1945	1629,0	1974	1370,0	1955	FALHA	1965	1063,8
1969	2547,7	1947	FALHA	1946	1163,7	1950	FALHA	1946	1113,3	1975	986,5	1956	FALHA	1966	758,9
1970	1355,9	1948	FALHA	1947	FALHA	1951	357,9	1947	1208,4	1976	621,5	1957	FALHA	1967	1227,6
1971	2426,3	1949	FALHA	1948	310,1	1952	764,0	1948	1138,8	1977	1358,7	1958	FALHA	1968	679,8
1972	1969,4	1950	FALHA	1949	1245,5	1953	879,9	1949	1177,4	1978	753,4	1959	FALHA	1969	1014,8
1973	1762,7	1951	FALHA	1950	924,4	1954	837,3	1950	1082,2	1979	568,3	1960	FALHA	1970	552,2
1974	2898,4	1952	FALHA	1951	FALHA	1955	1034,8	1951	815,4	1980	701,5	1961	FALHA	1971	1093,7
1975	1663,8	1953	FALHA	1952	794,5	1956	331,9	1952	913,6	1981	576,0	1962	1021,5	1972	678,5
1976	825,0	1954	FALHA	1953	634,8	1957	394,0	1953	646,6	1982	732,5	1963	1426,9	1973	1352,1
1977	1933,1	1955	FALHA	1954	815,5	1958	738,1	1954	689,6	1983	395,0	1964	1928,3	1974	1705,3
1978	1329,2	1956	FALHA	1955	721,3	1959	1217,3	1955	980,6	1984	1072,0	1965	838,5	1975	1166,1
1979	FALHA	1957	FALHA	1956	695,8	1960	930,9	1956	1208,9	1985	1756,0	1966	743,8	1976	755,2
1980	FALHA	1958	FALHA	1957	676,5	1961	1381,8	1957	970,1	1986	1357,0	1967	1740,1	1977	1609,3
1981	583,1	1959	FALHA	1958	FALHA	1962	994,4	1958	317,5	1987	748,9	1968	907,8	1978	817,4
1982	925,8	1960	FALHA	1959	989,2	1963	1369,1	1959	1140,9	1988	1313,9	1969	1245,0	1979	430,0
1983	617,5	1961	FALHA	1960	394,2	1964	2007,1	1960	636,1			1970	730,3	1980	782,2
1984	1533,3	1962	1343,7	1961	789,7	1965	1321,5	1961	1326,7			1971	1283,7	1981	579,0
1985	1693,4	1963	1277,7	1962	1133,5	1966	1182,2	1962	876,3			1972	794,8	1982	592,2
1986	FALHA	1964	1714,5	1963	1458,4	1967	1258,9	1963	1294,9			1973	1287,0	1983	452,6
1987	FALHA	1965	1330,8	1964	1753,9	1968	1109,0	1964	1839,8			1974	1794,2	1984	1151,1
1988	FALHA	1966	965,9	1965	1362,0	1969	1198,0	1965	1308,7			1975	1369,6	1985	2097,4
		1967	1510,1	1966	699,0	1970	910,4	1966	938,0			1976	1076,4	1986	1575,9
		1968	1095,3	1967	833,9	1971	1327,9	1967	1295,3			1977	1517,2	1987	829,7
		1969	1565,4	1968	1051,7	1972	870,5	1968	1261,2			1978	1132,7	1988	1163,7
		1970	1244,8	1969	1070,5	1973	1250,8	1969	1604,0			1979	779,2		
		1971	1518,2	1970	696,8	1974	1962,3	1970	627,2			1980	947,2		
		1972	1229,7	1971	1426,2	1975	1200,5	1971	1253,7			1981	678,2		
		1973	1842,3	1972	838,2	1976	954,1	1972	651,6			1982	1031,6		
		1974	2345,3	1973	1575,1	1977	307,4	1973	1086,0			1983	504,4		
		1975	1723,5	1974	2056,2	1978	1142,5	1974	912,6			1984	1304,4		

Anexo 3 B - (continuação)

		1976	1246,5	1975	1449,9	1979	FALHA	1975	950,2			1985	1953,8		
		1977	2113,8	1976	989,7	1980	FALHA	1976	715,0			1986	1626,9		
		1978	1459,3	1977	1241,3	1981	FALHA	1977	1632,2			1987	1064,4		
		1979	1088,6	1978	1016,4	1982	FALHA	1978	928,0			1988	1516,4		
		1980	1435,2	1979	869,3	1983	FALHA	1979	602,8						
		1981	1097,5	1980	977,5	1984	FALHA	1980	851,9						
		1982	1671,5	1981	609,0	1985	FALHA	1981	FALHA						
		1983	849,3	1982	775,1	1986	FALHA	1982	FALHA						
		1984	1769,0	1983	488,6	1987	FALHA	1983	FALHA						
		1985	2239,1	1984	1479,1	1988	FALHA	1984	FALHA						
		1986	2260,0	1985	2129,6			1985	FALHA						
		1987	1468,6	1986	1646,9			1986	FALHA						
		1988	1999,8	1987	907,9			1987	FALHA						
								1988	FALHA						

4 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

4.1 - Dados Existentes

À montante do eixo da barragem do açude Aracoiaba - cerca de 15 Km - há a estação fluviométrica Aracoiaba, no rio Aracoiaba, com área de drenagem de 449 Km² e localização 04° 22' S e 38° 49' W

Essa estação fluviométrica possui vazões de razoável qualidade, para o período de 1924 a 1930. Somente existem falhas nos meses de abril a julho de 1925

Tendo em vista que a estação fluviométrica situa-se relativamente próxima ao local da barragem do açude Aracoiaba, utilizaram-se seus dados para ajustar o modelo chuva-deflúvio escolhido

4.2 - Modelo Matemático Chuva-Deflúvio

4.2.1 - Introdução

Com o objetivo de tornar possível a obtenção das vazões mensais, para o período de 1912 a 1988, possibilitando, dessa forma, o estudo de regularização da capacidade de acumulação do açude Aracoiaba, resolveu-se fazer uso do modelo matemático chuva-deflúvio, desenvolvido por LANNA e SCHWARZBACH⁵ e que recebeu, de seus autores, a denominação MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável

O modelo MODHAC é utilizado, com razoável sucesso, no Nordeste brasileiro, principalmente no estado do Ceará, onde foi utilizado em todas as suas bacias hidrográficas, quando da realização de seu PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos. É também bastante divulgado entre aqueles que fazem a hidrologia da região nordestina

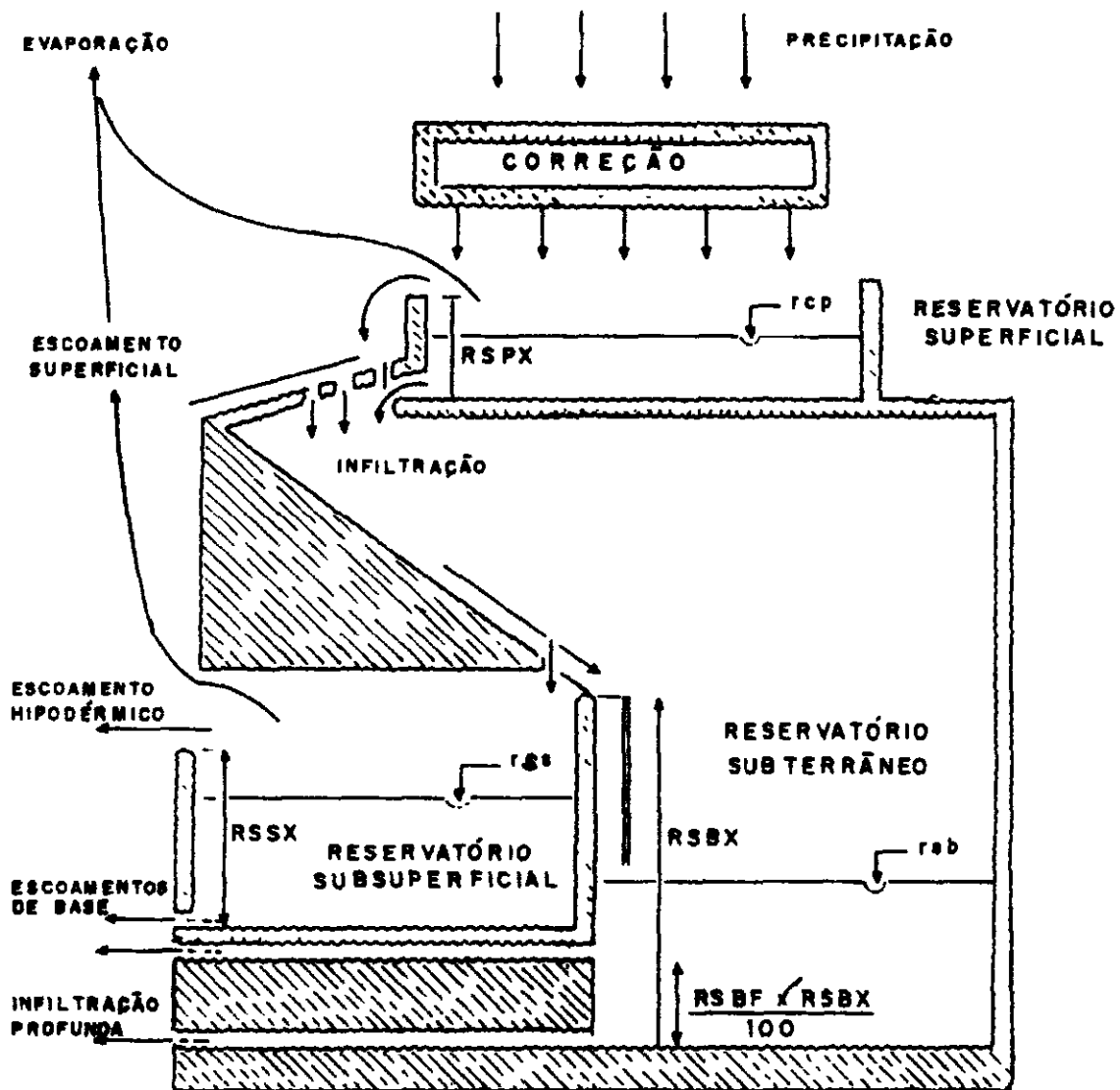
4.2.2 - Calibração do Modelo MODHAC

Na calibração do modelo MODHAC, conforme já mencionado no item 4.1, utilizou-se os dados da estação fluviométrica Aracoiaba, após sua transformação para valores de deflúvio (lâmina escoada em mm)

O modelo MODHAC, com intervalo de computação diário, tem como característica mais notável, segundo seus próprios autores, a "possibilidade de ter seus parâmetros ajustados automaticamente produzindo ajustes nas vazões mensais calculadas às vazões mensais observadas". A Figura 4.1 mostra o esquema de funcionamento do modelo MODHAC

⁵ LANNA A. E. e SCHWARZBACH, M. MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável. Porto Alegre - RS

54p. Recursos Hídricos - Publicação 21. IPH/UFRS, 1989



Fonte: PERH, Estudos de Base I, 1992

PERH - Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Figura 4 1 - Esquema de funcionamento do modelo MODHAC

Em sua concepção original, o modelo MODHAC possui 14 parâmetros. Esses parâmetros e respectivos significados são os seguintes:

⇒ RSPX é a capacidade máxima do reservatório superficial, sendo função desta o retardo na resposta do escoamento superficial à ocorrência de chuva, representa todas as retenções, inclusive a aqüedagem difusa.

⇒ RSSX é a capacidade máxima do reservatório sub-superficial. Em consequência de estar relacionada com a retenção na zona de atividade radicular dos vegetais, atua sobre as perdas por evapotranspiração e alimentação do escoamento em curtos períodos de estiagem.

⇒ RSBX é a capacidade máxima do reservatório subterrâneo. Tomado como nulo no caso de bacias da região semi-árida do Brasil (Formação Cristalina), valores elevados encontram-se nas bacias sedimentares.

⇒ IMIN é a infiltração mínima. É utilizado fundamentalmente para transladar os escoamentos no tempo, e seu efeito é semelhante ao parâmetro RSPX.

⇒ IMAX é a permeabilidade do solo. Seu valor é proporcional à permeabilidade, em função da heterogeneidade dos solos que compõem a área drenada e das chuvas que ocorrem, esse parâmetro poderá perder o efeito na calibração.

⇒ IDEC é o coeficiente de infiltração. Influencia a inter-relação entre os parâmetros IMIN e IMAX.

⇒ ASB é o expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo. Entra na calibração apenas no caso de RSBX ser diferente de zero.

⇒ CEVA é um parâmetro da lei de evapotranspiração do solo, variando entre 0 e 1. Sua elevação determina maiores perdas por evapotranspiração.

⇒ ASP é o expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial.

⇒ ASS é o expoente da lei de esvaziamento do reservatório sub-superficial.

⇒ TS é o tempo de trânsito do escoamento superficial. Seu valor deverá ser fixado na dependência do tempo de concentração estimado na bacia. Em geral, afeta muito pouco os resultados da simulação quando o intervalo de computação é o diário e o de simulação o mensal.

⇒ TB é o tempo de trânsito do escoamento subterrâneo. Os mesmos comentários relativos a TS se aplicam. Normalmente, $TB \geq TS$.

⇒ PRED é a correção da precipitação. Nos casos em que existe uma boa densidade de pluviômetros na bacia esse parâmetro deverá ser fixado com o valor 999 e não haverá correção da precipitação. Nos outros casos deverá ser verificado se as precipitações medidas sub ou superestimam os valores reais. No caso de superestimativa PRED deverá ser positivo. No outro caso, negativo. Seu ajuste deverá ser conduzido após os parâmetros mais sensíveis, listados previamente, terem sido pré-ajustados e quando for confirmada a hipótese de inconsistência das precipitações medidas, e

⇒ RSBF é o armazenamento mínimo para que ocorra contribuição do reservatório subterrâneo no escoamento na base. Esse parâmetro é dado em porcentagem da capacidade do reservatório subterrâneo. Logo, seu valor varia entre 0 e 100. Ele influencia as simulações de forma idêntica ao parâmetro PRED, de ajuste de chuva, quando este último for positivo. Ou seja, ele diminui os escoamentos da bacia. Seu uso deverá ser cogitado quando houver um excesso de escoamento calculado em conjunto com boa consistência dos dados pluviométricos. O uso efetivo, porém, deve ocorrer quando houver evidências de que a bacia é assentada em subsolo cristalino com relevante sistema de fraturas ou no Karst.

Após realizadas diversas calibrações foram obtidos, os parâmetros apresentados na Tabela 4.1, que possibilitaram um ajuste razoável, entre os deflúvios mensais observados e calculados, para o período de calibração de 1924 a 1930, conforme mostrado na Figura 4.2.

Tabela 4.1 - Valores ótimos da calibração do modelo MODHAC, aplicado à bacia hidrográfica do açude Aracoíaba

PARÂMETROS DO MODELO	VALORES ÓTIMOS
RSPX	88,99
RSSX	345,30
RSBX	7,873
RSBF	2,171
IMAX	57,06
IMIN	3,308
IDEC	0,4262
ASP	0,000884
ASS	0,001347
ASB	0,004206
CEVA	0,00000263

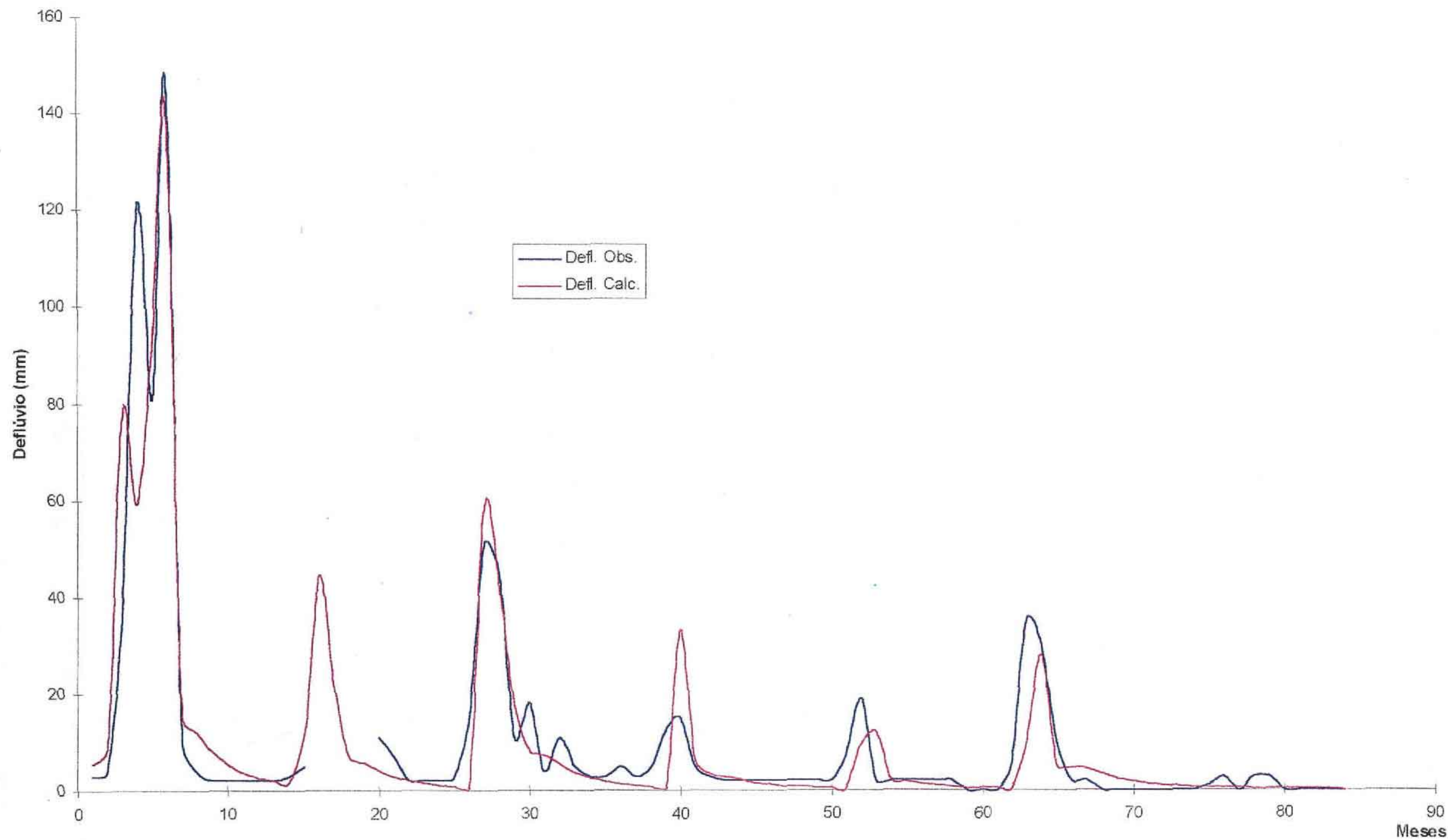


Figura 4.2 - Comparação entre os deflúvios mensais observados e calculados pelo MODHAC, para a bacia da estação fluviométrica Aracoiaba e período de 1924 a 1930

Na aplicação do modelo, utilizou-se como evapotranspiração potencial, os valores ponderados diários das evapotranspirações potenciais de HARGREAVES, das partes alta e baixa da bacia do açude Aracoiaba. Os valores utilizados são apresentados na Tabela 4.2

Tab 4.2 - Valores médios diários de evapotranspiração potencial de Hargreaves

VARIÁVEL	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
ETP(mm)	4,0	3,7	3,1	3,0	3,2	2,9	3,1	3,8	4,4	4,3	4,5	3,8

4.3 - Volumes Mensais Afluentes

A aplicação do modelo MODHAC a bacia hidrográfica do açude Aracoiaba produziu seus volumes afluentes, cujos valores mensais e anuais estão apresentados na Tabela 4.3

Na Tabela 4.3 estão apresentados também a estatística dos volumes afluentes gerados pelo modelo MODHAC, onde se observa que o volume médio afluente do açude Aracoiaba foi de 155,48 hm³, com coeficiente de variação de 0,82

Tabela 4.3 - Volumes afluentes mensais e anuais (hm³) ao açude Aracoiaba e respectivos parâmetros estatísticos mais importantes

ANO	M E S E S												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
912	0 00	32 58	31 04	38 21	91 13	43 22	8 39	6 83	4 82	3 59	2 42	1 75	263 99
913	1 34	36 29	84 56	70 42	43 61	8 37	8 31	7 56	5 19	3 91	2 78	8 59	280 93
914	2 48	18 53	24 99	31 72	44 72	71 67	8 82	8 40	6 17	4 27	2 83	2 05	226 65
915	1 48	1 06	0 92	0 83	0 84	0 70	0 60	0 46	0 33	0 25	0 18	0 14	7 77
916	0 12	0 13	31 39	16 59	18 69	6 68	5 83	4 57	3 06	2 16	1 48	1 15	91 85
917	37 61	42 48	141 66	96 58	174 85	41 19	8 68	7 00	4 73	3 35	2 23	1 79	562 16
918	1 48	3 10	16 62	26 02	20 10	11 41	6 82	5 47	3 88	2 77	1 83	1 34	100 85
919	1 09	0 78	0 72	0 58	0 53	0 41	0 36	0 29	0 22	0 17	0 12	0 10	5 36
920	0 08	0 06	41 10	26 73	22 08	10 00	7 07	6 24	4 24	2 99	2 03	1 59	124 20
921	1 43	17 11	47 05	56 97	149 73	8 50	14 40	8 28	5 81	4 26	2 96	2 27	318 77
922	1 65	1 17	1 17	61 49	28 05	14 48	8 69	8 35	6 59	4 57	2 99	2 33	141 53
923	1 82	3 26	36 57	24 84	6 40	5 97	5 92	4 85	3 24	2 28	1 53	1 12	97 81
924	0 83	14 38	66 42	100 25	118 14	100 37	10 01	7 46	4 95	3 48	2 34	1 70	430 33
925	1 40	1 21	13 74	37 10	16 38	6 42	5 57	4 08	2 86	2 19	1 48	1 09	93 51
926	0 89	7 69	54 34	74 90	44 94	8 43	7 83	5 69	3 77	2 64	1 73	1 25	214 09
927	0 91	0 70	6 36	46 10	12 32	8 08	6 28	4 98	3 35	2 41	1 61	1 16	94 27
928	0 88	0 67	4 62	32 32	16 28	4 23	3 59	2 65	1 80	1 34	0 94	0 71	70 03
929	0 54	13 50	31 23	35 40	13 25	7 52	7 44	6 09	4 16	2 98	2 03	1 55	125 71
930	1 17	0 94	0 90	1 87	1 17	1 09	1 05	0 83	0 60	0 47	0 35	0 29	10 72
931	0 24	0 20	2 35	8 71	1 51	1 34	1 14	0 89	0 65	0 51	0 39	0 32	18 25
932	0 26	0 22	0 25	1 38	0 75	0 68	0 64	0 54	0 42	0 36	0 29	0 25	6 02
933	0 21	0 19	5 24	51 59	6 06	5 37	4 98	3 66	2 45	1 75	1 20	0 89	83 59
934	0 74	12 48	46 74	24 48	58 60	8 52	8 16	6 04	4 08	2 87	1 91	1 51	176 10
935	1 22	4 98	35 45	32 29	39 60	48 69	10 00	8 28	5 81	4 12	2 72	1 95	195 11
936	1 45	1 04	2 63	1 51	8 78	24 78	4 06	3 48	2 38	1 71	1 17	0 88	53 87
937	0 65	2 16	6 69	42 37	23 25	19 64	7 75	7 20	5 10	3 89	2 61	1 94	123 25
938	1 51	1 21	37 14	52 83	33 97	14 51	8 24	6 34	4 48	3 21	2 15	1 59	167 18
939	1 28	17 20	33 96	13 12	8 72	5 98	5 59	4 59	3 38	2 60	2 06	1 54	100 01

**CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA**

Tabela 4 3 - (continuação)

940	1 23	1 11	22 02	62 29	151 36	63 08	41 79	8 40	6 15	4 38	2 87	2 07	366 76
941	1 57	1 12	8 01	24 68	18 39	4 96	4 44	3 33	2 25	1 62	1 10	0 84	72 32
942	0 63	0 48	9 55	10 80	9 19	3 88	3 08	2 37	1 64	1 21	0 85	0 65	44 35
943	0 50	0 43	9 27	28 26	4 97	3 67	3 57	2 87	1 99	1 42	1 00	0 78	58 73
944	0 66	0 54	1 57	20 34	21 28	5 22	4 73	3 73	2 51	1 79	1 21	0 91	64 48
945	0 75	34 07	22 23	57 97	80 88	54 68	20 10	7 61	5 29	3 78	2 55	1 97	291 89
946	21 49	11 58	20 27	35 71	9 89	8 14	6 96	5 01	3 33	2 34	1 55	1 14	127 42
947	0 89	3 87	22 08	30 70	43 48	8 03	7 76	5 87	3 95	2 91	1 96	1 79	133 29
948	1 66	1 47	26 65	20 61	23 46	12 85	15 46	7 80	5 42	3 83	2 56	1 88	123 66
949	1 38	1 00	41 34	46 17	93 69	15 02	8 53	7 16	4 93	3 43	2 28	1 83	226 76
950	1 34	0 99	32 84	108 45	95 43	8 38	7 33	5 35	3 56	2 51	1 71	1 28	269 17
951	0 97	0 70	0 63	9 13	1 79	38 19	4 87	4 09	2 75	1 96	1 38	1 07	67 53
952	0 91	0 70	6 32	29 06	19 52	5 01	4 44	3 25	2 20	1 57	1 07	0 81	74 84
953	0 63	0 45	0 46	17 56	5 34	7 74	3 37	2 73	1 90	1 38	0 95	0 72	43 22
954	0 55	0 42	3 33	4 69	19 66	4 03	3 59	2 77	1 90	1 37	0 93	0 71	43 96
955	0 54	0 46	12 18	34 17	36 73	7 03	6 73	5 12	3 43	2 42	1 75	1 37	111 92
956	1 10	6 94	36 25	62 51	8 35	7 58	6 86	5 45	3 99	2 83	1 86	1 35	145 04
957	1 12	0 89	25 43	54 75	7 73	7 18	6 63	4 85	3 25	2 32	1 54	1 13	116 81
958	0 84	0 58	0 54	0 48	17 17	2 03	1 96	1 57	1 10	0 82	0 59	0 48	28 15
959	0 40	17 84	37 43	21 52	25 05	7 56	7 51	6 30	4 24	2 94	1 94	1 41	134 14
960	1 03	0 75	28 90	39 39	6 39	5 93	5 51	4 41	3 03	2 13	1 41	1 05	99 93
961	0 81	27 79	40 49	39 83	51 42	26 80	8 53	7 21	4 86	3 42	2 25	1 65	215 05
962	1 25	0 99	55 96	19 89	9 92	7 08	6 72	5 10	3 48	2 51	1 69	1 33	115 93
963	4 36	13 78	72 29	51 46	31 70	8 27	7 35	5 46	3 64	2 53	1 70	1 51	204 04
964	14 53	58 26	92 04	237 11	90 81	17 80	8 52	8 03	6 06	4 43	2 93	2 12	542 66
965	1 61	1 21	9 98	47 18	21 13	65 37	14 35	7 94	5 43	4 01	2 71	1 97	182 87
966	1 44	1 06	1 05	0 98	13 18	22 15	7 28	4 40	3 19	2 39	1 65	1 24	60 01
967	0 97	14 33	50 31	116 86	143 48	18 21	8 80	8 18	5 78	4 02	2 62	1 87	375 44
968	1 51	1 30	26 02	26 76	36 89	16 67	8 48	7 29	4 88	3 41	2 28	1 66	137 16
969	1 30	0 95	10 65	50 40	15 59	24 12	61 02	8 89	7 90	6 30	4 30	3 08	194 51
970	2 25	1 81	9 89	28 69	4 98	4 61	4 11	3 21	2 19	1 56	1 06	0 81	65 17
971	0 62	0 53	20 81	22 72	23 54	22 64	8 99	7 38	5 85	4 37	3 23	2 43	123 11
972	1 85	1 47	1 51	5 61	15 54	4 62	3 80	3 39	2 42	1 74	1 21	0 91	44 08
973	0 79	0 64	5 71	25 48	32 71	22 22	11 69	8 24	5 87	4 22	2 82	2 16	122 54
974	31 58	24 81	71 21	160 60	110 67	48 73	8 75	8 03	5 75	4 24	2 77	2 14	479 29
975	1 74	1 35	26 32	10 09	29 74	10 59	9 25	7 87	5 89	4 21	2 77	2 23	112 07
976	1 82	5 67	21 95	23 03	5 97	5 40	4 42	3 40	2 38	1 76	1 24	0 95	77 99
977	1 57	22 56	33 34	21 47	110 72	73 86	66 11	8 67	6 35	4 43	2 91	2 11	354 10
978	1 54	1 10	10 80	23 19	29 04	6 68	6 66	6 24	4 60	3 29	2 29	1 85	97 28
979	1 38	1 03	1 06	1 01	12 73	2 41	2 31	1 79	1 33	1 00	0 72	0 57	27 32
980	0 46	35 04	30 66	11 10	5 75	4 88	4 27	3 11	2 12	1 52	1 03	0 77	100 70
981	0 59	0 43	47 31	5 92	4 35	4 02	3 61	2 64	1 78	1 27	0 86	0 65	73 43
982	0 58	0 48	19 36	12 21	28 68	7 08	5 41	4 47	3 15	2 31	1 63	1 24	86 61
983	0 93	0 70	8 76	6 93	2 20	2 01	1 68	1 27	0 91	0 69	0 50	0 40	26 97
984	0 32	0 26	9 45	26 22	44 76	24 03	26 91	8 50	6 83	4 95	3 33	2 48	158 05
985	1 99	30 65	75 40	122 52	119 30	69 30	54 34	8 67	6 56	4 59	3 08	2 27	498 67
986	1 97	11 21	31 77	121 44	89 46	58 27	8 79	8 12	5 81	4 45	3 15	2 44	346 89
987	1 88	1 43	23 86	19 99	6 32	26 31	7 01	6 21	4 25	3 04	2 04	1 51	103 84
988	1 14	1 00	4 36	77 75	84 30	15 30	8 84	8 35	6 42	4 64	3 24	2 55	217 87

Tabela 4.3 - (continuação)

MIN.	00	01	02	05	05	04	04	03	02	02	01	01	5.4
MÉD.	24	76	258	395	374	180	95	54	38	27	19	15	155.5
MÁX.	376	583	1417	2371	1749	1004	661	89	79	63	43	86	562.2
D.P.	602	1207	2558	3976	4179	2110	1184	241	182	132	088	105	128.06
C.V.	247	159	099	101	112	117	125	045	048	048	047	070	0.82

5 - ESTUDO DA CHEIA DE PROJETO

5.1 - Introdução

A segurança e economia de um açude está diretamente relacionada com a obtenção da cheia de projeto, a qual permitirá o dimensionamento adequado de seu sangradouro. Em açudes de grande porte - tipo Castanhão ou Orós, no Estado do Ceará - , onde há o perigo de grandes prejuízos e de perdas humanas, geralmente utilizam-se as cheias máximas prováveis ou decamilenares. Em açudes de médio porte é bastante a cheia milenar, enquanto que naqueles de pequeno porte é comum utilizar-se a cheia centenária.

5.2 - Metodologia Utilizada

A inexistência de série de dados fluviográficos de boa qualidade e de razoável extensão, torna inexorável a utilização de métodos indiretos na determinação da cheia de projeto do açude estudado.

Adotar-se-á, no presente estudo, a metodologia indireta do Soil Conservation Service⁶ (SCS), a qual se baseia em seu hidrograma unitário triangular e no parâmetro CN ("Curve Number"). Esse parâmetro CN representa o complexo solo-vegetação e seu relacionamento com a potencialidade da bacia na formação de picos de cheias.

Para a bacia do açude Aracoiaba, obteve-se o valor CN da seguinte forma:

1 Na parte alta da bacia - 40% da área total - adotou-se o CN=65, valor para cobertura vegetal tipo floresta densa e solo intermediário entre B e C, e

2 Na parte baixa da bacia - 60% da área total -, adotou-se o CN=77, para solo tipo C e cobertura vegetal do tipo campos permanentes esparsos.

Assim sendo, o CN para a bacia do açude Aracoiaba resultou em

$$CN = 0,40 \times 65 + 0,60 \times 77 \cong 73$$

⁶ USDA Soil Conservation Service National Engineering Handbook, Section 4 Hydrology Washington, D C
1985

5.3 - Hidrograma Unitário Triangular do SCS

Para a obtenção do Hidrograma Unitário Triangular - HUT - , é necessária a determinação do tempo de concentração da bacia estudada, t_c , o que foi obtido pela fórmula de Kirpich

$$t_c = 57 \times [L^3 / H]^{0.385} = 57 \times [53,1^3 / 765]^{0.385} = 441,4 \text{ minutos} \cong \mathbf{8 \text{ horas}}$$

onde

t_c - tempo de concentração, em minutos.

L - comprimento do curso curso d'água principal, em Km, e

H - desnível entre as cotas da cabeceira e do exutório da bacia, em m

Uma verificação razoável para a coerência do valor do t_c calculado, pode ser obtida pela comparação entre as velocidades médias determinadas diretamente e por intermédio da expressão de Manning, considerando o curso d'água como um canal retangular muito largo e rugosidade das paredes do tipo terra com vegetação ($n \cong 0,032$) Assim sendo, obteve-se o seguinte resultado

$$V_{\text{diretamente}} = \frac{L_{\text{curso d'água principal}}(\text{m})}{t_c (\text{h}) \times 3600} = \frac{53100}{8 \times 3600} = 1,84 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{Manning}} = 1/n \times R_{Lr}^{2/3} \times D^{1/2} = 1/0,032 \times 1^{2/3} \times 0,00361^{1/2} = 1,88 \text{ m/s}$$

Pela comparação das velocidades médias calculadas, vê-se que o cálculo do t_c , para a bacia estudada, mostra-se bastante satisfatório

Após o cálculo do tempo de concentração - t_c , em horas, foram determinados os três parâmetros básicos do HUT do SCS, quais sejam

$$t_r = 0,133 \times t_c = 0,133 \times 8 \cong \mathbf{1,1 \text{ horas}}$$

$$t_p = 0,5 \times t_r + 0,6 \times t_c = 0,5 \times 1,1 + 0,6 \times 8 \cong \mathbf{5,3 \text{ horas}}$$

$$K_b = 2,667 \times t_p = 2,667 \times 5,3 \cong \mathbf{14,2 \text{ horas}}$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A_{\text{bacia}} \times 1 \text{ cm}}{t_p} = \frac{2,08 \times 584,05}{5,3} \cong \mathbf{229,2 \text{ m}^3/\text{s}}$$

onde

t_r - duração da chuva efetiva unitária do HUT, em horas,

t_p - tempo decorrido até a vazão de pico do HUT, Q_p , em horas,

t_b - tempo de base do HUT, em horas, e

Q_p - vazão de pico correspondente à chuva efetiva unitária de 1cm, em m^3/s

Na Figura 5 1 é mostrado o HUT de 1.1 horas do SCS, para o caso da bacia do açude Aracoiaba

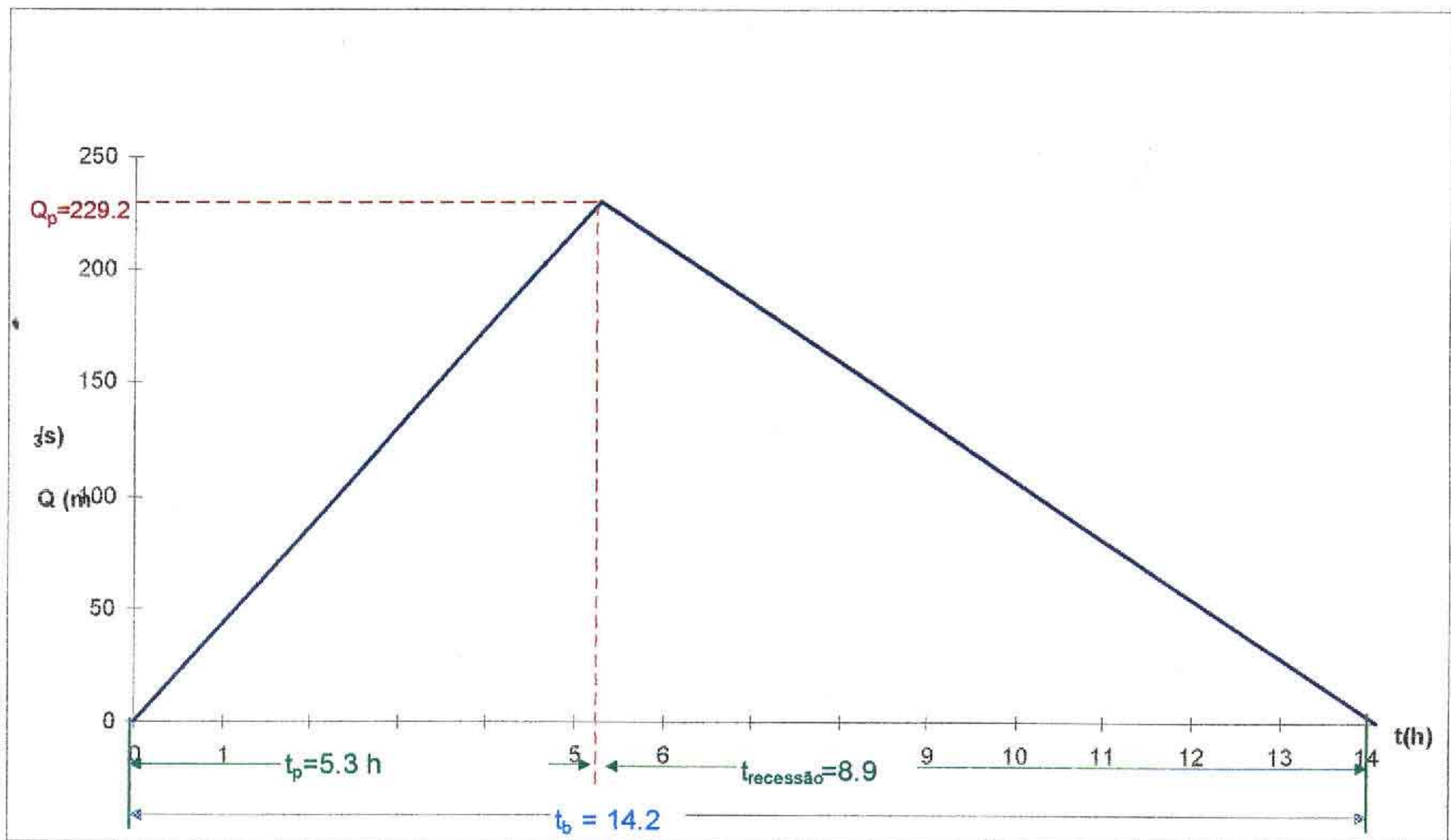


Figura 5.1 - Hidrograma unitário triangular do SCS para duração de 1,1 horas

5.4. Hidrogramas das Cheias de Projeto

Para a obtenção dos hidrogramas das cheias de projeto, correspondentes aos tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos, tornou-se necessário, inicialmente, a determinação do HUT com duração igual àquela do tempo de concentração da bacia estudada $t_c = 8$ horas. Essa duração foi considerada como a duração das cheias de projeto.

Utilizando a metodologia da curva "S", cujo resultado é apresentado na Figura 5.2, foi obtido o hidrograma unitário com duração $t_c = 8$ horas, para a bacia do açude Aracoiaba. A Figura 5.3 apresenta o hidrograma unitário de duração $t_c = 8$ horas, para a referida bacia.

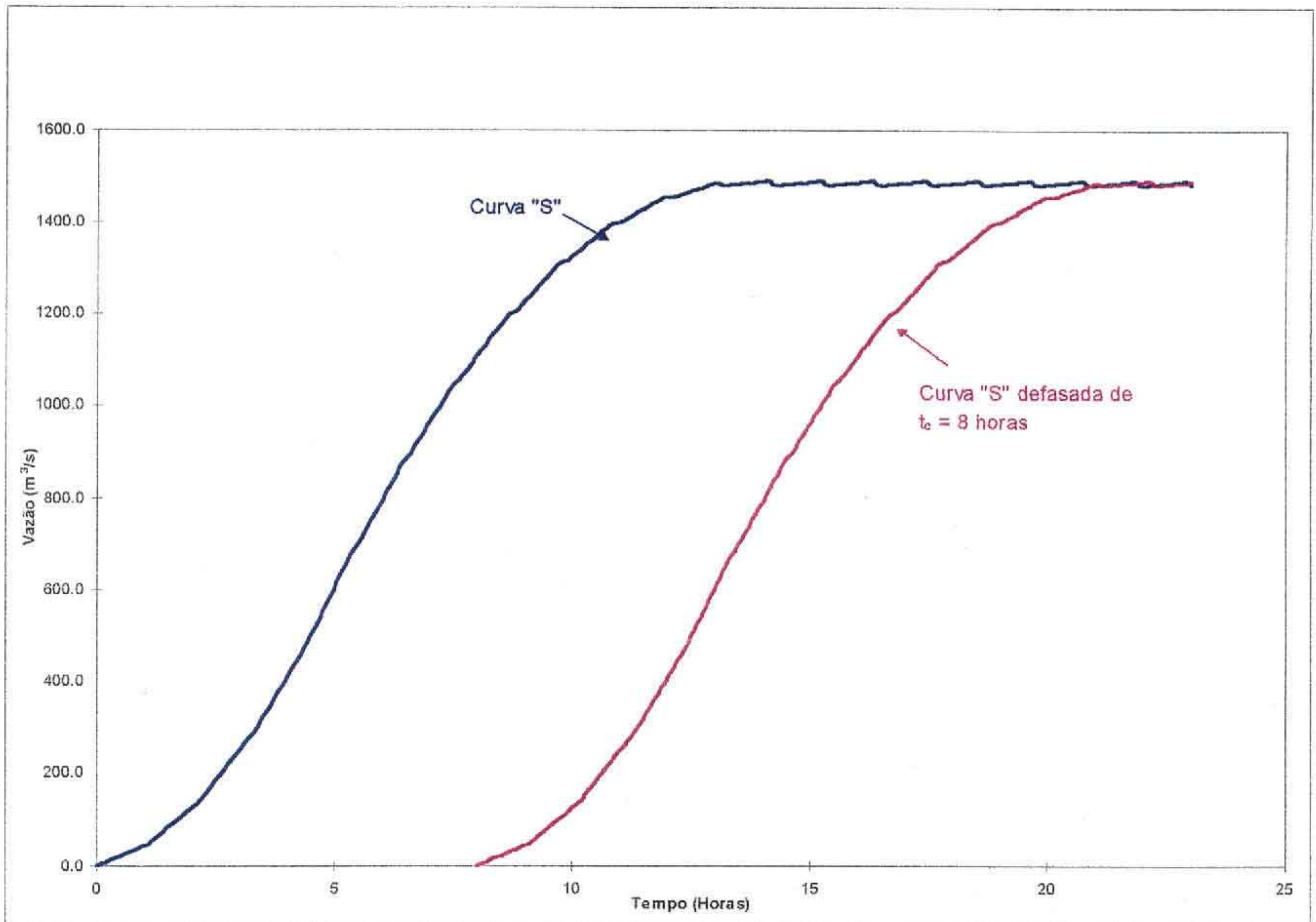


Figura 5.2 - Curvas "S" para a obtenção do HU de 8 horas da bacia do açude Aracoiaba

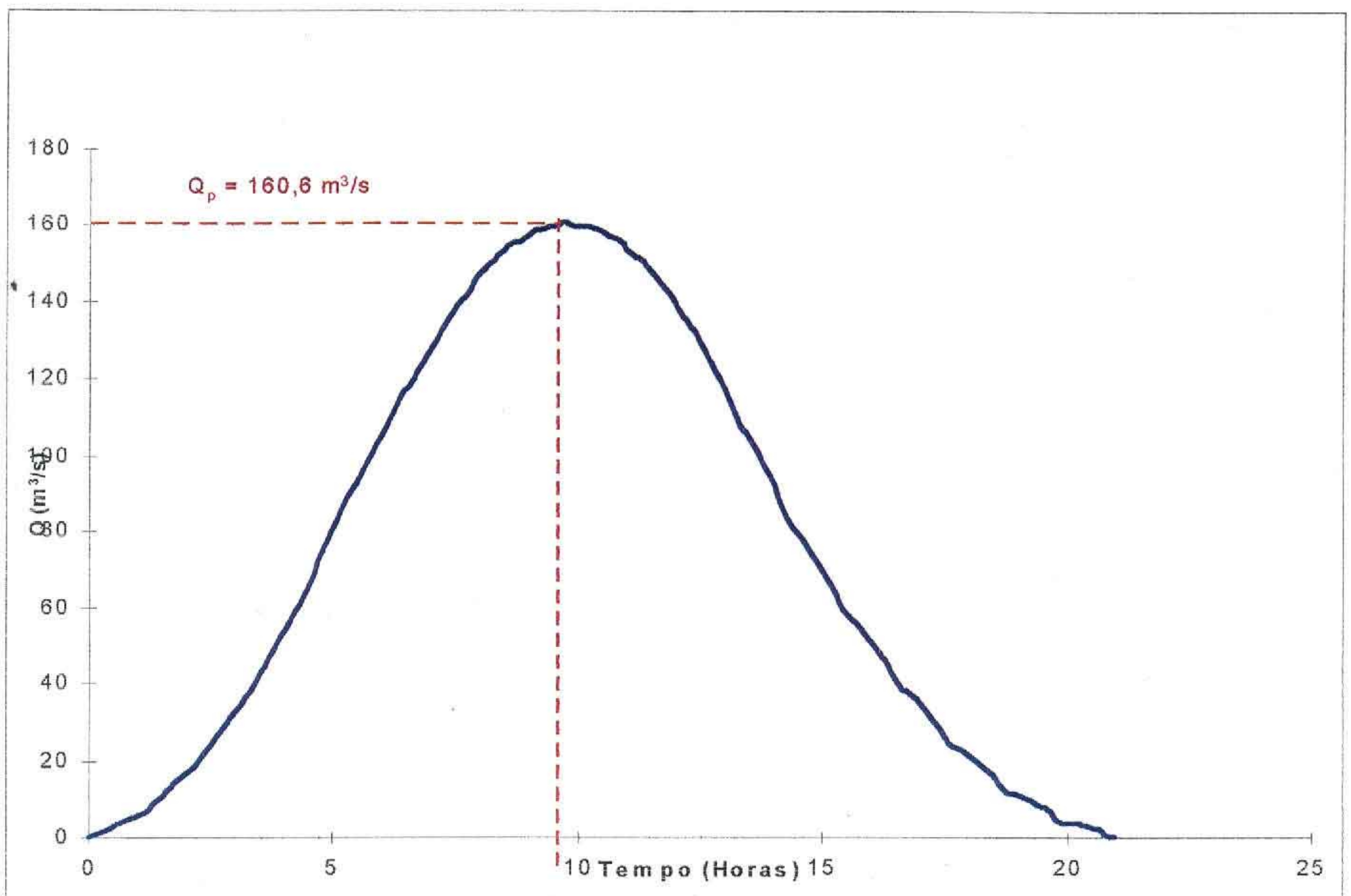


Figura 5.3 - Hidrograma unitário de 8 horas de duração da bacia do açude Aracoiaba

Após obtido o hidrograma unitário da bacia estudada, com duração de 8 horas, procedeu-se à determinação dos hidrogramas das cheias de projeto.

A determinação das cheias de projeto são determinadas a partir das chuvas intensas efetivas de duração de 8 horas com períodos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Através da Figura 3.7, apresentada no item 3, foram obtidas as chuvas intensas na bacia estudada, para duração de 8 horas, conforme mostrado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Chuvas intensas na bacia do açude Aracoiaba, com duração de 8 horas para tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos

Tempo de Retorno(anos)	Chuva Intensa na Bacia para Duração de 8 horas (mm)
50	118,8
100	128,6
500	151,3
1.000	160,7
10.000	194,0

As chuvas intensas efetivas na bacia foram obtidas através da equação do SCS. em unidades do SI

$$P_{\text{efetiva}} = \frac{[P - (5080 \cdot \text{CN}) - 50.8]^2}{[P - (20320 \cdot \text{CN}) - 203.2]}$$

onde

P_{efetiva} - chuva intensa efetiva na bacia. em mm.
 P - chuva intensa na bacia. em mm. e
 CN - parâmetro CN - "Curve Number" - do SCS

Com o $\text{CN} = 73$ - obtido anteriormente - da bacia estudada. obteve-se as chuvas intensas efetivas para os tempos de retorno escolhidos. Os valores das chuvas intensas e chuvas intensas efetivas da bacia. com duração de 8 horas e para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1 000 e 10 000 anos são apresentados na Tabela 5.2

Tabela 5.2 - Chuvas intensas e chuvas intensas efetivas na bacia do açude aracoiba, para duração de 8 horas e diversos tempos de retorno

Tempo de Retorno (Anos)	Precipitação Máxima (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
50	118.8	51,6
100	128.6	59.2
500	151.3	77,5
1000	160.7	85.4
10000	194.0	114.1

Aplicando as chuvas intensas efetivas calculadas no H.U. de 8 horas de duração da bacia. obtiveram-se os hidrogramas das cheias de projeto. para os tempos de retorno de 100, 500, 1 000 e 10 000 anos conforme mostrados na Figura 5.4

Na Tabela 5.3 são apresentadas as vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto. para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1 000 e 10 000 anos

Tabela 5.3 - Vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos

Tempo de Retorno(anos)	Vazões de Pico dos Hidrogramas das Cheias de Projeto (m^3/s)
50	828.2
100	950.4
500	1245,2
1 000	1371.2
10 000	1831.7

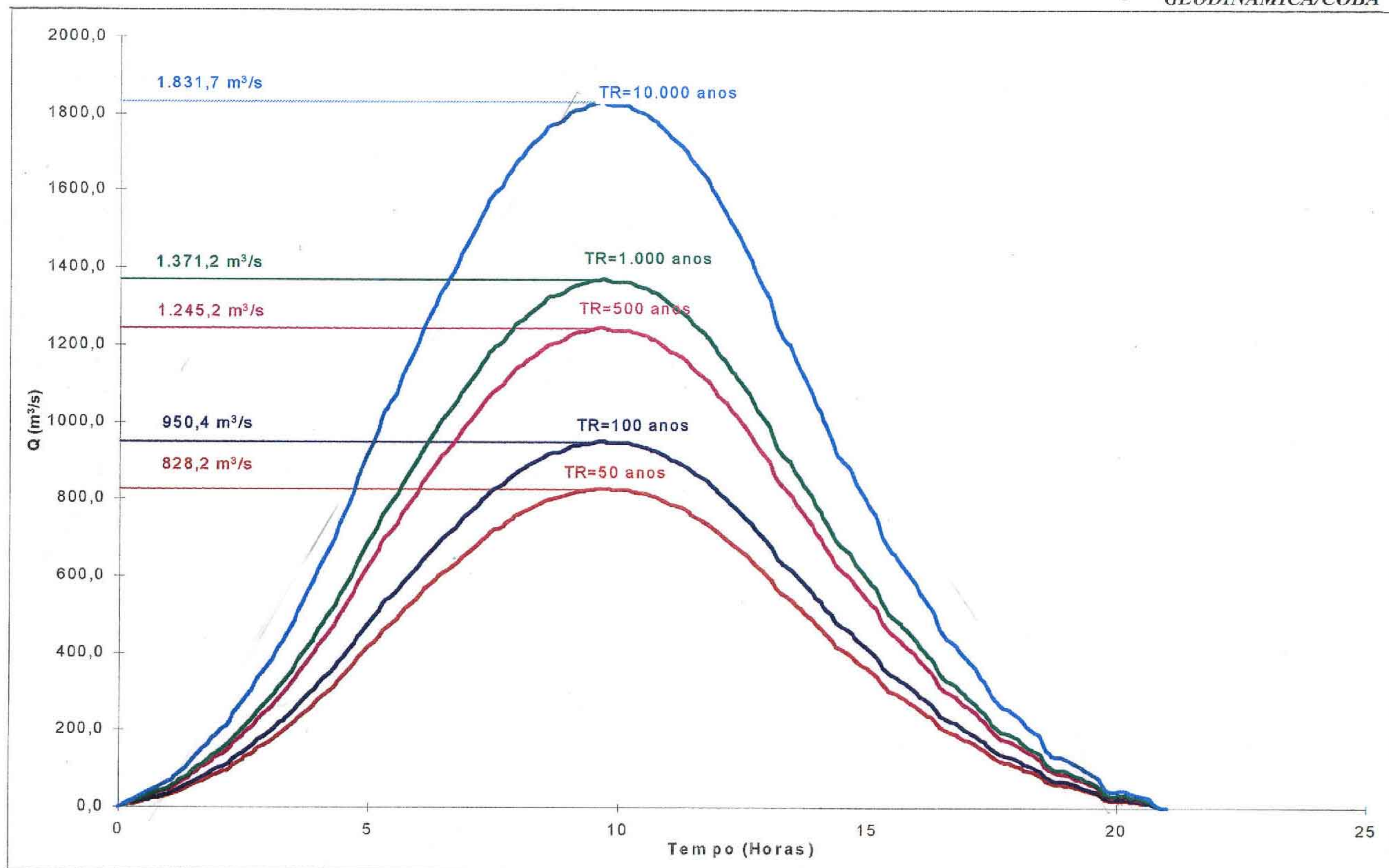


Figura 5.4 - Hidrogramas das cheias de projeto, para vários tempos de retorno

000064