

**CONTRATO Nº 07/SRH-CE/2021:**

*ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO DO PROJETO, ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS E DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BERÉ, NO MUNICÍPIO DE JARDIM, ESTADO DO CEARÁ.*



**FASE A - ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO DA BARRAGEM**

**Volume 4 – Estudos Hidrológicos**

**MAIO - 2022  
(Revisão 01)**



## **APRESENTAÇÃO**

---

---

## APRESENTAÇÃO

A **IBI** Engenharia Consultiva S/S e a **SRH** - Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará celebraram o **Contrato nº 07 SRH-CE/2021**, em 20/07/2021, que tem como objetivo a “**Elaboração dos Estudos Básicos e Concepção do Projeto, Estudos Arqueológicos e Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem Beré, no Município de Jardim, Estado do Ceará**”, cuja finalidade é consolidar as alternativas de atendimento às demandas de água junto às cidades e aglomerados urbanos que se situam nas áreas de influência direta deste reservatório, promoção da piscicultura intensiva e atividades de lazer.

Para o desenvolvimento dos trabalhos objetos do Contrato firmado, seguimos o que está escrito nos Termos de Referência do Edital: PREGÃO ELETRÔNICO Nº 20210003 – SRH PROCESSO Nº 02985576/2021 UASG:943001 que sugeriu as seguintes fases:

### FASE A – ELABORAÇÃO ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Estudos Cartográficos;
- Volume 2 – Estudos Topográficos;
- Volume 3 – Estudos Geológico-Geotécnicos;
- Volume 4 - Estudos Hidrológicos (realizados pela FUNCEME);
- Volume 5 – Relatório de Concepção da Barragem.

### FASE B – ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS E PLANO DE DESMATAMENTO RACIONAL

- Volume 1 – Patrimônio Histórico, Cultural e Arqueológico (IPHAN);
- Volume 2 – Plano de Desmatamento Racional.

### FASE C - DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Memorial Descritivo do Projeto;

- Volume 2 – Desenhos;
- Volume 3 – Memória de Cálculo;
- Volume 4 – Especificações Técnicas;
- Volume 5 – Quantitativos e Orçamento;
- Volume 6 – Relatório Síntese.

O presente documento é integrante da **FASE A – ELABORAÇÃO ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO DA BARRAGEM, VOLUME 4 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS**.

*Segundo os Termos de Referência do Edital este Relatório foi elaborado e cedido pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia para complementação dos Estudos Básicos. Porém, estes Estudos Hidrológicos foram adaptado pela IBI Engenharia Consultiva para as novas condições de localização e volume de armazenamento da barragem, Eixo 02, local este que foi definido como escolha mais vantajosa, do ponto de vista técnico-econômico e ambiental, no Estudo de Alternativas realizado e apresentado no **Volume 5 : Relatório de Concepção da Barragem**.*

*O Eixo 02, selecionado para elaboração do Projeto Executivo da Barragem Beré, situa-se 70,0m a jusante do Eixo indicado no Edital, que foi definido no Anteprojeto do Estudo de Viabilidade.*

*O Estudo de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da barragem Beré foi desenvolvido pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO no âmbito do Contrato Nº 001/PROGERIRH-PILOTO/SRH/2002 firmado com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, em 2002, e incluía, além de outros trabalhos, os Estudos Básicos da barragem: Topografia, Geologia e Geotécnica, Hidrologia e Sócio economia.*



## INDICE

---

---

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>10</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 - OBJETIVOS DESTE RELATÓRIO .....	13
1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	13
<b>2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS – EIXO 02 .....</b>	<b>17</b>
2.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	17
2.1.1 - ÁREA, PERÍMETRO E EXTENSÃO DO RIO PRINCIPAL .....	17
2.1.2 - DETERMINAÇÃO DA FORMA DA BACIA .....	17
2.1.3 - COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc) .....	17
2.1.4 - FATOR DE FORMA (Kf) .....	18
2.2 - SISTEMA DE DRENAGEM .....	18
2.2.1 - ORDEM DOS CURSOS D'ÁGUA .....	18
2.2.2 - SINUSIDADE DO CURSO D'ÁGUA .....	19
2.3 - RELEVO DA BACIA .....	19
2.3.1 - CURVA HIPSOMÉTRICA .....	19
2.3.2 - DECLIVIDADE MÉDIA .....	19
2.3.3 - COTA X ÁREA X VOLUME DA BACIA HIDRÁULICA .....	21
2.4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS .....	23
2.4.1 - TEMPERATURA .....	24
2.4.2 - UMIDADE RELATIVA .....	25
2.4.3 - INSOLAÇÃO MÉDIA .....	26
2.4.4 - EVAPORAÇÃO MÉDIA .....	27
2.4.5 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO .....	27
2.4.6 - BALANÇO HÍDRICO .....	28
2.4.7 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA SEGUNDO THORNTHWAITE .....	30
2.4.8 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA .....	31
2.5 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS .....	31
2.5.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	31
2.5.2 - CARACTERIZAÇÕES DO REGIME PLUVIOMÉTRICO .....	32
2.5.2.1 - Nível Anual .....	32
2.5.2.2 - Nível Mensal .....	34
2.5.2.3 - Nível Diário .....	35
2.6 - ESTUDOS FLUVIOMÉTRICOS .....	35

2.6.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	36
2.6.2 - MODELO HIDROLÓGICO MODHAC.....	36
2.6.3 - CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC .....	38
2.6.4 - ESTAÇÃO 36250000 .....	41
2.6.5 - VAZÕES AFLUENTES AO BARRAMENTO .....	42
<b>2.7 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO .....</b>	<b>53</b>
2.7.1 - SOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO.....	53
2.7.2 - RESULTADOS PARA CONDIÇÃO ATUAL .....	54
<b>2.8 - ESTUDO DE CHEIA E DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO.....</b>	<b>55</b>
2.8.1 - METODOLOGIA .....	56
2.8.2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS .....	57
2.8.2.1 - Método das Isozonas (TORRICO,1975) .....	58
2.8.2.2 - Valores Extremos.....	58
2.8.2.3 - Precipitação Efetiva .....	63
2.8.2.4 - Hidrograma Unitário – SCS .....	65
2.8.3 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO .....	69
2.9 - RESULTADOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL.....	70
2.10 - FOLGA E COROAMENTO DA BARRAGEM.....	70
<b>3 - ESTUDO DE ASSOREAMENTO.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO – ESTUDOS HIDROLÓGICOS ELABORADOS PELA FUNCEME..ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	



## LISTA DE FIGURAS

---

---

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – MAPA DA REGIÃO (DELIMITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JARDIM E OS ACESSOS ÀS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DO PROJETO) .....	14
FIGURA 1.2 – MAPA DE ACESSO AO LOCAL DA BARRAGEM BERÉ A PARTIR DE FORTALEZA-CE .....	15
FIGURA 2.1 – MODELO DIGITAL DO TERRENO DA BACIA DO RIACHO JARDIM .....	20
FIGURA 2.2 – CURVA HIPSOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	21
FIGURA 2.3 – MAPA DE DECLIVIDADES DA BACIA .....	22
FIGURA 2.4 – COTA-ÁREA-VOLUME.....	23
FIGURA 2.5 – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÉDIAS COMPENSADAS E MÍNIMAS, EM GRAUS CELSIUS – INMET (2009) .....	25
FIGURA 2.6 – UMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO DE BARBALHA – INMET (2009).....	26
FIGURA 2.7 – INSOLAÇÃO MÉDIA, EM HORAS – INMET (2009).....	26
FIGURA 2.8 – EVAPORAÇÃO MÉDIA, EM MM – INMET (2009).....	27
FIGURA 2.9 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MÉDIA .....	28
FIGURA 2.10 – BALANÇO HÍDRICO (ESTAÇÃO BARBALHA).....	29
FIGURA 2.11 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS .....	33
FIGURA 2.12 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA.....	34
FIGURA 2.13 – REPRESENTAÇÃO DO MODELO MODHAC (LANNA, 1997) .....	37
FIGURA 2.14 – ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA CALIBRADA .....	40
FIGURA 2.15 – CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC PARA O POSTO 36250000 .....	41
FIGURA 2.16 – VAZÕES DO MODELO MODHAC PARA O POSTO 36250000 .....	42
FIGURA 2.17 – CURVAS DE REGULAÇÃO DA BARRAGEM BERÉ (RESOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO – GARANTIA DE 99%).....	55
FIGURA 2.18 – VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO POSTO 76 .....	59
FIGURA 2.19 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADA .....	60
FIGURA 2.20 – REDE SIMULADA NO HEC-HMS.....	66
FIGURA 2.21 – HIDROGRAMA TOTAL AFLUENTE À BARRAGEM BERÉ (TR = 1.000 ANOS).....	67
FIGURA 2.22 – HIDROGRAMA TOTAL AFLUENTE À BARRAGEM BERÉ (TR = 10.000 ANOS)...	68



## LISTA DE TABELAS

---

---

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – COTA X ÁREA X VOLUME DO RESERVATÓRIO.....	21
TABELA 2.2 – ESTAÇÕES DE HIDROMETRIA (INMET) .....	23
TABELA 2.3 – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÉDIAS COMPENSADAS E MÍNIMAS, EM GRAUS CELSIUS – INMET (2009) .....	24
TABELA 2.4 – UMIDADE RELATIVA, EM % – INMET (2009) .....	25
TABELA 2.5 – INSOLAÇÃO MÉDIA, EM HORAS – INMET (2009) .....	26
TABELA 2.6 – EVAPORAÇÃO MÉDIA, EM MM – INMET (2009).....	27
TABELA 2.7 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MÉDIA, EM MM .....	27
TABELA 2.8 – BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITTE E MATHER (ESTAÇÃO BARBALHA).....	29
TABELA 2.9 – PRECIPITAÇÃO ANUAL GERADO PELO MÉTODO DE THIESSEN .....	32
TABELA 2.10 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NA BACIA HIDROGRÁFICA .....	34
TABELA 2.11 – ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA .....	35
TABELA 2.12 – CONJUNTO DE PARÂMETROS PARA O MODELO MODHAC.....	41
TABELA 2.13 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NA BACIA DA BARRAGEM BERÉ, EM MM ...	43
TABELA 2.14 – VAZÃO MÉDIA MENSAL AFLUENTE À BARRAGEM BERÉ, EM M <sup>3</sup> /S .....	45
TABELA 2.15 – LAMINA MÉDIA ESCOADA AFLUENTE À BARRAGEM BERÉ, EM MM.....	48
TABELA 2.16 – VOLUME AFLUENTE À BARRAGEM BERÉ, EM HM <sup>3</sup> .....	50
TABELA 2.17 – ESTUDO INCREMENTAL DE CAPACIDADES DA BARRAGEM BERÉ (GARANTIA DE 99%).....	55
TABELA 2.18 – MÁXIMOS ANUAIS DA SÉRIE DO POSTO 76 .....	58
TABELA 2.19 – EXTREMOS DE CHUVA (MM) OBTIDOS DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE. ....	62
TABELA 2.20 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO.....	70
TABELA 3.1 – DEFLÚVIO E SOLO PARA ANÁLISE DE ASSOREAMENTO .....	73
TABELA 3.2 – PRECIPITAÇÃO E DESCARGA SÓLIDA DE ASSOREAMENTO .....	73
TABELA 3.3 – SIMULAÇÃO DO ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO AO LONGO DO TEMPO .....	74



## 1 - INTRODUÇÃO

---

---

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - OBJETIVOS DESTE RELATÓRIO

O presente documento apresenta os Estudos Hidrológicos da Barragem Beré elaborados pela equipe técnica da Empresa IBI, os quais abrangem a caracterização física da bacia hidrográfica, os estudos hidroclimatológicos, pluviométricos e fluviométricos, o dimensionamento do reservatório; o estudo das cheias e o dimensionamento do Vertedouro da barragem Beré. Também foram elaborados pela FUNCEME os estudos hidrológicos da barragem Beré, conforme definidos nos Termos de Referência, os quais são apresentados no ANEXO I deste relatório.

### 1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A barragem Beré situa-se no município de Jardim-CE, localizado na região sul do estado do Ceará e ocupa uma área de 500,9 Km<sup>2</sup>, com altitude média da sede de 652m acima do nível do mar. Limita-se ao Norte com os municípios de Porteiras, Missão Velha e Barbalha, ao Sul com Penaforte e o estado de Pernambuco, ao Leste com Penaforte, Jati e Porteiras e a Oeste com Barbalha.

A **Figura 1.1** apresenta a localização do eixo da barragem Beré no âmbito do mapa regional, o qual mostra a delimitação do município de Jardim e os acessos às áreas de abrangência do projeto.

O acesso mais curto ao local da barragem, utilizando qualquer veículo, partindo de Fortaleza-CE, pode ser feito da seguinte forma: Inicia-se a viagem pela BR-116 até o entroncamento com a CE-138, em Cristais, seguindo por esta rodovia até a cidade de Morada Nova-CE. Nesta cidade toma-se a CE-371 até a localidade de Caiçara, onde entra para a CE-269, daí segue até chegar novamente na BR-116, seguindo-se nesta rodovia até o município de Jati-CE (523km). No entroncamento com a CE-390, pega-se esta rodovia, no sentido de Jardim-CE, percorrendo uma distância de 27 km, chega-se no local Sítio Corrente (552 km) e, deste ponto até o local da barragem tem uma distância de 500 metros, sem estrada de acesso, ver **Figura 1.2**.

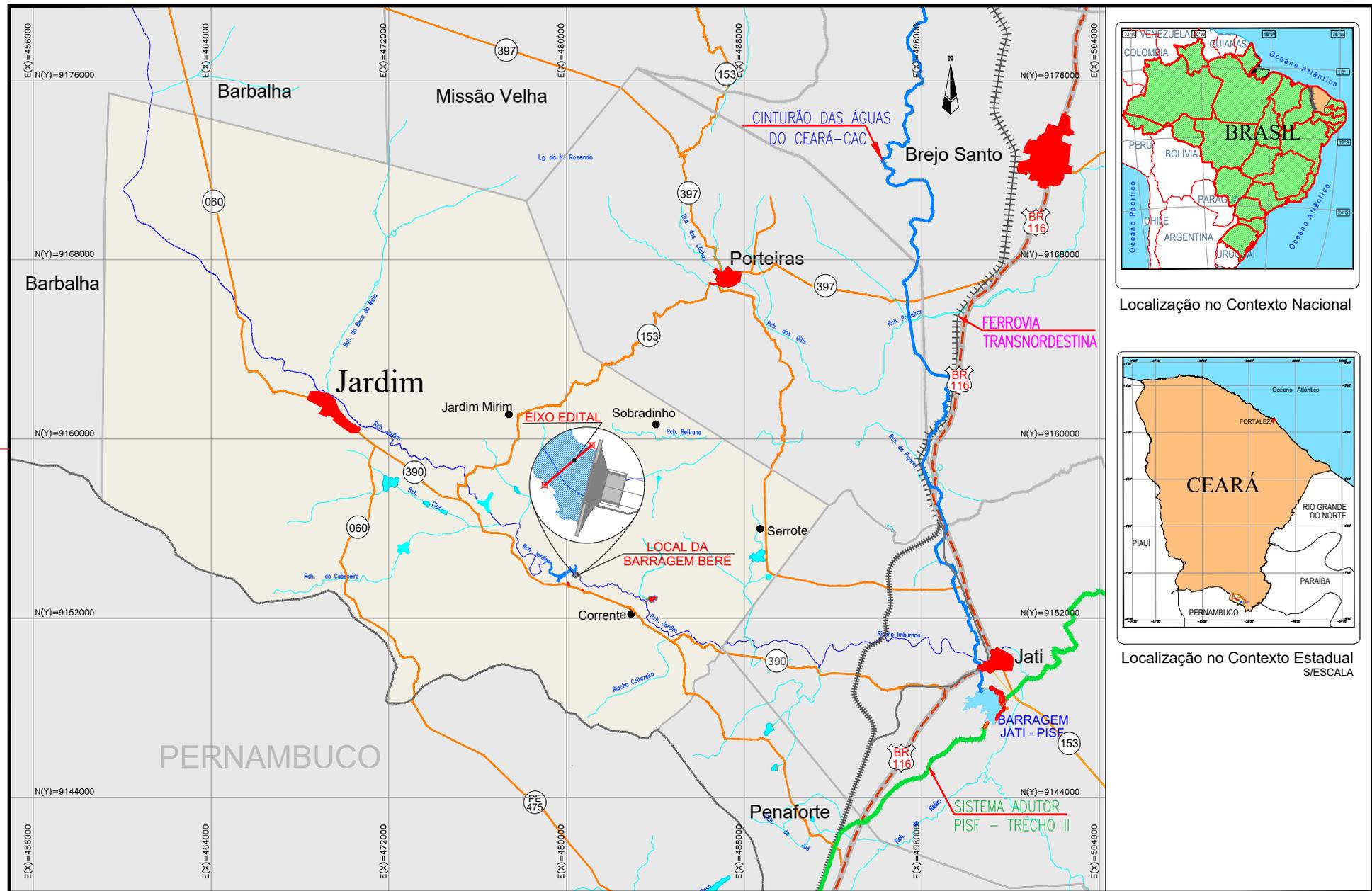


Figura 1.1 - Mapa da Região – Delimitação do Município de Jardim e os Acessos às Áreas de Abrangência do Projeto

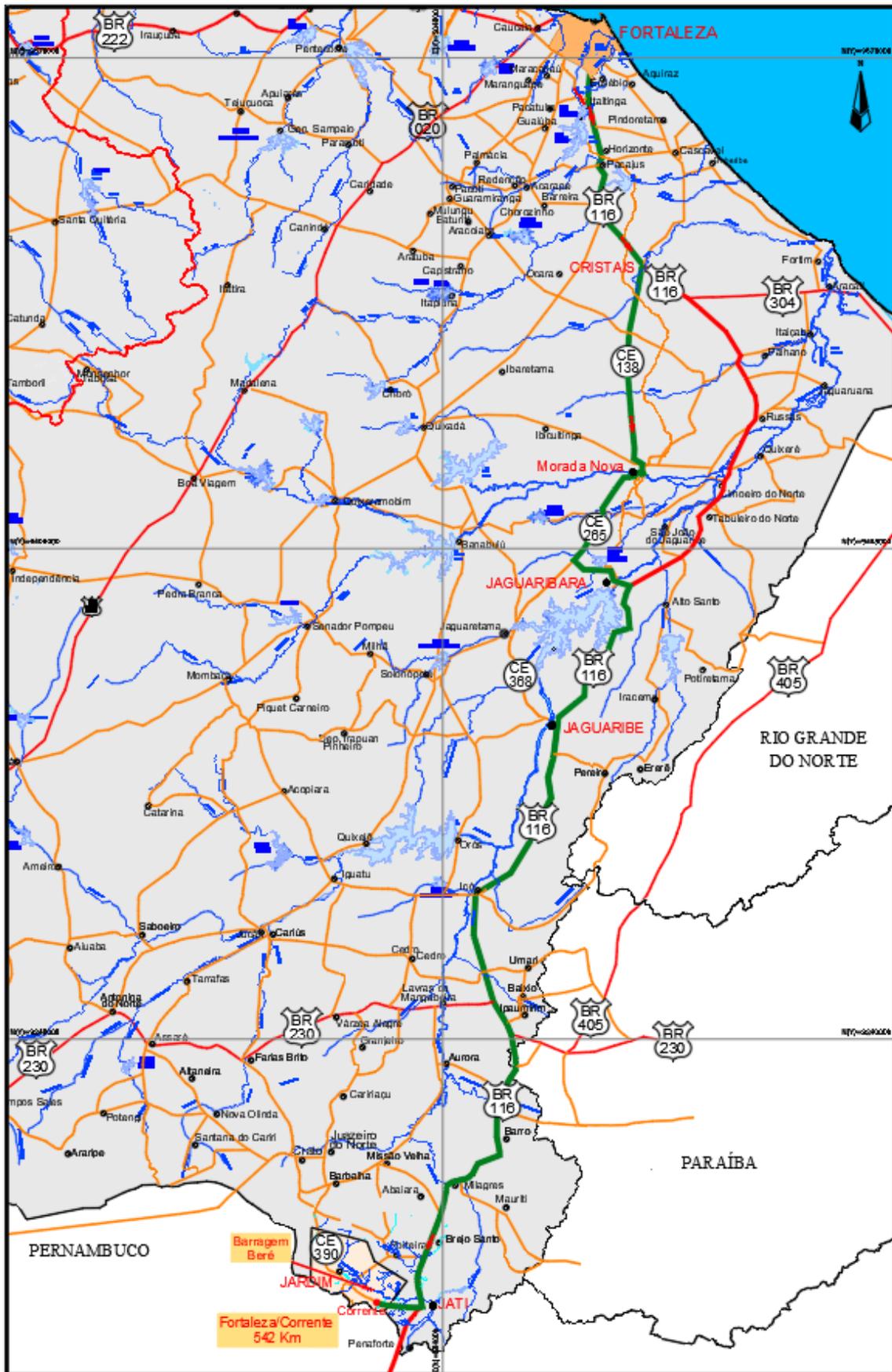


Figura 1.2 – Mapa de acesso ao local da barragem Beré a partir de Fortaleza-CE



## 2 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS – EIXO 02

---

---

## 2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS – EIXO 02

### 2.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica da barragem a ser construída no Eixo 02 possui as características físicas apresentadas a seguir.

#### 2.1.1 - ÁREA, PERÍMETRO E EXTENSÃO DO RIO PRINCIPAL

A bacia hidrográfica do Eixo 02 tem, aproximadamente, 1.409,9 km<sup>2</sup> de área, perímetro com 214,1 km e seu principal curso d'água, mede 76,6 km.

#### 2.1.2 - DETERMINAÇÃO DA FORMA DA BACIA

A forma da bacia hidrográfica do Eixo 02 será caracterizada utilizando os dados apresentados no item 2.1.1, a seguir.

A forma de uma bacia hidrográfica é importante, pois afeta o tempo de concentração, podendo desta forma servir como um indicativo de tendência para enchentes nesta bacia. Bacias pequenas variam muito de formato, dependendo da estrutura geológica da região.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma da bacia, procurando-a relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compacidade de uma bacia está relacionado com o círculo, enquanto que o fator de forma com o retângulo.

#### 2.1.3 - COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc)

A forma da bacia da barragem Beré, localizada no Eixo 02, pode ser caracterizada por estes índices calculados pela fórmula apresentada a seguir, onde: A é a área da bacia em km<sup>2</sup>, P é o perímetro da bacia em km e L o comprimento do curso principal da bacia de interesse em km.

A – área da bacia em km<sup>2</sup>;

P – perímetro da bacia em km;

L – comprimento do curso principal da bacia de interesse em km.

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

Um fator de compacidade 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.

Para a bacia da barragem locada no Eixo 02 tem-se que  $A = 1.409,9 \text{ km}^2$ ,  $P = 214,1 \text{ km}$  e  $L = 76,6 \text{ Km}$ , o que resulta em um fator de compacidade ( $k_c$ ) de 1,61.

O fator de compacidade é menor que 2, o que indica uma bacia não sujeita a grandes enchentes.

#### 2.1.4 - FATOR DE FORMA (KF)

Um fator de forma baixo indica que uma bacia é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo área, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que uma bacia estreita e longa, com baixo  $k_c$ , fator de compacidade, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, além de se afastar da condição de bacia circular onde os riachos tributários do curso principal contribuem em um único ponto.

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

O fator de forma ( $k_f$ ) para a bacia foi calculado, utilizando-se a fórmula acima e resultou em 0,24. Valor este considerado baixo, indicando uma bacia não sujeita a enchentes.

## 2.2 - SISTEMA DE DRENAGEM

### 2.2.1 - ORDEM DOS CURSOS D'ÁGUA

A ordem dos rios ou riachos é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. Segundo Horton e Strahler: *“Designam-se todos os afluentes que não se ramificam (podendo desembocar no rio principal ou em seus ramos) como sendo de primeira ordem. Os cursos d’água que somente recebem afluentes*

*que não se subdividem são de segunda ordem. Os de terceira ordem são formados pela reunião de dois cursos d'água de segunda ordem, e assim por diante”.*

A ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia. A bacia hidrográfica da barragem Beré é classificada como de quarta ordem dos cursos d'água, com base na hidrografia apresentada na Carta Internacional do Mundo, ao Milionésimo - IBGE.

### 2.2.2 - SINUOSIDADE DO CURSO D'ÁGUA

O índice de sinuosidade do curso d'água é dado pela relação entre o comprimento do rio principal ( $L$ ) e o comprimento do talvegue ( $L_t$ ). Entende-se por comprimento do talvegue o comprimento em linha reta entre a cabeceira do rio principal e sua desembocadura. Assim, o índice de sinuosidade calculado para a barragem Beré, posicionada no Eixo 02, e calculado pela fórmula apresentada a seguir é de 1,2.

$$Sin = \frac{L}{L_t}$$

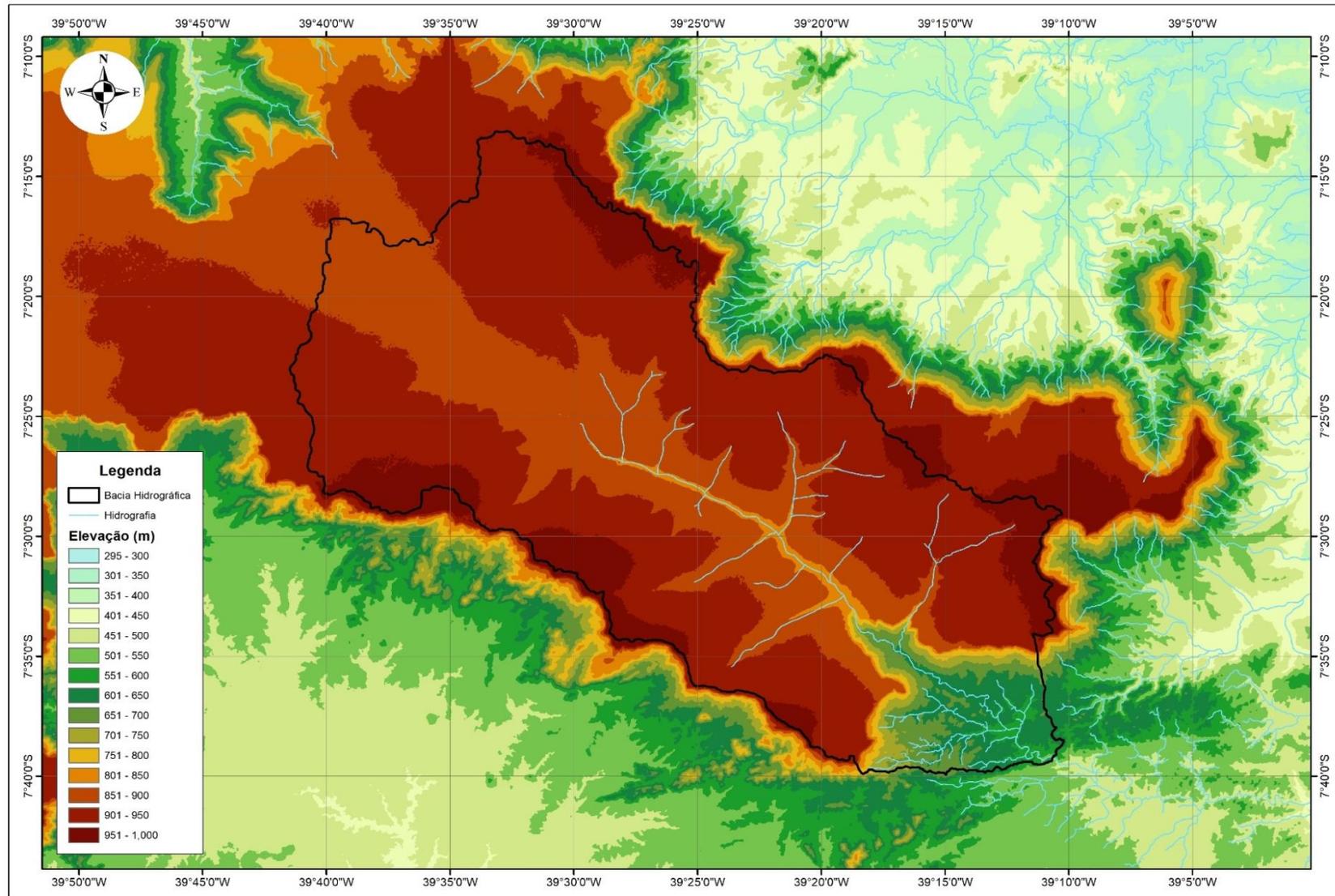
## 2.3 - RELEVO DA BACIA

### 2.3.1 - CURVA HIPSOMÉTRICA

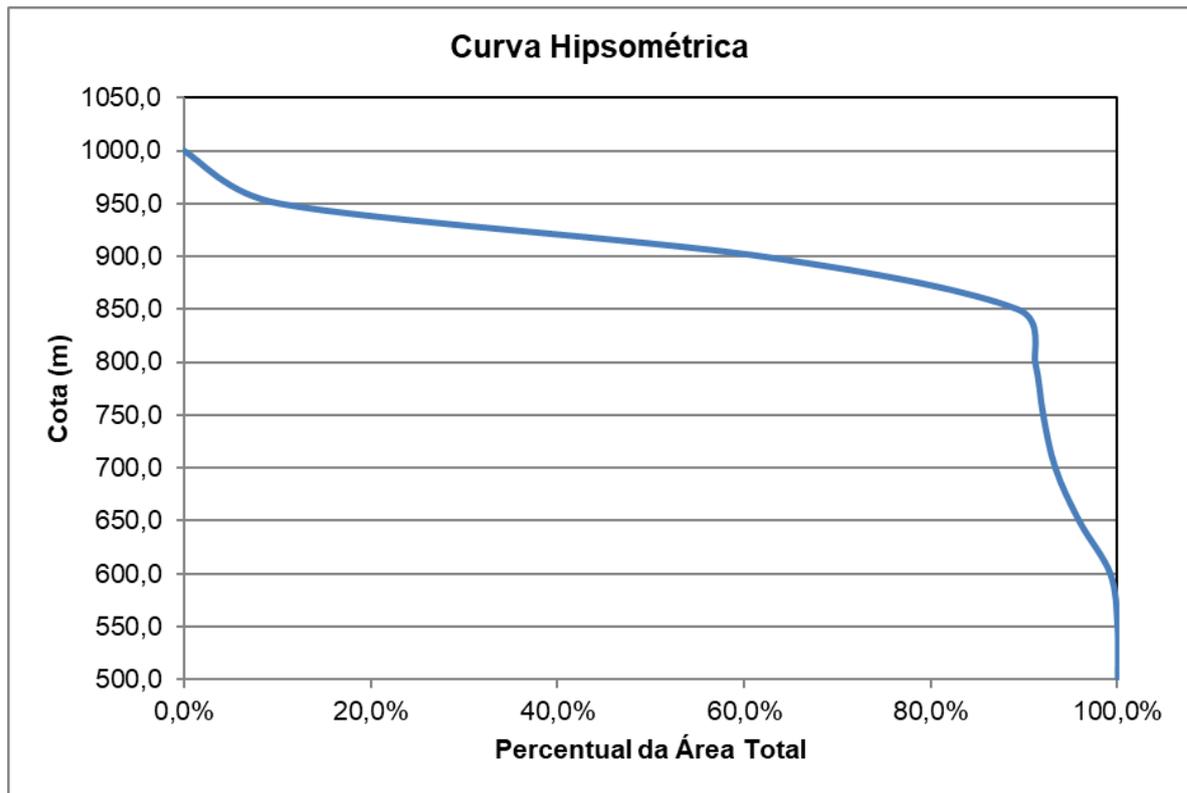
De acordo com a **Figura 2.1** a seguir, podemos observar que a bacia hidrográfica da bacia do riacho Jardim, apresenta cotas variando entre 508 e 986 metros, havendo um predomínio de áreas com cotas entre 900 e 950 metros. A curva hipsométrica representa a variação da elevação dos terrenos da bacia com referência ao nível do mar. A **Figura 2.2**, também a seguir, apresenta a curva hipsométrica para a bacia do riacho Jardim. A cota média da bacia é 891,6 m.

### 2.3.2 - DECLIVIDADE MÉDIA

A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial. Quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, menor o tempo de concentração e maior os picos de cheias.



**Figura 2.1 – Modelo Digital do Terreno da Bacia do Riacho Jardim**



**Figura 2.2 – Curva Hipsométrica da Bacia Hidrográfica**

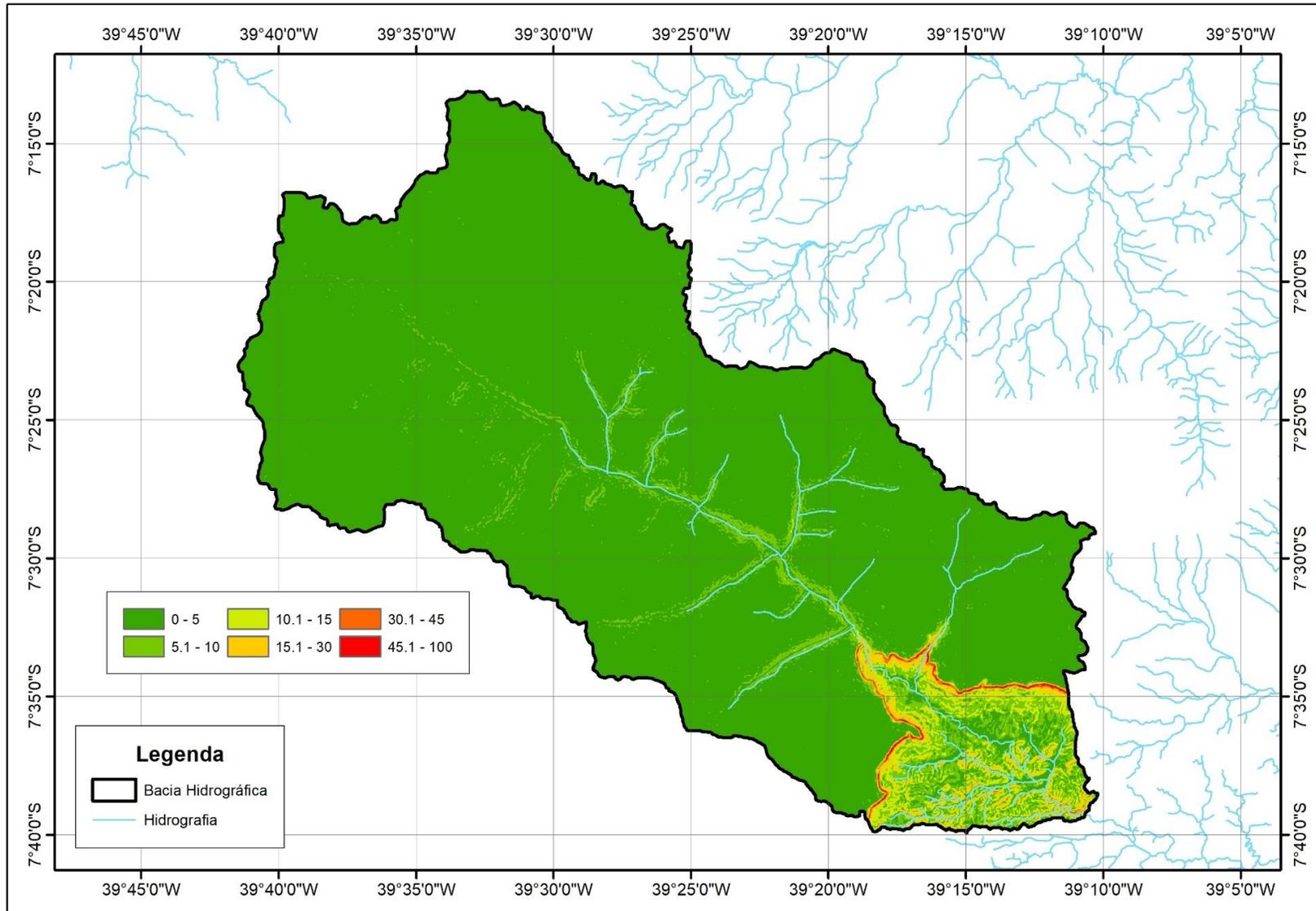
A partir da **Figura 2.3**, constata-se a existência de diferentes classes de declividades, sendo o predomínio (aproximadamente 89%) de declividades menores que 5%, ou seja, de áreas planas, cujo escoamento superficial é muito lento.

### 2.3.3 - COTA X ÁREA X VOLUME DA BACIA HIDRÁULICA

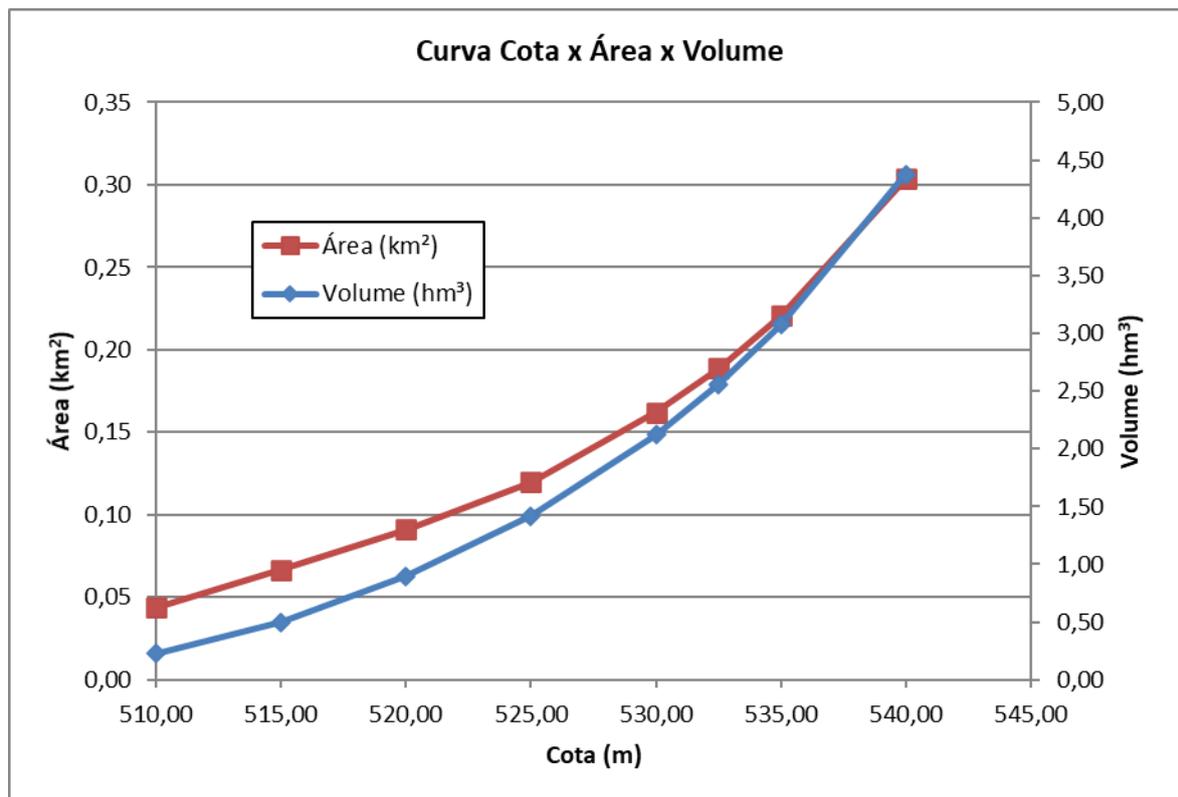
A seguir são apresentadas as curvas de cota-área e cota-volume. Estes dados são apresentados na **Tabela 2.1** e na **Figura 2.4**.

**Tabela 2.1 – Cota x Área x Volume do Reservatório**

Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
510,00	0,04	0,23
515,00	0,07	0,50
520,00	0,09	0,89
525,00	0,12	1,42
530,00	0,16	2,12
532,50	0,19	2,56
535,00	0,22	3,07
538,50	0,28	3,94
540,00	0,30	4,38



**Figura 2.3 – Mapa de Declividades da Bacia**



**Figura 2.4 – Cota-Área-Volume**

## 2.4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

A abordagem da climatologia aqui desenvolvida visa dar subsídios às etapas subsequentes dos estudos realizados na bacia hidrográfica da barragem Beré, principalmente àquelas relacionadas ao aproveitamento dos seus recursos hídricos.

A bacia hidrográfica da barragem Beré está localizada na porção nordeste do estado do Ceará. Não foi identificada nenhuma estação hidroclimatológica nos domínios da bacia, portanto, será utilizada como referência para a região a estação de Barbalha (normais climatológicas – INMET), localizada nas proximidades da bacia.

**Tabela 2.2 – Estações de Hidrometria (INMET)**

Código	Nome	Estado	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82784	Barbalha	Ceará	07°19'S	39°18'W	409,0

A seguir, nos itens 2.4.1 a 2.4.5, são apresentadas as normais climatológicas referentes aos dados coletados pelo INMET na estação de Barbalha.

#### 2.4.1 - TEMPERATURA

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12:00; 18:00 e 24:00 T<sub>MG</sub> - Tempo Médio de Greenwich), 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 nas estações meteorológicas T<sub>12</sub> e T<sub>24</sub> T<sub>MG</sub>, T<sub>MAX</sub> e T<sub>MIN</sub> do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial):

$$T_{MC} = (T_{max} + T_{min} + T_{12} + 2T_{24})/5$$

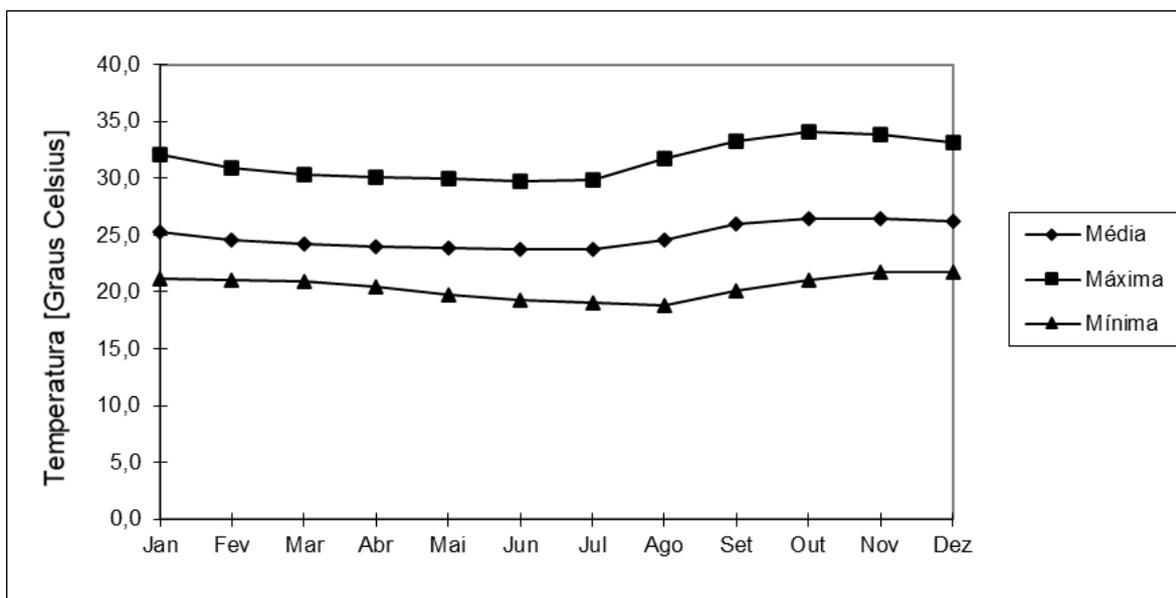
em que, T<sub>MC</sub> - Temperatura média compensada; T<sub>12</sub> - Temperatura observada às 12:00 T<sub>MG</sub>; T<sub>24</sub> - Temperatura observada às 24:00 T<sub>MG</sub>; T<sub>MAX</sub> - Temperatura máxima do dia; e, T<sub>MIN</sub> - Temperatura mínima do dia.

Para a estação de Barbalha, a temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 2,8°C, entre os meses de Junho/Julho (23,7°C) e Novembro (26,5°C). As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de Outubro (34,1°C) e Agosto (18,8°C).

As Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas são apresentadas na **Tabela 2.3** e na **Figura 2.5**.

**Tabela 2.3 – Temperaturas Máximas, Médias Compensadas e Mínimas, em graus Celsius – INMET (2009)**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Média</b>	25,3	24,6	24,2	24,0	23,9	23,7	23,7	24,6	26,0	26,4	26,5	26,2
<b>Máxima</b>	32,1	30,9	30,3	30,1	30,0	29,7	29,9	31,7	33,3	34,1	33,9	33,1
<b>Mínima</b>	21,2	21,1	20,9	20,5	19,8	19,3	19,1	18,8	20,1	21,1	21,8	21,7



**Figura 2.5 – Temperaturas Máximas, Médias Compensadas e Mínimas, em graus Celsius – INMET (2009)**

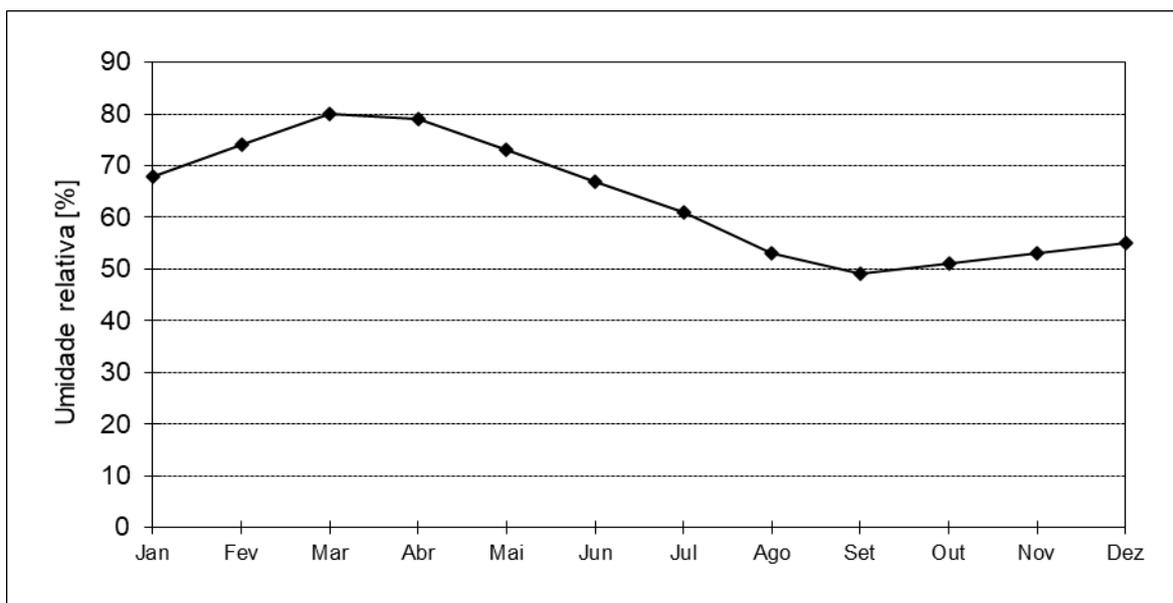
#### 2.4.2 - UMIDADE RELATIVA

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

Para esta estação de Barbalha, a umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 31%, referente aos meses de Março (80%) e Setembro (49%). Tais informações podem ser verificadas na **Tabela 2.4** e na **Figura 2.6**.

**Tabela 2.4 – Umidade Relativa, em % – INMET (2009)**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
%	68	74	80	79	73	67	61	53	49	51	53	55



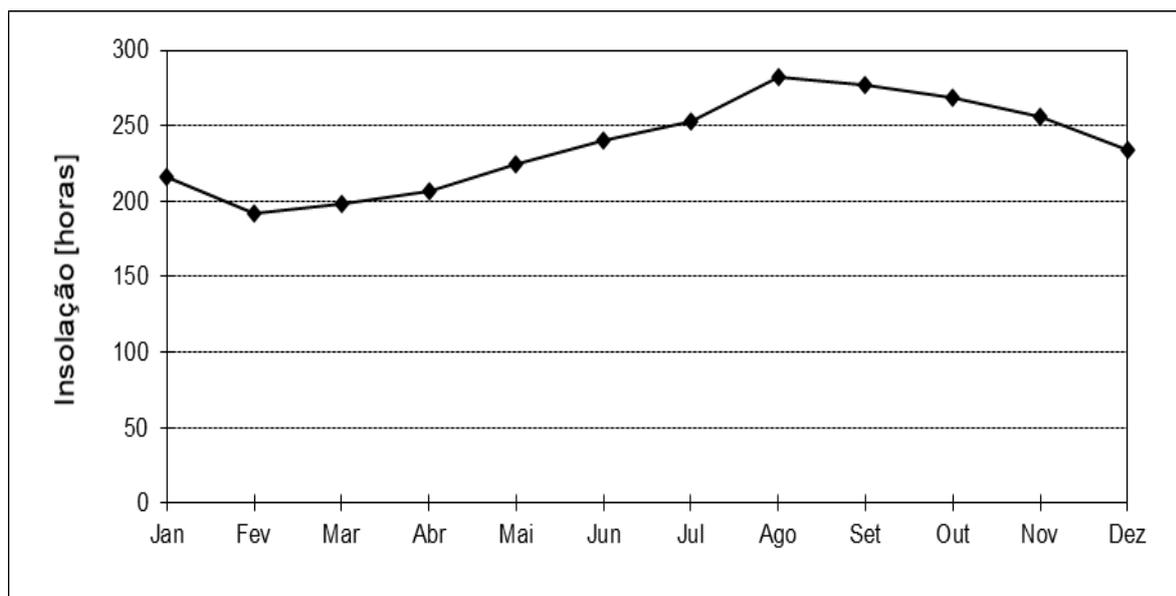
**Figura 2.6 – Umidade Relativa na estação de Barbalha – INMET (2009)**

### 2.4.3 - INSOLAÇÃO MÉDIA

A **Tabela 2.5** e a **Figura 2.7** mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local das estações identificadas e sua distribuição mensal.

**Tabela 2.5 – Insolação Média, em horas – INMET (2009)**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
horas	216,4	191,9	198,4	206,1	224,9	240	252,4	281,8	276,4	268,9	256,4	234,4



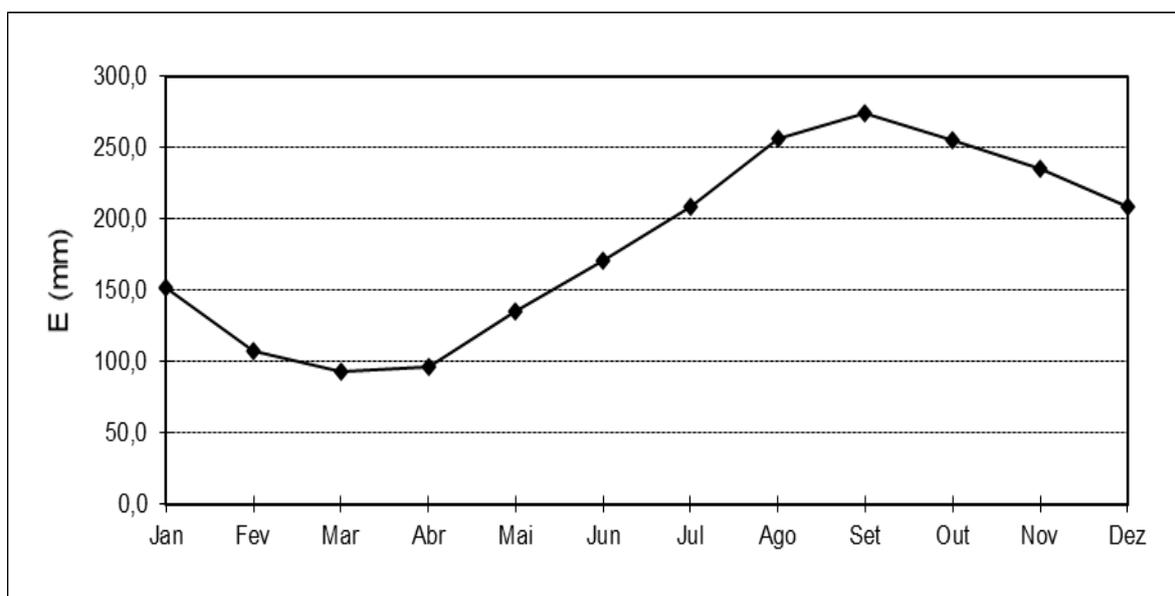
**Figura 2.7 – Insolação Média, em horas – INMET (2009)**

#### 2.4.4 - EVAPORAÇÃO MÉDIA

Para a estação de Barbalha, o trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação média corresponde a agosto/setembro/outubro (785,6 mm), ocorrendo o máximo em setembro (274,4 mm). Estas informações são apresentadas na **Tabela 2.6** e na **Figura 2.8**.

**Tabela 2.6 – Evaporação Média, em mm – INMET (2009)**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
mm	151,6	107,7	93,7	96,1	135,5	170,4	208,1	256,5	274,4	254,7	235,0	208,7



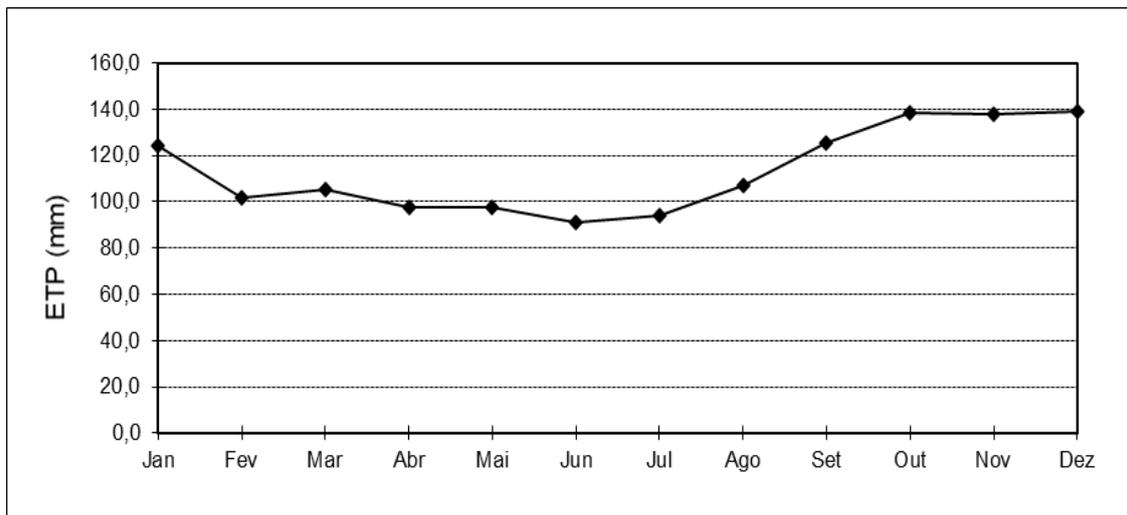
**Figura 2.8 – Evaporação Média, em mm – INMET (2009)**

#### 2.4.5 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração potencial foi obtida pelo método de Thornthwaite. Os totais mensais são de 1.360,3 para a estação de Barbalha. A **Tabela 2.7** e **Figura 2.9** apresentam a evapotranspiração potencial mensal.

**Tabela 2.7 – Evapotranspiração Potencial Média, em mm**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
mm	124,4	101,8	105,4	97,6	97,9	91,1	94,0	106,9	125,6	138,7	138,1	139,0



**Figura 2.9 – Evapotranspiração Potencial Média**

#### 2.4.6 - BALANÇO HÍDRICO

O princípio da conservação da massa de água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração). Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite&Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado.

A **Figura 2.10** confronta os valores da **Tabela 2.8** com os valores da precipitação média nas estações identificadas. Percebe-se que apresentam-se déficits hídrico em praticamente todo o ano. Este fato demonstra a necessidade da aplicação artificial de água.

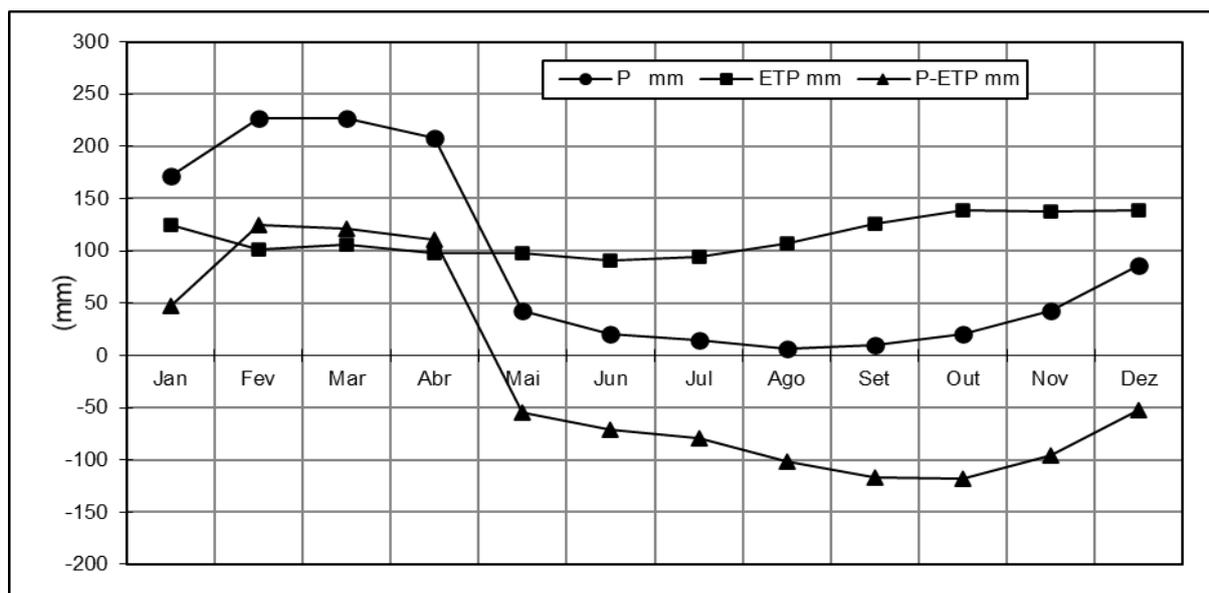
Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para o município em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm, obtém-se a Tabela 2.8.

A primeira coluna (P) representa os valores da precipitação mensal do município; A coluna da evapotranspiração potencial foi preenchida com os dados da estação climatológica de Barbalha; a coluna NEG (negativo acumulado) representa um hipotético potencial matricial expresso em milímetros de déficit de água para o solo; ETR indica o valor da evapotranspiração real; A coluna DEF representa o déficit de

água à planta; a última coluna EXC representa a quantidade de água que ultrapassou a capacidade de retenção máxima do perfil considerado.

**Tabela 2.8 – Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (Estação Barbalha)**

Mês	P	ETP	P-ETP	Neg	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	171,4	124,4	47,0	0,0	0,0	0,0	124,4	0,0	0,0
Fev	226,5	101,8	124,7	0,0	100,0	100,0	101,8	0,0	24,7
Mar	227,1	105,4	121,7	0,0	100,0	0,0	105,4	0,0	121,7
Abr	208,3	97,6	110,7	0,0	100,0	0,0	97,6	0,0	110,7
Mai	42,8	97,9	-55,1	55,1	57,0	-43,0	85,8	12,1	0,0
Jun	20,6	91,1	-70,5	125,6	28,0	-29,0	49,6	41,5	0,0
Jul	14,7	94,0	-79,3	204,9	12,0	-16,0	30,7	63,3	0,0
Ago	5,8	106,9	-101,1	306,0	4,0	-8,0	13,8	93,1	0,0
Set	9,3	125,6	-116,3	422,4	1,0	-3,0	12,3	113,3	0,0
Out	20,7	138,7	-118,0	540,4	0,0	-1,0	21,7	117,0	0,0
Nov	42,2	138,1	-95,9	636,3	0,0	0,0	42,2	95,9	0,0
Dez	86,4	139,0	-52,6	689,0	0,0	0,0	86,4	52,6	0,0
ANO	1075,8	1360,7	-284,9		402,0	0,0	771,7	589,0	257,1



**Figura 2.10 – Balanço Hídrico (Estação Barbalha)**

#### 2.4.7 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA SEGUNDO THORNTHWAITE

Segundo esta classificação, além da característica pluviométrica e térmica, a evapotranspiração potencial é também considerada elemento determinante do clima. Como forma de auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos, três parâmetros foram introduzidos por Thornthwaite, a saber:

- Índice de aridez:

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial, este índice apresentou para cada estação como apresentado.

Estação	Índice de aridez
Barbalha	43

- Índice de umidade:

O índice de umidade é o excesso de água (EXC) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), este índice apresentou os seguintes valores.

Estação	Índice de umidade
Barbalha	19

- Índice efetivo de umidade:

Este índice reflete o excesso ou déficit de água ao longo do ano, apresentando a seguir.

Estação	Índice efetivo de umidade
Barbalha	-7

Com base nestes índices, os dados para a área de estudo, mostram para a estação de Barbalha, um clima seco a sub-úmido; tipo C1, com índice efetivo de umidade variando entre 0% e - 20%; sub-tipo S, com índice de aridez variando entre 16,7% e 33%; tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (C1SA'a').

#### 2.4.8 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA

Variável Climatológica	Barbalha
Pluviometria média anual	1075,8 mm
Evaporação média anual	2192,4 mm
Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite)	1360,3 mm
Insolação média anual	2848 h
Umidade relativa média anual	63,60%
Temperatura média anual: média das máximas	31,6
Temperatura média anual: média das médias	24,9
Temperatura média anual: média das mínimas	20,5
Classificação climática segundo Thornthwaite	C1SA'a'

#### 2.5 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

##### 2.5.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Através do Banco de Dados HydroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA) foi identificado apenas dois postos pluviométricos localizados internamente à bacia hidrográfica da Barragem Beré.

Da literatura especializada sabe-se que a cobertura de um posto pluviométrico é de 25 km<sup>2</sup>. Desta forma requer-se 56 postos para termos uma cobertura ideal da bacia. Contudo, esta bacia apresenta uma cobertura deficitária. Decidiu-se, portanto, pela utilização de postos localizados nas proximidades da mesma.

A série pluviométrica bruta utilizada neste estudo foi inicialmente tratada pelo método do Thiessen. Foram analisadas todas as estações pluviométricas localizadas nas proximidades da bacia hidrográfica da barragem Beré, conforme aprestando na **Figura 2.11**.

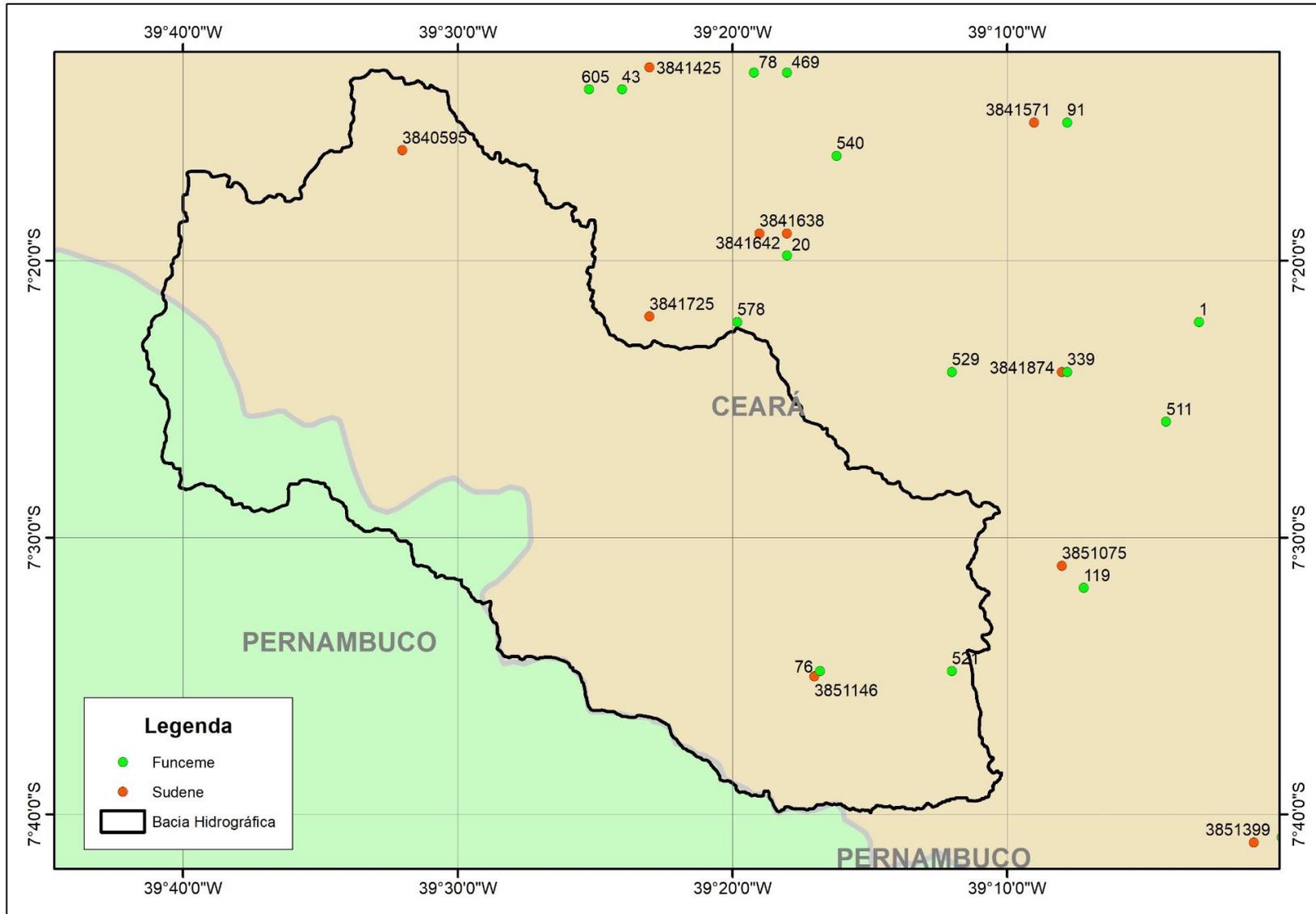
## 2.5.2 - CARACTERIZAÇÕES DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

### 2.5.2.1 - Nível Anual

A precipitação média anual observada na bacia de drenagem da barragem Beré é de 973,4 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,31. A distribuição anual da precipitação média sobre a bacia é observada na **Tabela 2.9**.

**Tabela 2.9 – Precipitação anual gerado pelo método de Thiessen**

Ano	(mm)	Ano	(mm)	Ano	(mm)	Ano	(mm)
1911	659,55	1939	948,35	1967	1024,5	1995	917,12
1912	847,37	1940	1559,3	1968	533,35	1996	1151,2
1913	955,53	1941	1152,2	1969	694,51	1997	880,65
1914	804,73	1942	623,58	1970	402,3	1998	786,71
1915	582,48	1943	1189,1	1971	982,32	1999	899,43
1916	980,37	1944	848,9	1972	900,2	2000	808,55
1917	1310,2	1945	1106,6	1973	913,71	2001	604,55
1918	1044,5	1946	1208,4	1974	1137,7	2002	770,39
1919	422,91	1947	1293,7	1975	804,71	2003	837,08
1920	1181,1	1948	955,58	1976	1014,4	2004	1299,1
1921	1223,1	1949	1096,2	1977	1232,6	2005	1084,5
1922	1587,6	1950	1241,8	1978	1172,6	2006	1065,7
1923	1078,4	1951	717,77	1979	1146,6	2007	837,17
1924	1931,7	1952	801,89	1980	992,39	2008	1191,5
1925	1292,2	1953	722,59	1981	801,28	2009	1211,00
1926	808,59	1954	810,78	1982	622,54	2010	1019,8
1927	724,12	1955	1253,2	1983	654,98	2011	1287,6
1928	749,06	1956	1096,8	1984	1276,4	2012	566,68
1929	667,13	1957	63,345	1985	2262,00	2013	845,61
1930	729,87	1958	542,63	1986	1170,8	2014	1038,7
1931	829,84	1959	959,04	1987	1065,3	2015	786,91
1932	1031,5	1960	938,94	1988	1293,00	2016	701,1
1933	1260,7	1961	1338,7	1989	1255,9	2017	605,61
1934	1271,6	1962	1083,3	1990	718,89	2018	1040,1
1935	1010,2	1963	1088,7	1991	721,89	2019	964,68
1936	694,49	1964	1108,4	1992	1002,8	2020	1271,8
1937	1051,6	1965	956,21	1993	502,73	2021	1037,5
1938	921,48	1966	842,98	1994	1033,2		



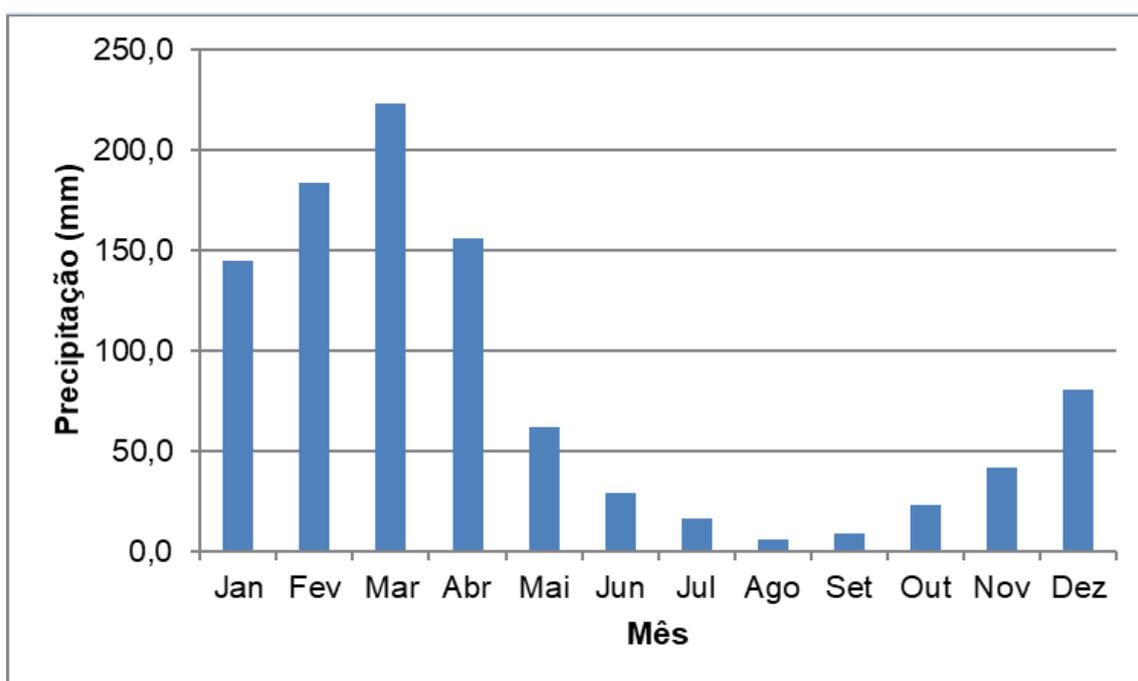
**Figura 2.11 – Postos pluviométricos utilizados**

### 2.5.2.2 - Nível Mensal

As precipitações estão concentradas no semestre composto pelos meses de Dezembro a Maio, onde ocorrem 87,2% do total anual. O mês mais chuvoso é Março (223,0 mm) e os meses de Agosto ocorre o menor índice de precipitação (5,8 mm). A distribuição temporal da precipitação média mensal é apresentada na **Tabela 2.10** e na **Figura 2.12**.

**Tabela 2.10 – Precipitação média mensal na bacia hidrográfica**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
P(mm)	144,4	183,4	223,0	155,6	61,9	29,1	16,2	5,8	9,1	23,0	41,7	80,3



**Figura 2.12 – Precipitação média mensal sobre a bacia hidrográfica**

A nível trimestral, nota-se mais ainda a concentração temporal, onde constata-se que 63% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano: Fevereiro, Março e Abril. Neste trimestre, o mês de Março corresponde ao mais chuvoso, com 22,9% do total anual. Destaca-se também o mês de Fevereiro com precipitação média de 183,4,1 mm.

Na **Tabela 2.11** mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), proveniente da **Tabela 2.10**.

**Tabela 2.11 – Índices de concentração pluviométrica média**

MÊS	VALOR	%TOT
Março	156,0	20,7%
TRIMES	VALOR	%
FMA	397,1	52,8%
SEM	VALOR	%
Dez a Mai	619,7	82,4%

### 2.5.2.3 - Nível Diário

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários. Os diversos postos utilizados para a análise de frequências são apresentados com detalhes no item 2.6.

## 2.6 - ESTUDOS FLUVIOMÉTRICOS

Os estudos hidrológicos são fundamentais para elaboração de projetos e para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos. Infelizmente, na maioria dos casos, a informação hidrológica não está disponível para a região objeto destes estudos. Nestes casos, a regionalização hidrológica é uma das formas encontradas de transferir informações para locais onde não existem dados com base em registros existentes em outras regiões.

A escassez de dados tem dois parâmetros básicos, a disponibilidade temporal e espacial da informação. Muitos postos com poucos anos, não retratam necessariamente uma amostra representativa de muitos anos (postos correlacionáveis).

A análise quantitativa da disponibilidade natural de água foi avaliada no escoamento superficial sobre a bacia hidrográfica até a seção do barramento. Assim, verificou-se a nível mensal, fornecendo elementos para a caracterização do regime fluviométrico e para a simulação de sua operação, visando o dimensionamento do reservatório.

### 2.6.1 - DIAGNÓSTICO DA BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Inicialmente avaliou-se a atual condição de monitoramento das estações fluviométricas. Através do banco de dados HydroWeb, de propriedade da Agência Nacional de Águas, não foram identificadas estações fluviométricas na bacia hidrográfica da barragem Beré com registros de vazões. Desta forma, optou-se por utilizar a estação Podimirim 36250000.

Entende-se que algumas das estações são classificadas como fluviométricas por monitorarem os níveis dos reservatórios. Entretanto, ainda assim não se justifica um tão inexpressivo número de estações com monitoramento de vazões, dado extremamente importante para o monitoramento e planejamento dos recursos hídricos.

Tendo em vista as condicionantes anteriormente citadas, buscou-se identificar dentre as estações disponíveis aquelas que melhor representariam o regime de vazões afluentes a barragem Beré. Contudo, diante da inexistência de estações com dados de vazão dentro da bacia, optou-se pela utilização da estação 36250000. Esta apresenta adequado comprimento de monitoramento e grande expressividade na bacia do referido reservatório.

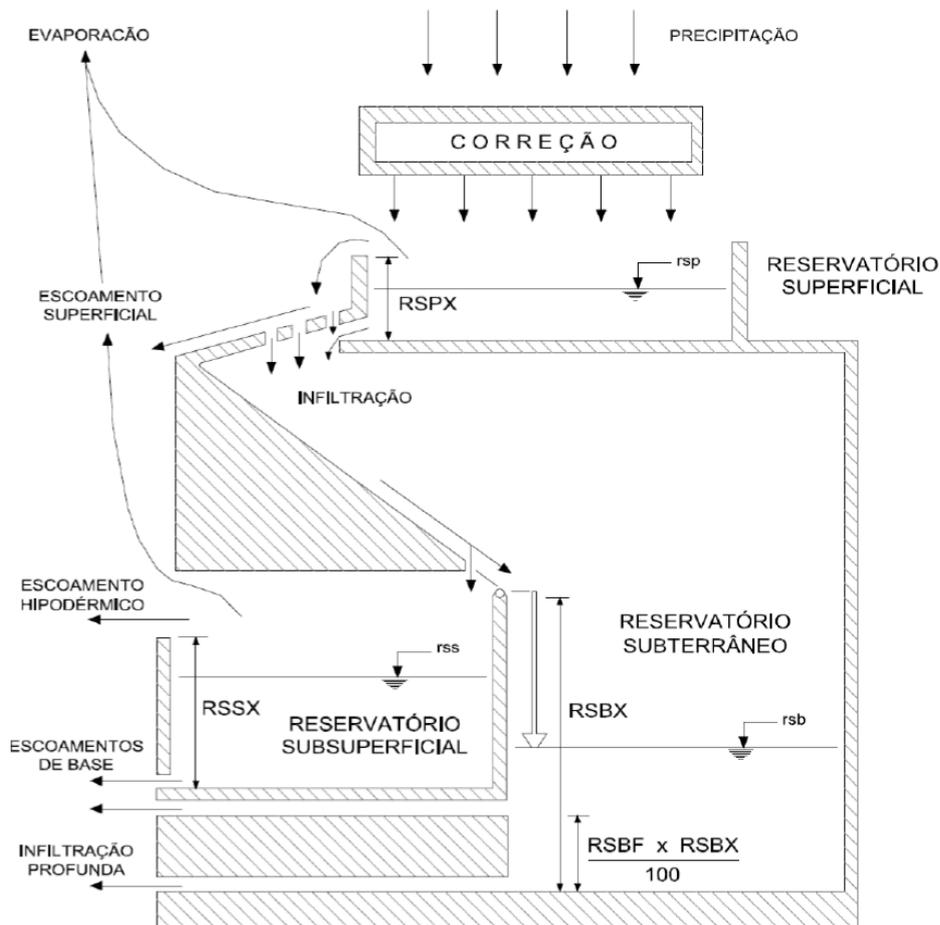
A seguir são apresentados o modelo hidrológico utilizado e as calibrações realizadas nas duas estações estudadas. Por fim, é apresentado as vazões afluentes geradas para a barragem Beré.

### 2.6.2 - MODELO HIDROLÓGICO MODHAC

O modelo hidrológico utilizado para a calibração e geração de vazões utilizadas no presente estudo foi o MODHAC (*Modelo Hidrológico Auto-Calibrável*), desenvolvido por Lanna e Schwarzbach (1989). O MODHAC é um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado.

O modelo MODHAC, assim como outros modelos conceituais, procura representar o armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios fictícios. O modelo possui uma estrutura relativamente simples, composta por três reservatórios

que tentam representar o armazenamento e os fluxos na superfície, na camada superior do solo e no aquífero, como pode ser visualizado na **Figura 2.13**.



**Figura 2.13 – Representação do modelo MODHAC (Lanna, 1997)**

O modelo *MODHAC* consiste de quinze parâmetros, os quais possuem uma interpretação física, possibilitando assim uma possível determinação a partir de informações físicas/ambientais. São eles:

- RSPX - capacidade máxima do reservatório superficial.
- RSSX - capacidade máxima do reservatório subsuperficial.
- RSBX - capacidade máxima do reservatório subterrâneo.
- RSBF - Armazenamento mínimo do reservatório subterrâneo para haver escoamento de base.
- IMAX - permeabilidade do solo.
- IMIN - infiltração mínima.
- IDEC - coeficiente de infiltração.

- ASP - expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial.
- ASS - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial.
- ASB - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo.
- PRED - correção da precipitação.
- CEVA - parâmetro da lei de evapotranspiração do solo.
- CHOM - fração da evapotranspiração potencial.
- TS - tempo de trânsito do escoamento superficial
- TB - tempo de trânsito do escoamento subterrâneo.

Os dados de entrada do modelo são a precipitação média na bacia (P), dada em mm, a evapotranspiração potencial (EP), também em mm, e a área de drenagem da bacia (A) em km<sup>2</sup>.

### 2.6.3 - CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC

Foi empregada uma abordagem mista, isto é, calibrar o modelo chuva-vazão, e utilizar os resultados de acordo com os dados locais de pluviometria e evaporação para simular o escoamento superficial na bacia hidrográfica da barragem Beré.

Em virtude, da grande quantidade de postos sem dados de vazões, fez-se então uma pré-seleção utilizando como critério a existência ou não de dados. De posse das estações com vazões, fez-se uma nova seleção utilizando como critério a existência de grandes barramentos a montante, critério este que definiria o ano final de corte da série, pois possíveis vertimentos destes barramentos alteram o comportamento natural da bacia.

A **Figura 2.14** apresenta a bacia hidrográfica do posto fluviométrico calibráveis, segundo os critérios anteriormente citados.

Uma vez que os parâmetros que representam características das bacias não podem ser determinados diretamente, seja pela impossibilidade de mensuração em campo, seja por suas características abstratas, faz-se necessário a estimativa indireta dos mesmos, ou seja, a calibração do modelo hidrológico.

Os processos de calibração de modelos consistem de técnicas de estimação indireta, na qual a utilização de dados de entrada e saída do sistema permite a

identificação do modelo, ou, em outras palavras, a identificação dos parâmetros do modelo sob análise.

Dentre os métodos de calibração, o mais simplista, do ponto de vista metodológico, é conhecido como método de tentativa e erro, que é bastante trabalhoso e requer muito tempo. Como alternativa, pode-se fazer uso de algoritmos de otimização para calibração automática de modelos hidrológicos. Já, métodos de calibração automática possibilitam o fácil atendimento de diferentes objetivos, ou seja, calibrações multiobjetivo.

Por essa razão, optou-se por adotar uma abordagem multiobjetivo através da minimização da função proposta por Nash & Sutcliffe (1970) com base nas séries de vazões observadas e simuladas, definida segundo a seguinte equação:

$$f\theta_1 = \max_{\theta} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i^{obs} - Q(\theta)_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_i^{obs} - \bar{Q}^{obs})^2} \right)$$

em que  $\theta$  representa o conjunto de parâmetros calibráveis do modelo,  $Q_i^{obs}$ , a série de vazões observadas,  $Q_i^{sim}$ , a série de vazões simuladas,  $N$ , o comprimento das séries e  $\bar{Q}^{obs}$ , o valor médio da série de vazões observadas. A abordagem multiobjetivo ficou por conta da utilização desta função às séries completas simuladas e observadas e somente aos picos.

Os dados de precipitação e vazão utilizados para a calibração do posto 36250000 foram obtidos junto ao banco de dados HidroWeb/ANA (**Figura 2.14**). As informações de evapotranspiração foram obtidas através do método de Thornthwaite, fazendo uso de dados das normais climatológicas do INMET (2009).

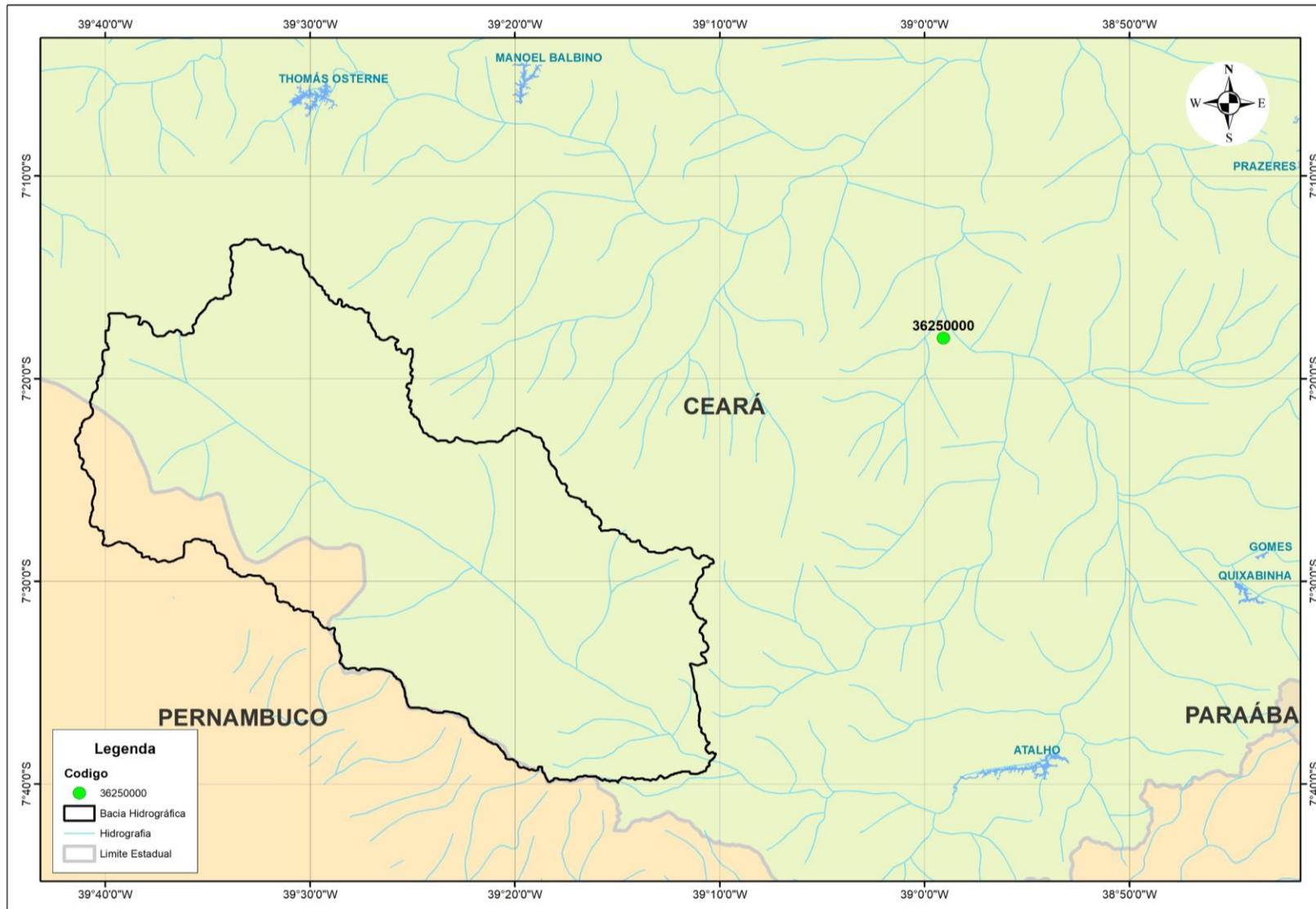


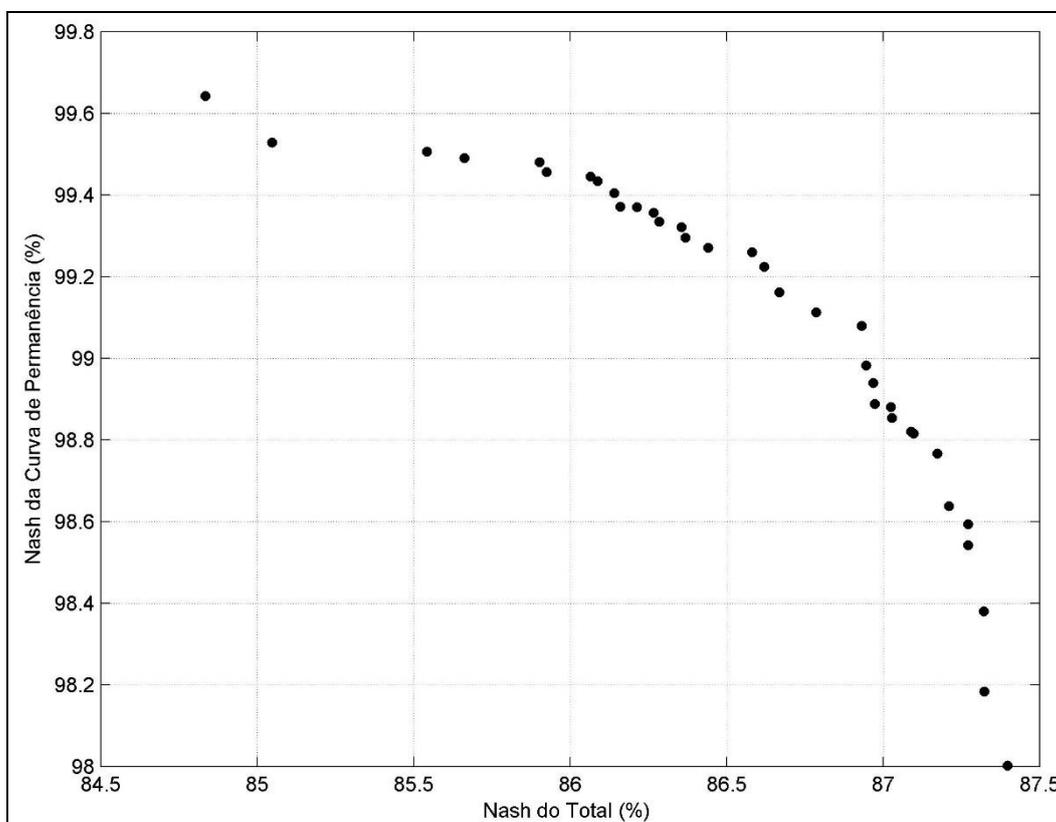
Figura 2.14 – Estação fluviométrica calibrada

#### 2.6.4 - ESTAÇÃO 36250000

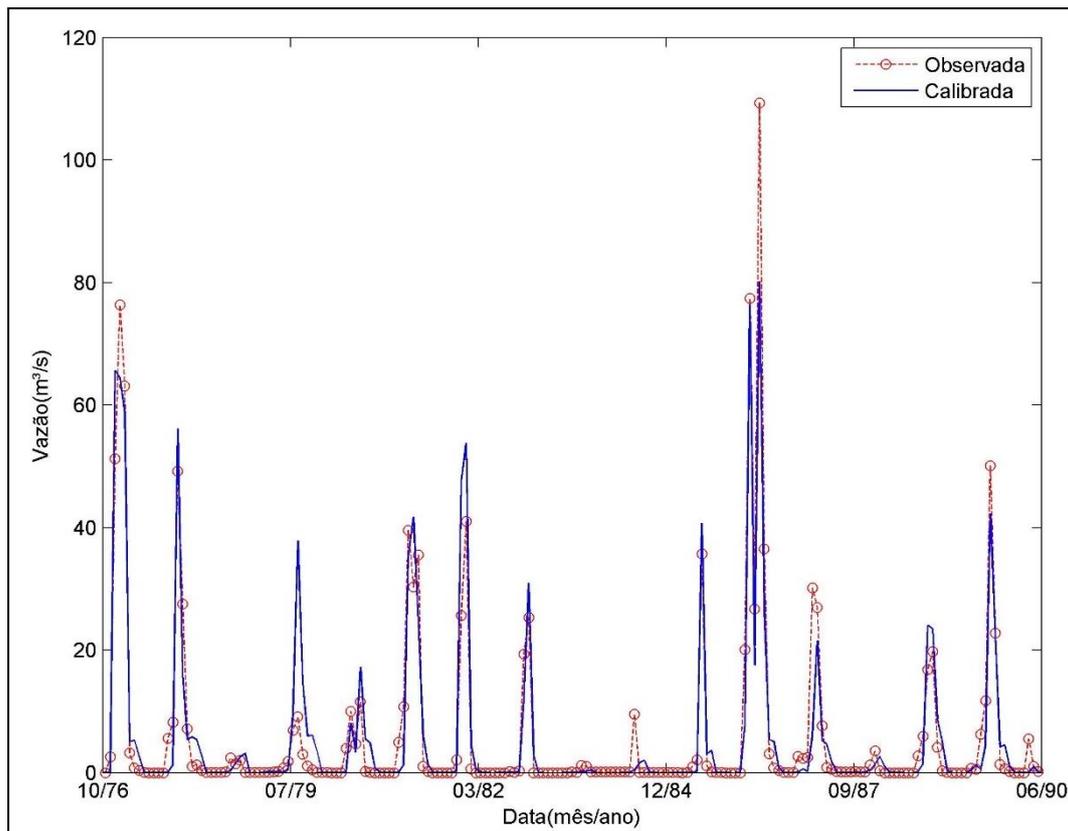
A Frente de Pareto identificada e os hidrogramas calculados durante a calibração são apresentados nas **Figuras 2.15 e 2.16**, respectivamente. Adotou-se como ajuste a ser utilizado na geração das vazões aquele associado ao melhor Nash da série completa. Entende-se que esse já apresenta bons resultados para os picos. Os valores das funções objetivo e respectivos parâmetros são apresentados na **Tabela 2.12**.

**Tabela 2.12 – Conjunto de parâmetros para o modelo MODHAC**

CALIBRAÇÃO			PARÂMETROS					
Período	Nash Total	Nash Curva de Permanência	RSPX	RSSX	RSBX	RSBF	IMAX	IMIN
			162,8	3333	1609,2	304,7	146,5	1,19
1973-1991	87,5%	99%	IDEC	ASP	ASS	ASB	PRED	CEVA
			0,25	0,001	0,013	0,280	999,0	0,965



**Figura 2.15 – Calibração do modelo MODHAC para o posto 36250000**



**Figura 2.16 – Vazões do modelo MODHAC para o posto 36250000**

### 2.6.5 - VAZÕES AFLUENTES AO BARRAMENTO

Foi realizada a simulação das vazões afluentes para a bacia do reservatório, utilizando os parâmetros encontrados para o posto fluviométrico 36250000. Os dados de evapotranspiração foram obtidos através do método de Thornthwaite.

A **Tabela 2.13** apresenta os dados de precipitações médias mensais para o período de 1911 a 2021. Este período foi utilizado para geração de vazões e cálculo do coeficiente de escoamento.

As vazões e as lâminas médias mensais para a bacia são apresentadas nas **Tabelas 2.14 e 2.15**, respectivamente. O volume afluente médio é de 89,2 hm<sup>3</sup>/ano (Ver **Tabela 2.16**). A partir destas afluências geradas, calculou-se um coeficiente de escoamento para a bacia de 6,5%.

**Tabela 2.13 – Precipitação média mensal na bacia da barragem Beré, em mm**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1911	166,2	57,6	211,4	70,9	12,9	1,6	0,0	23,8	21,6	19,2	9,5	64,9	659,6
1912	105,3	376,1	174,1	58,9	18,4	53,3	2,5	0,0	16,3	18,3	15,3	8,9	847,4
1913	65,5	178,0	204,2	131,5	79,0	25,3	30,8	4,7	6,4	66,0	8,8	155,3	955,5
1914	246,1	75,7	86,7	76,5	17,5	108,5	63,1	89,8	4,8	29,7	0,5	5,8	804,7
1915	111,7	35,0	85,9	120,1	8,5	7,5	1,0	9,2	0,6	0,9	11,7	190,5	582,5
1916	121,2	161,5	282,5	149,3	106,4	44,6	4,7	1,9	0,0	6,0	39,5	62,9	980,4
1917	357,1	321,1	215,5	112,4	45,7	25,8	2,4	0,6	6,1	21,0	85,5	117,0	1310,2
1918	268,5	90,4	316,5	72,5	81,3	39,4	11,8	33,4	5,8	25,4	53,1	46,4	1044,5
1919	37,1	117,4	67,1	51,9	34,2	19,7	52,7	16,8	13,2	4,2	2,6	6,1	422,9
1920	25,4	199,4	375,4	201,8	37,2	23,9	19,6	4,9	22,5	66,6	14,9	189,5	1181,1
1921	106,3	312,9	308,2	140,7	75,2	9,0	28,4	12,3	9,6	94,8	63,0	62,8	1223,1
1922	157,0	290,5	199,0	336,1	135,1	113,7	68,9	56,1	0,5	30,1	152,8	48,0	1587,6
1923	177,6	257,4	190,5	229,2	101,3	28,2	28,5	2,1	0,0	16,9	43,8	3,1	1078,4
1924	134,9	399,2	375,9	366,0	236,3	104,2	22,0	12,1	0,4	124,3	19,4	137,1	1931,7
1925	337,8	182,0	248,0	207,1	75,9	3,1	6,5	1,7	89,9	36,1	27,1	77,2	1292,2
1926	138,2	161,5	267,2	130,4	51,5	24,2	5,5	1,6	0,6	1,4	23,0	3,6	808,6
1927	51,5	237,7	181,2	74,0	32,3	8,5	23,5	4,2	1,5	1,7	2,9	104,9	724,1
1928	55,1	41,9	334,0	127,3	53,6	28,1	12,3	0,9	1,3	1,3	18,2	75,0	749,1
1929	102,0	135,2	151,7	47,1	47,1	2,3	2,0	3,1	5,8	32,5	14,9	123,6	667,1
1930	95,3	85,5	253,3	55,2	78,5	18,3	0,1	0,7	0,7	21,7	4,3	116,5	729,9
1931	72,9	258,1	219,6	96,1	33,3	17,6	9,4	6,0	0,0	85,6	12,5	18,9	829,8
1932	142,5	159,4	246,5	113,0	31,8	19,7	25,0	0,0	98,6	64,7	126,7	3,5	1031,5
1933	337,3	257,5	249,3	173,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	127,7	115,3	1260,7
1934	122,2	183,3	377,0	154,1	118,3	45,5	0,0	0,0	44,2	2,2	87,8	137,1	1271,6
1935	193,6	226,6	232,2	172,8	133,3	39,7	6,4	0,9	3,0	0,2	0,2	1,3	1010,2
1936	66,0	270,4	51,4	157,8	37,0	18,9	1,4	0,8	0,0	2,5	13,8	74,6	694,5
1937	132,4	251,5	194,0	226,6	63,5	0,1	0,1	0,0	2,2	5,2	69,8	106,2	1051,6
1938	257,6	46,1	423,7	115,1	37,4	12,0	0,6	0,0	0,0	9,7	2,9	16,5	921,5
1939	2,5	304,4	236,7	74,1	33,1	0,9	43,5	0,5	0,0	10,8	171,7	70,1	948,4
1940	214,6	240,7	601,4	158,7	132,3	8,0	5,4	2,0	2,9	8,9	122,2	62,3	1559,3
1941	74,4	175,6	500,9	169,7	96,4	11,8	12,9	5,9	0,5	1,2	74,5	28,4	1152,2
1942	49,2	92,8	85,2	50,5	14,6	2,7	1,2	4,7	0,7	167,0	34,5	120,7	623,6
1943	157,5	126,9	446,6	219,9	39,0	10,3	10,8	2,3	1,1	2,7	75,2	96,7	1189,1
1944	101,4	70,5	193,4	215,1	20,5	19,4	3,4	1,2	0,5	13,9	12,0	197,5	848,9
1945	42,5	157,9	296,9	182,6	197,1	57,8	10,9	0,0	0,0	13,2	38,6	109,3	1106,6
1946	268,5	270,1	173,4	109,7	41,2	57,5	3,1	3,5	146,2	10,8	73,0	51,6	1208,4
1947	170,5	128,2	396,6	291,8	7,9	7,7	1,6	1,2	1,1	1,8	182,6	102,7	1293,7
1948	60,4	124,3	373,1	13,8	18,2	41,6	44,2	1,4	24,0	1,8	1,6	251,2	955,6
1949	48,4	216,3	188,7	324,9	103,6	2,0	19,1	4,8	1,8	6,7	179,4	0,6	1096,2
1950	0,0	11,0	522,6	592,3	31,9	1,1	1,1	1,5	1,2	4,7	1,9	72,4	1241,8
1951	144,2	142,0	101,9	142,3	68,8	36,8	1,9	1,1	0,0	25,7	3,6	49,6	717,8
1952	220,3	208,1	249,3	21,3	25,3	4,9	0,0	0,0	0,0	8,6	0,1	64,1	801,9
1953	22,0	155,1	169,5	137,3	16,5	37,2	0,0	0,0	57,5	1,1	118,3	8,1	722,6
1954	149,5	114,7	260,7	127,4	38,8	11,7	0,1	0,0	0,0	6,7	66,2	34,9	810,8

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1955	120,0	348,1	402,7	127,5	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3	0,4	178,3	1253,2
1956	7,8	462,6	178,3	106,5	64,7	2,1	0,1	0,1	0,0	125,0	25,1	124,5	1096,8
1957	9,9	4,9	23,2	7,5	2,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	63,3
1958	61,5	118,1	204,0	27,8	98,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	542,6
1959	325,2	192,8	269,4	100,7	65,9	0,1	0,1	0,3	0,0	2,2	2,4	0,0	959,0
1960	5,3	111,0	280,3	182,7	56,9	3,4	0,5	2,3	0,0	52,4	56,3	188,0	938,9
1961	62,4	582,2	81,6	198,1	32,6	138,8	44,3	5,6	1,7	14,4	31,4	145,4	1338,7
1962	101,0	263,9	204,5	173,6	56,2	40,9	58,1	2,8	0,0	23,8	105,0	53,7	1083,3
1963	137,4	293,5	217,8	102,9	26,7	32,5	0,4	0,0	0,9	19,2	95,3	162,1	1088,7
1964	207,8	181,2	162,3	296,2	73,1	63,8	36,0	25,9	1,3	15,3	17,1	28,5	1108,4
1965	95,3	121,3	221,6	271,2	30,4	76,5	7,3	10,8	14,4	75,6	0,7	31,1	956,2
1966	104,8	273,9	64,7	111,0	52,0	64,7	14,0	0,5	2,9	11,8	35,2	107,5	843,0
1967	125,0	177,2	208,2	216,4	78,6	29,8	19,3	4,6	16,7	9,6	53,4	85,5	1024,5
1968	92,0	73,9	138,2	42,7	45,2	17,1	7,6	0,2	0,0	23,4	17,5	75,5	533,4
1969	90,2	85,2	180,6	112,1	31,7	60,1	52,2	12,2	2,5	4,3	6,4	57,0	694,5
1970	80,0	52,1	115,7	23,5	5,3	3,3	0,2	5,1	1,7	78,4	19,9	17,1	402,3
1971	207,3	235,3	184,0	168,6	44,6	26,7	19,1	0,6	0,2	17,9	46,7	31,5	982,3
1972	183,5	115,9	163,5	94,2	90,6	47,1	6,2	40,5	1,2	18,1	26,5	113,0	900,2
1973	124,6	82,0	121,9	245,1	43,2	110,6	52,5	5,6	8,1	54,8	7,8	57,5	913,7
1974	181,2	274,9	212,4	265,8	41,8	15,9	22,6	0,0	13,7	23,2	16,4	69,8	1137,7
1975	187,6	138,7	127,3	86,5	63,8	76,0	33,6	0,0	0,0	15,0	27,9	48,5	804,7
1976	23,1	221,8	170,8	56,2	4,4	0,0	0,0	0,0	71,9	95,3	226,4	144,6	1014,4
1977	144,7	191,7	222,1	292,5	137,1	48,9	66,4	1,0	11,2	25,3	18,5	73,1	1232,6
1978	128,7	305,8	144,4	184,7	112,0	68,8	37,4	3,8	19,0	10,6	64,9	92,6	1172,6
1979	200,2	250,9	219,1	177,8	54,8	9,0	4,4	6,9	11,6	15,6	97,6	98,9	1146,6
1980	192,9	269,8	145,9	11,7	21,9	12,1	8,6	5,2	25,7	24,5	162,4	111,9	992,4
1981	47,6	10,6	487,7	111,4	2,5	12,7	2,2	5,1	0,0	13,7	7,6	100,2	801,3
1982	191,8	97,7	97,3	50,5	21,5	3,8	0,1	1,4	2,3	3,7	36,7	115,8	622,5
1983	112,7	221,3	120,8	22,8	14,1	22,0	6,8	1,7	0,0	4,1	17,8	110,9	655,0
1984	188,7	186,3	226,5	478,7	82,5	11,7	20,1	2,0	15,4	10,6	8,5	45,5	1276,4
1985	551,7	332,5	290,0	554,5	128,9	61,5	31,1	14,2	8,7	7,8	0,1	281,1	2262,0
1986	79,1	237,8	274,2	206,5	83,9	100,1	44,5	20,4	16,9	17,6	42,8	47,0	1170,8
1987	76,0	174,2	345,4	245,0	62,1	95,0	39,2	17,7	5,1	0,0	3,2	2,4	1065,3
1988	359,8	200,9	201,3	205,7	33,8	18,8	14,4	0,0	1,9	34,0	29,8	192,7	1293,0
1989	216,7	44,7	282,7	232,4	147,0	32,1	33,8	4,0	11,6	42,4	31,2	177,3	1255,9
1990	46,0	83,2	135,9	203,1	74,8	39,8	2,4	1,6	14,0	52,4	41,1	24,4	718,9
1991	100,0	119,8	230,9	142,3	46,5	19,6	5,6	0,3	0,1	0,0	49,3	7,5	721,9
1992	227,1	287,7	224,5	144,3	6,6	28,2	24,1	0,0	37,8	0,0	9,9	12,6	1002,8
1993	41,9	116,7	90,9	87,2	22,0	18,9	27,8	0,8	0,8	7,4	54,6	33,8	502,7
1994	137,1	174,4	192,3	136,9	96,5	116,9	18,2	0,0	6,1	10,5	7,1	137,2	1033,2
1995	101,5	205,3	144,6	220,9	115,6	24,9	43,3	0,0	0,0	14,5	46,3	0,4	917,1
1996	291,1	189,4	143,7	163,5	95,3	20,2	20,6	13,3	25,5	26,8	125,1	36,7	1151,2
1997	127,5	103,0	185,9	148,6	112,5	30,9	18,2	5,7	0,0	63,4	20,4	64,5	880,7
1998	248,0	211,7	124,1	71,1	0,0	7,5	13,5	7,2	2,4	0,0	9,0	92,3	786,7
1999	203,6	54,2	284,4	88,8	124,0	0,3	0,0	0,0	0,0	31,6	26,4	86,2	899,4
2000	122,7	217,2	89,2	182,4	30,8	5,6	4,3	9,6	20,3	10,9	11,5	104,0	808,6

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2001	45,8	87,4	151,3	49,0	10,9	38,4	11,8	5,9	11,6	41,4	11,9	139,2	604,6
2002	312,8	87,3	177,4	53,3	35,7	8,8	39,6	6,2	3,1	0,0	9,0	37,2	770,4
2003	203,1	174,7	237,9	74,2	66,9	6,5	10,6	3,7	0,0	3,1	12,3	43,9	837,1
2004	556,3	376,9	115,1	149,4	53,8	4,7	12,6	0,0	2,2	0,0	18,5	9,7	1299,1
2005	178,3	137,7	385,2	90,6	93,0	41,6	10,4	11,1	0,2	0,9	1,4	134,1	1084,5
2006	35,7	268,3	281,9	276,5	97,9	24,0	7,3	0,0	1,3	6,4	17,7	48,8	1065,7
2007	58,7	308,2	87,5	217,5	64,1	0,2	0,5	0,7	2,0	0,0	19,2	78,5	837,2
2008	174,6	194,9	448,8	214,4	66,7	6,8	8,3	15,4	1,6	0,0	1,7	58,3	1191,5
2009	100,7	159,9	151,8	345,1	246,1	23,1	53,1	0,0	0,0	22,9	8,8	99,5	1211,0
2010	231,6	91,3	136,7	230,7	24,9	62,8	11,5	0,0	0,0	48,1	11,1	171,2	1019,8
2011	245,4	277,5	203,1	113,9	95,4	9,1	23,3	38,4	0,0	119,2	102,2	60,2	1287,6
2012	38,9	170,2	155,4	60,4	32,2	7,8	0,0	0,0	0,0	3,6	18,0	80,1	566,7
2013	210,0	113,1	132,4	95,5	72,7	70,0	17,7	1,0	0,0	8,2	29,4	95,6	845,6
2014	54,0	208,8	329,2	223,1	73,8	0,1	8,9	0,4	1,6	24,4	100,7	13,9	1038,7
2015	50,9	89,7	271,0	132,1	144,1	45,9	46,3	0,0	0,4	2,6	0,6	3,4	786,9
2016	286,0	48,2	171,4	18,7	112,1	7,3	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	48,7	701,1
2017	173,7	150,3	101,3	36,8	25,1	19,0	2,1	0,0	0,0	0,0	53,9	43,5	605,6
2018	106,4	272,1	142,7	194,7	32,3	2,9	0,6	0,0	0,0	30,3	64,3	193,9	1040,1
2019	114,1	91,8	284,0	230,1	68,8	44,0	20,5	0,1	2,3	2,7	22,2	84,2	964,7
2020	172,1	246,4	391,7	182,3	102,5	32,3	3,6	0,0	3,1	6,2	65,8	65,7	1271,8
2021	97,1	197,8	239,9	103,5	11,5	1,3	61,9	0,3	9,2	11,2	109,5	194,3	1037,5
<b>Média</b>	144,4	183,4	223,0	155,6	61,9	29,1	16,2	5,8	9,1	23,0	41,7	80,3	973,4
<b>D. Pad.</b>	101,3	99,9	109,1	103,4	46,6	30,5	18,1	12,1	21,0	30,9	47,6	59,8	296,9
<b>CV</b>	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	2,1	2,3	1,3	1,1	0,7	0,3

**Tabela 2.14 – Vazão média mensal afluyente à barragem Beré, em m³/s**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1911	0,03	0,35	2,32	1,17	1,35	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
1912	0,02	16,89	8,45	1,29	1,58	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,46
1913	0,01	0,02	6,63	4,05	2,23	1,91	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,38
1914	0,08	0,52	1,03	1,20	1,14	0,01	0,17	0,28	0,03	0,00	0,00	0,00	0,37
1915	0,00	0,25	0,01	0,29	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10
1916	0,59	0,86	20,27	5,11	6,39	2,01	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,08
1917	8,92	28,06	18,41	1,58	1,81	1,74	0,17	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	5,06
1918	0,59	3,74	22,07	4,88	1,98	1,84	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,98
1919	0,03	0,03	0,24	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
1920	0,00	0,17	25,99	14,82	1,72	1,74	0,30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	3,73
1921	0,35	13,90	22,76	9,40	1,97	2,04	0,74	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	4,27
1922	0,07	9,00	8,62	34,90	6,37	4,20	2,31	2,31	1,07	0,00	0,00	0,29	5,76
1923	0,11	7,82	6,89	24,19	2,09	2,11	1,95	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	3,78
1924	0,03	26,34	29,47	33,95	18,21	7,74	2,40	1,48	0,00	0,01	0,12	0,01	9,98
1925	8,63	11,37	16,47	16,87	2,22	2,34	0,93	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	4,90
1926	0,03	0,07	11,18	5,84	1,59	1,70	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75
1927	0,00	0,03	8,69	1,08	1,47	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	1,02

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1928	0,00	0,01	4,86	13,26	1,42	1,29	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,74
1929	0,00	0,08	0,31	0,61	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,14
1930	0,00	0,13	3,19	0,76	1,31	1,37	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,58
1931	0,07	0,68	13,28	1,33	1,67	1,57	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,55
1932	0,04	0,39	15,79	1,78	2,02	1,73	0,00	0,00	0,01	0,06	0,02	0,17	1,83
1933	12,02	22,02	9,22	19,80	2,35	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,03	5,57
1934	0,17	0,44	31,34	8,10	8,86	2,42	1,58	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	4,42
1935	0,05	13,94	13,10	11,67	8,09	2,47	2,25	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,31
1936	0,00	6,35	0,75	1,26	1,66	1,58	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,97
1937	0,03	16,84	9,36	14,25	5,85	2,36	0,81	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	4,13
1938	0,13	5,14	32,74	5,19	2,07	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,91
1939	0,00	5,72	19,07	3,12	2,14	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,27	2,60
1940	0,02	15,82	62,22	10,61	6,43	2,74	1,98	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	8,33
1941	0,04	0,09	39,91	12,55	6,95	2,47	1,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	5,26
1942	0,01	0,06	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,50	0,03	0,06
1943	0,00	0,25	37,19	8,62	9,79	2,29	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	4,89
1944	0,01	0,04	0,13	14,49	1,59	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,46
1945	0,47	0,61	14,54	11,67	16,35	3,77	2,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,13	4,15
1946	0,04	22,82	10,85	1,96	2,16	2,04	0,90	0,00	0,03	0,24	0,01	0,00	3,42
1947	0,01	0,45	33,14	29,64	2,49	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,50	5,64
1948	0,33	0,11	18,39	1,53	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	1,97
1949	0,72	2,48	10,35	32,69	5,76	2,68	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	4,63
1950	0,00	0,00	33,47	67,13	3,68	3,11	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	8,96
1951	0,02	3,80	0,85	0,97	1,46	1,65	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78
1952	2,93	7,66	18,34	1,90	1,83	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	2,73
1953	0,00	0,00	2,95	4,75	1,56	1,58	0,21	0,00	0,02	0,00	0,00	0,14	0,93
1954	0,04	0,15	7,20	6,95	1,62	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	1,43
1955	0,01	18,30	32,77	17,44	2,32	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	6,01
1956	0,38	26,95	9,25	7,57	2,08	1,92	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,01	4,03
1957	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
1958	0,02	0,03	0,03	0,59	0,99	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
1959	9,18	10,81	22,41	6,44	2,22	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41
1960	0,00	0,06	6,76	16,23	1,82	1,43	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	2,20
1961	0,33	46,59	1,99	10,68	2,90	2,11	2,10	1,47	0,00	0,00	0,00	0,05	5,68
1962	0,04	0,13	12,89	11,55	1,63	1,76	1,66	0,33	0,00	0,00	0,00	0,12	2,51
1963	0,02	11,08	13,67	4,83	1,92	1,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	2,75
1964	0,29	5,98	12,85	22,29	2,03	2,12	1,99	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05
1965	0,02	0,02	0,18	17,30	4,55	1,58	1,21	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	2,07
1966	0,00	5,87	1,09	1,33	1,56	1,45	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,99
1967	0,01	0,08	5,12	15,10	2,26	1,78	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14
1968	0,10	0,03	0,06	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
1969	0,01	0,01	0,04	0,44	0,88	0,84	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
1970	0,00	0,00	0,14	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
1971	0,01	13,31	11,08	8,55	2,00	1,92	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,14
1972	0,01	0,41	2,54	1,34	1,75	1,97	1,84	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,82



Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1973	0,17	0,30	0,06	5,08	1,11	1,32	1,44	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
1974	0,02	11,64	13,70	21,96	1,83	1,79	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28
1975	0,02	0,36	0,88	1,42	1,59	1,54	1,35	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
1976	0,00	0,11	3,70	2,84	1,40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,05	0,52	0,73
1977	1,45	10,33	9,43	33,12	6,13	2,35	2,28	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	5,55
1978	0,05	6,03	8,53	9,59	4,68	1,98	1,99	1,06	0,00	0,00	0,00	0,02	2,83
1979	0,07	16,05	12,69	10,82	3,84	1,95	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,82
1980	0,07	6,40	18,72	1,45	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08	2,24
1981	0,13	0,00	30,85	13,04	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77
1982	0,14	0,53	0,92	1,16	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
1983	0,03	0,65	0,87	1,37	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
1984	0,18	1,44	15,42	50,51	2,87	2,25	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,15
1985	32,22	31,41	19,58	57,25	12,67	2,11	1,96	0,61	0,00	0,00	0,00	0,04	13,16
1986	1,57	8,33	19,50	13,45	1,78	1,98	2,11	1,99	0,17	0,00	0,00	0,00	4,24
1987	0,09	0,04	19,41	21,00	1,60	1,80	1,75	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	3,91
1988	8,52	14,37	10,84	13,73	3,10	2,04	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	4,42
1989	0,53	1,02	12,32	14,85	9,99	2,02	1,95	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60
1990	0,27	0,04	0,15	0,46	3,37	1,35	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
1991	0,01	0,17	2,15	5,47	1,55	1,72	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97
1992	1,19	23,88	13,63	14,83	1,81	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,62
1993	0,00	0,00	0,16	0,36	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
1994	0,01	0,16	3,06	9,30	1,55	1,78	1,93	1,20	0,00	0,00	0,00	0,01	1,58
1995	0,41	0,75	4,73	17,36	1,84	2,06	2,03	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48
1996	0,08	11,44	4,08	6,85	9,72	2,06	0,74	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	2,92
1997	0,00	0,29	0,59	3,84	2,99	1,75	1,69	0,19	0,00	0,01	0,00	0,00	0,95
1998	0,05	11,38	3,28	1,64	1,87	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54
1999	0,13	0,59	11,55	3,13	5,72	2,17	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99
2000	0,12	0,29	0,72	9,69	1,61	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	1,13
2001	0,02	0,05	0,05	0,25	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
2002	13,75	1,06	5,78	1,80	1,87	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08
2003	0,02	7,37	16,21	5,27	1,90	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70
2004	32,61	43,57	5,29	4,53	2,33	2,30	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,59
2005	0,01	0,38	29,07	3,58	1,91	2,09	1,91	0,11	0,00	0,00	0,00	0,13	3,27
2006	0,04	0,73	20,05	23,70	5,30	2,10	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,42
2007	0,02	5,11	1,10	12,83	4,61	2,01	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,16
2008	0,01	1,10	40,09	15,17	3,39	2,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,21
2009	0,01	0,17	3,43	23,55	19,85	1,91	1,94	0,84	0,00	0,00	0,00	0,02	4,31
2010	0,13	0,53	0,87	16,53	1,81	1,68	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,83
2011	2,56	18,99	17,41	4,49	3,67	2,16	1,13	0,01	0,00	0,03	0,42	0,08	4,25
2012	0,00	0,02	1,40	1,28	1,58	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,42
2013	0,06	0,60	1,06	2,20	1,75	1,82	1,64	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,77
2014	0,02	0,07	16,75	21,39	1,75	1,92	0,68	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	3,55
2015	0,00	0,00	3,42	7,00	10,02	1,83	1,67	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02
2016	3,72	1,91	1,08	1,36	1,40	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
2017	0,00	0,19	0,61	1,20	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2018	0,02	5,02	0,78	19,13	1,65	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	2,32
2019	0,45	0,61	6,76	23,43	1,75	1,79	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,00
2020	0,11	7,40	36,24	10,33	2,85	2,22	2,06	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	5,10
2021	0,01	0,06	13,03	1,27	1,71	1,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	1,45
Média	1,34	5,75	11,23	10,23	3,10	1,53	0,71	0,17	0,01	0,01	0,02	0,06	2,85
D. Pad.	4,85	9,20	11,69	11,83	3,49	1,06	0,80	0,44	0,10	0,03	0,07	0,21	2,31
CV	3,63	1,60	1,04	1,16	1,12	0,69	1,13	2,60	8,45	4,43	3,75	3,44	0,81

**Tabela 2.15 – Lamina média escoada afluente à barragem Beré, em mm**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1911	0,0	0,6	4,4	2,2	2,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
1912	0,0	30,0	16,0	2,4	3,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,8
1913	0,0	0,0	12,6	7,4	4,2	3,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	31,2
1914	0,1	0,9	2,0	2,2	2,2	0,0	0,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	8,3
1915	0,0	0,4	0,0	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,3
1916	1,1	1,5	38,5	9,4	12,1	3,7	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,8
1917	17,0	48,2	35,0	2,9	3,4	3,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,0
1918	1,1	6,4	41,9	9,0	3,8	3,4	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,9
1919	0,1	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
1920	0,0	0,3	49,4	27,2	3,3	3,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	84,1
1921	0,7	23,9	43,2	17,3	3,7	3,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	94,0
1922	0,1	15,5	16,4	64,2	12,1	7,7	4,4	4,4	2,0	0,0	0,0	0,6	127,2
1923	0,2	13,4	13,1	44,5	4,0	3,9	3,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	83,1
1924	0,1	46,8	56,0	62,4	34,6	14,2	4,6	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	221,7
1925	16,4	19,5	31,3	31,0	4,2	4,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,5
1926	0,1	0,1	21,2	10,7	3,0	3,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,3
1927	0,0	0,0	16,5	2,0	2,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	23,1
1928	0,0	0,0	9,2	24,4	2,7	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	38,8
1929	0,0	0,1	0,6	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,2
1930	0,0	0,2	6,1	1,4	2,5	2,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,2
1931	0,1	1,2	25,2	2,4	3,2	2,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	35,1
1932	0,1	0,7	30,0	3,3	3,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	41,5
1933	22,8	37,8	17,5	36,4	4,5	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	121,6
1934	0,3	0,7	59,5	14,9	16,8	4,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	99,9
1935	0,1	23,9	24,9	21,4	15,4	4,5	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	94,8
1936	0,0	11,3	1,4	2,3	3,2	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1
1937	0,1	28,9	17,8	26,2	11,1	4,3	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	90,0
1938	0,2	8,8	62,2	9,5	3,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7
1939	0,0	9,8	36,2	5,7	4,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	58,1
1940	0,0	28,1	118,2	19,5	12,2	5,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	187,0
1941	0,1	0,2	75,8	23,1	13,2	4,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,0
1942	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,0	1,3
1943	0,0	0,4	70,7	15,9	18,6	4,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,8
1944	0,0	0,1	0,3	26,6	3,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	32,4

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1945	0,9	1,0	27,6	21,5	31,1	6,9	4,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	93,5
1946	0,1	39,2	20,6	3,6	4,1	3,8	1,7	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	73,5
1947	0,0	0,8	63,0	54,5	4,7	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	126,6
1948	0,6	0,2	34,9	2,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	44,8
1949	1,4	4,3	19,7	60,1	10,9	4,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	102,9
1950	0,0	0,0	63,6	123,4	7,0	5,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	199,9
1951	0,0	6,5	1,6	1,8	2,8	3,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8
1952	5,6	13,6	34,8	3,5	3,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,1
1953	0,0	0,0	5,6	8,7	3,0	2,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	20,9
1954	0,1	0,3	13,7	12,8	3,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	32,2
1955	0,0	31,4	62,3	32,1	4,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	132,6
1956	0,7	47,9	17,6	13,9	4,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	88,0
1957	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
1958	0,0	0,1	0,1	1,1	1,9	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
1959	17,4	18,6	42,6	11,8	4,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0
1960	0,0	0,1	12,8	29,8	3,5	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	49,0
1961	0,6	79,9	3,8	19,6	5,5	3,9	4,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,1	120,2
1962	0,1	0,2	24,5	21,2	3,1	3,2	3,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	56,4
1963	0,0	19,0	26,0	8,9	3,6	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,3
1964	0,6	10,6	24,4	41,0	3,9	3,9	3,8	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	90,2
1965	0,0	0,0	0,3	31,8	8,6	2,9	2,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	46,1
1966	0,0	10,1	2,1	2,4	3,0	2,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4
1967	0,0	0,1	9,7	27,8	4,3	3,3	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,7
1968	0,2	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
1969	0,0	0,0	0,1	0,8	1,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
1970	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6
1971	0,0	22,8	21,0	15,7	3,8	3,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,4
1972	0,0	0,7	4,8	2,5	3,3	3,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5
1973	0,3	0,5	0,1	9,3	2,1	2,4	2,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2
1974	0,0	20,0	26,0	40,4	3,5	3,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,9
1975	0,0	0,6	1,7	2,6	3,0	2,8	2,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6
1976	0,0	0,2	7,0	5,2	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,0	16,4
1977	2,7	17,7	17,9	60,9	11,6	4,3	4,3	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	122,5
1978	0,1	10,3	16,2	17,6	8,9	3,6	3,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6
1979	0,1	27,5	24,1	19,9	7,3	3,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,3
1980	0,1	11,4	35,6	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	50,1
1981	0,2	0,0	58,6	24,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,2
1982	0,3	0,9	1,7	2,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
1983	0,1	1,1	1,7	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9
1984	0,3	2,6	29,3	92,9	5,5	4,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	136,9
1985	61,2	53,9	37,2	105,3	24,1	3,9	3,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,1	290,5
1986	3,0	14,3	37,0	24,7	3,4	3,6	4,0	3,8	0,3	0,0	0,0	0,0	94,2
1987	0,2	0,1	36,9	38,6	3,0	3,3	3,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	87,6
1988	16,2	25,5	20,6	25,2	5,9	3,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	98,1
1989	1,0	1,8	23,4	27,3	19,0	3,7	3,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	80,8
1990	0,5	0,1	0,3	0,8	6,4	2,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1991	0,0	0,3	4,1	10,1	3,0	3,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7
1992	2,3	42,4	25,9	27,3	3,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,6
1993	0,0	0,0	0,3	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
1994	0,0	0,3	5,8	17,1	2,9	3,3	3,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4
1995	0,8	1,3	9,0	31,9	3,5	3,8	3,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	55,3
1996	0,2	20,3	7,7	12,6	18,5	3,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	64,7
1997	0,0	0,5	1,1	7,1	5,7	3,2	3,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2
1998	0,1	19,5	6,2	3,0	3,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9
1999	0,2	1,0	21,9	5,8	10,9	4,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0
2000	0,2	0,5	1,4	17,8	3,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	25,1
2001	0,0	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
2002	26,1	1,8	11,0	3,3	3,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1
2003	0,0	12,6	30,8	9,7	3,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,7
2004	61,9	77,4	10,0	8,3	4,4	4,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	167,3
2005	0,0	0,6	55,2	6,6	3,6	3,8	3,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	74,1
2006	0,1	1,3	38,1	43,6	10,1	3,9	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,1
2007	0,0	8,8	2,1	23,6	8,8	3,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,4
2008	0,0	1,9	76,2	27,9	6,4	3,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	117,7
2009	0,0	0,3	6,5	43,3	37,7	3,5	3,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	96,7
2010	0,2	0,9	1,6	30,4	3,4	3,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	40,6
2011	4,9	32,6	33,1	8,3	7,0	4,0	2,2	0,0	0,0	0,1	0,8	0,1	92,9
2012	0,0	0,0	2,7	2,4	3,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,5
2013	0,1	1,0	2,0	4,0	3,3	3,3	3,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2
2014	0,0	0,1	31,8	39,3	3,3	3,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	79,6
2015	0,0	0,0	6,5	12,9	19,0	3,4	3,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	45,4
2016	7,1	3,4	2,0	2,5	2,7	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8
2017	0,0	0,3	1,2	2,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
2018	0,0	8,6	1,5	35,2	3,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	50,7
2019	0,9	1,0	12,8	43,1	3,3	3,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7
2020	0,2	13,2	68,8	19,0	5,4	4,1	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	114,7
2021	0,0	0,1	24,7	2,3	3,3	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	32,8
<b>Média</b>	2,5	10,0	21,3	18,8	5,9	2,8	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	63,2
<b>D. Pad.</b>	9,2	16,0	22,2	21,8	6,6	1,9	1,5	0,8	0,2	0,1	0,1	0,4	51,3
<b>CV</b>	3,6	1,6	1,0	1,2	1,1	0,7	1,1	2,6	8,4	4,4	3,7	3,4	0,8

**Tabela 2.16 – Volume afluente à barragem Beré, em hm<sup>3</sup>**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1911	0,07	0,86	6,20	3,05	3,61	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,1
1912	0,06	42,32	22,63	3,34	4,23	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,9
1913	0,03	0,05	17,77	10,49	5,98	4,95	4,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	43,9
1914	0,21	1,27	2,76	3,11	3,05	0,02	0,45	0,75	0,07	0,00	0,00	0,00	11,7
1915	0,01	0,60	0,03	0,75	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	3,3
1916	1,58	2,14	54,29	13,24	17,11	5,21	4,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	98,4
1917	23,90	67,89	49,31	4,09	4,86	4,52	0,45	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	155,1

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1918	1,57	9,04	59,10	12,65	5,31	4,78	1,78	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	94,3
1919	0,09	0,07	0,64	0,18	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0
1920	0,00	0,44	69,60	38,40	4,60	4,52	0,80	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	118,6
1921	0,93	33,63	60,97	24,38	5,28	5,30	1,98	0,00	0,00	0,00	0,12	0,02	132,6
1922	0,18	21,78	23,08	90,47	17,07	10,88	6,18	6,20	2,77	0,00	0,00	0,78	179,4
1923	0,30	18,93	18,45	62,70	5,58	5,47	5,23	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	117,1
1924	0,09	66,01	78,92	88,00	48,77	20,07	6,42	3,95	0,00	0,02	0,32	0,02	312,6
1925	23,11	27,50	44,11	43,72	5,95	6,06	2,48	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	153,0
1926	0,08	0,17	29,93	15,13	4,27	4,40	1,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,4
1927	0,00	0,07	23,28	2,79	3,94	2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	32,6
1928	0,01	0,01	13,02	34,38	3,81	3,34	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	54,8
1929	0,01	0,20	0,82	1,58	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	4,5
1930	0,00	0,31	8,53	1,98	3,50	3,54	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	18,5
1931	0,20	1,63	35,56	3,44	4,48	4,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	49,5
1932	0,09	0,98	42,29	4,62	5,41	4,49	0,00	0,00	0,01	0,16	0,04	0,46	58,6
1933	32,18	53,26	24,68	51,31	6,30	3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,08	171,4
1934	0,47	1,06	83,95	20,99	23,74	6,28	4,23	0,00	0,02	0,00	0,10	0,05	140,9
1935	0,13	33,72	35,09	30,24	21,67	6,41	6,01	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	133,6
1936	0,00	15,91	2,01	3,28	4,45	4,08	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	29,8
1937	0,08	40,73	25,06	36,93	15,66	6,12	2,17	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	126,8
1938	0,35	12,43	87,70	13,45	5,55	4,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,6
1939	0,00	13,85	51,07	8,08	5,73	2,16	0,01	0,00	0,00	0,00	0,25	0,72	81,9
1940	0,06	39,65	166,64	27,51	17,21	7,11	5,31	0,00	0,00	0,00	0,04	0,17	263,7
1941	0,12	0,21	106,90	32,52	18,61	6,40	2,91	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	167,7
1942	0,02	0,14	0,03	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	1,29	0,07	1,9
1943	0,01	0,61	99,61	22,35	26,23	5,95	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	156,2
1944	0,04	0,10	0,36	37,55	4,27	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	45,7
1945	1,27	1,48	38,94	30,26	43,80	9,77	5,86	0,17	0,00	0,00	0,00	0,34	131,9
1946	0,09	55,20	29,06	5,08	5,79	5,30	2,41	0,00	0,09	0,65	0,03	0,00	103,7
1947	0,02	1,10	88,77	76,83	6,68	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	1,34	178,5
1948	0,90	0,27	49,26	3,96	3,19	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	5,53	63,1
1949	1,92	6,01	27,71	84,74	15,41	6,95	1,69	0,00	0,00	0,00	0,01	0,58	145,0
1950	0,00	0,00	89,64	174,00	9,85	8,07	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	281,9
1951	0,06	9,20	2,29	2,53	3,90	4,29	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,8
1952	7,84	19,20	49,13	4,94	4,90	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	86,1
1953	0,00	0,00	7,91	12,30	4,18	4,10	0,56	0,00	0,04	0,00	0,00	0,38	29,5
1954	0,10	0,37	19,28	18,02	4,35	3,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	45,3
1955	0,03	44,26	87,77	45,19	6,21	2,88	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,60	187,0
1956	1,01	67,53	24,77	19,63	5,57	4,97	0,00	0,00	0,00	0,13	0,37	0,02	124,0
1957	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5
1958	0,05	0,08	0,09	1,52	2,65	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,5
1959	24,59	26,16	60,02	16,69	5,94	4,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	138,1
1960	0,00	0,16	18,11	42,06	4,87	3,71	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,11	69,1
1961	0,89	112,70	5,33	27,67	7,77	5,48	5,62	3,93	0,00	0,00	0,00	0,13	169,5
1962	0,10	0,33	34,53	29,93	4,35	4,56	4,45	0,87	0,00	0,00	0,00	0,33	79,5
1963	0,06	26,80	36,60	12,51	5,13	3,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	85,0

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1964	0,78	14,97	34,42	57,77	5,44	5,50	5,32	2,91	0,00	0,00	0,00	0,00	127,1
1965	0,04	0,06	0,47	44,84	12,19	4,09	3,25	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	65,0
1966	0,01	14,20	2,92	3,45	4,18	3,76	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	30,2
1967	0,03	0,20	13,72	39,15	6,06	4,62	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,3
1968	0,26	0,08	0,17	0,75	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,3
1969	0,02	0,02	0,11	1,15	2,35	2,18	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,9
1970	0,01	0,01	0,38	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,9
1971	0,03	32,21	29,67	22,16	5,35	4,97	2,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	96,4
1972	0,04	1,02	6,80	3,47	4,70	5,10	4,92	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	26,1
1973	0,46	0,72	0,17	13,17	2,99	3,42	3,85	2,34	0,00	0,01	0,00	0,01	27,1
1974	0,05	28,15	36,69	56,91	4,90	4,64	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	132,5
1975	0,05	0,88	2,35	3,67	4,26	3,99	3,61	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	19,2
1976	0,00	0,28	9,90	7,36	3,75	0,00	0,00	0,00	0,01	0,25	0,14	1,38	23,1
1977	3,88	25,00	25,27	85,85	16,41	6,10	6,12	4,12	0,00	0,00	0,00	0,01	172,7
1978	0,14	14,58	22,84	24,85	12,54	5,13	5,32	2,83	0,00	0,00	0,00	0,05	88,3
1979	0,18	38,84	33,98	28,06	10,30	5,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	117,5
1980	0,18	16,04	50,15	3,76	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,21	70,6
1981	0,35	0,00	82,64	33,79	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	120,2
1982	0,36	1,28	2,46	3,02	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	8,3
1983	0,09	1,58	2,34	3,54	3,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	11,1
1984	0,49	3,61	41,31	130,93	7,68	5,83	3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	193,0
1985	86,31	75,99	52,45	148,40	33,95	5,47	5,25	1,63	0,00	0,00	0,00	0,11	409,6
1986	4,20	20,16	52,23	34,86	4,77	5,14	5,65	5,33	0,44	0,00	0,00	0,00	132,8
1987	0,25	0,09	51,99	54,42	4,27	4,67	4,70	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	123,6
1988	22,82	36,01	29,05	35,58	8,30	5,30	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	138,3
1989	1,43	2,48	32,99	38,48	26,77	5,23	5,21	1,29	0,00	0,01	0,00	0,01	113,9
1990	0,72	0,09	0,40	1,20	9,03	3,49	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,4
1991	0,01	0,42	5,76	14,17	4,16	4,45	1,60	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	30,6
1992	3,20	59,84	36,50	38,43	4,86	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,2
1993	0,00	0,00	0,44	0,92	0,71	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	2,1
1994	0,03	0,38	8,20	24,10	4,14	4,63	5,18	3,22	0,00	0,00	0,00	0,02	49,9
1995	1,09	1,82	12,66	45,00	4,93	5,35	5,45	1,63	0,00	0,00	0,01	0,01	77,9
1996	0,22	28,65	10,92	17,77	26,02	5,34	1,97	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	91,2
1997	0,01	0,70	1,59	9,95	8,00	4,55	4,52	0,50	0,00	0,02	0,00	0,00	29,8
1998	0,12	27,53	8,80	4,26	5,01	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,4
1999	0,35	1,42	30,94	8,12	15,31	5,61	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	63,5
2000	0,33	0,72	1,94	25,12	4,30	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	35,4
2001	0,05	0,12	0,14	0,65	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,0
2002	36,82	2,57	15,49	4,67	5,02	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,4
2003	0,06	17,82	43,41	13,66	5,09	4,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,2
2004	87,34	109,16	14,16	11,75	6,25	5,95	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	235,9
2005	0,04	0,91	77,87	9,29	5,11	5,42	5,13	0,29	0,00	0,00	0,00	0,34	104,4
2006	0,11	1,77	53,71	61,43	14,19	5,43	3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	139,7
2007	0,06	12,35	2,95	33,27	12,35	5,22	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	66,9
2008	0,02	2,75	107,37	39,33	9,09	5,18	2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	165,9
2009	0,02	0,41	9,18	61,05	53,16	4,94	5,19	2,26	0,00	0,00	0,00	0,05	136,3

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2010	0,35	1,28	2,32	42,86	4,84	4,35	1,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	57,3
2011	6,85	45,94	46,62	11,64	9,83	5,60	3,04	0,03	0,00	0,09	1,08	0,21	130,9
2012	0,00	0,06	3,76	3,32	4,22	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	13,4
2013	0,15	1,46	2,85	5,70	4,69	4,72	4,41	0,28	0,00	0,00	0,00	0,04	24,3
2014	0,06	0,17	44,86	55,43	4,69	4,98	1,82	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	112,2
2015	0,00	0,01	9,16	18,15	26,83	4,74	4,47	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	64,1
2016	9,95	4,78	2,88	3,53	3,75	2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	27,9
2017	0,01	0,45	1,63	3,12	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	7,6
2018	0,06	12,15	2,09	49,58	4,41	2,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	71,5
2019	1,21	1,48	18,11	60,73	4,68	4,63	3,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	94,0
2020	0,31	18,54	97,06	26,78	7,64	5,76	5,51	0,07	0,00	0,00	0,02	0,01	161,7
2021	0,02	0,15	34,89	3,29	4,59	2,96	0,13	0,00	0,00	0,00	0,04	0,15	46,2
<b>Média</b>	3,58	14,08	30,09	26,51	8,31	3,98	1,90	0,45	0,03	0,02	0,05	0,16	89,2
<b>D. Pad</b>	12,99	22,58	31,31	30,67	9,35	2,74	2,14	1,17	0,27	0,07	0,17	0,56	72,3
<b>CV</b>	3,6	1,6	1,0	1,2	1,1	0,7	1,1	2,6	8,4	4,4	3,7	3,4	0,81

## 2.7 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são:

- Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade da barragem; e,
- Estimativa das perdas por evaporação e sangria.

O traçado das curvas de regulação inclui: volume evaporado (E), volume liberado (M) e volume sangrado (S) versus capacidade (K) e  $dM/dK$  versus K.

### 2.7.1 - SOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o método da solução direta da equação de balanço hídrico.

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por:

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

$$S_t = \max(B - K; 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

onde

- $Z_t$  = volume armazenado no início do mês  $t$ ;
- $I_t$  = volume afluente ao reservatório durante o mês  $t$ ;
- $A_t$  = área do espelho d'água no início do mês  $t$ ;
- $E$  = lâmina evaporada durante o mês  $t$ , suposta constante ao longo dos meses;
- $K$  = capacidade do reservatório;
- $S_t$  = volume perdido por sangria durante o mês  $t$ .

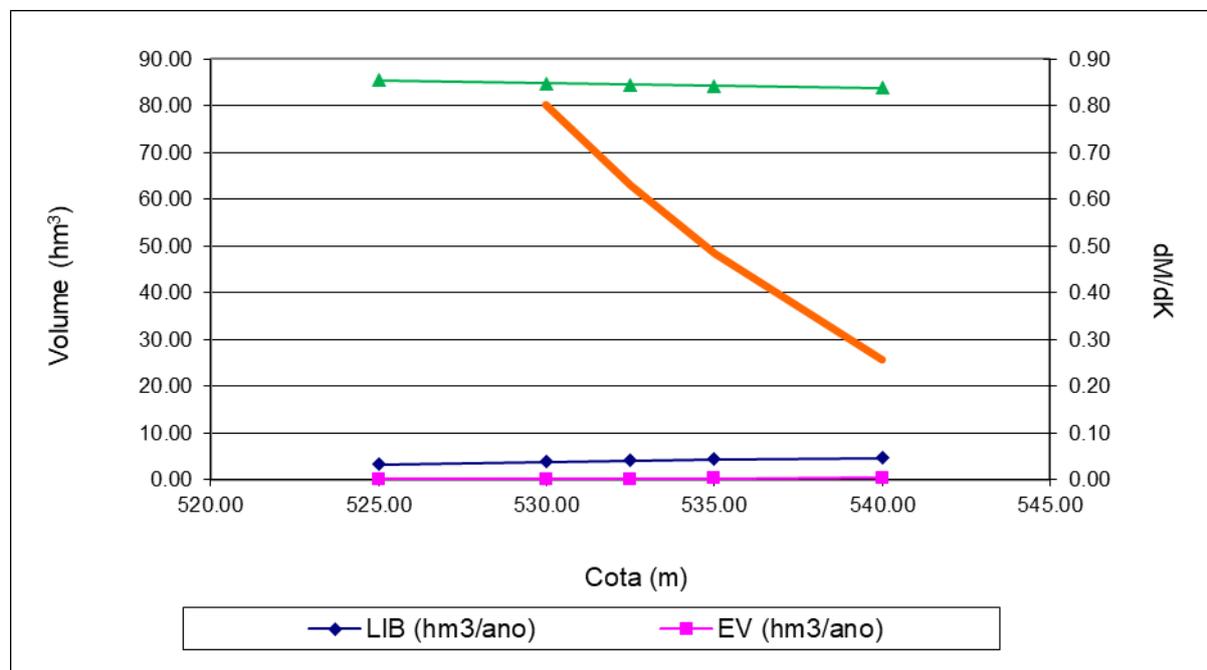
#### 2.7.2 - RESULTADOS PARA CONDIÇÃO ATUAL

A seguir são apresentados os resultados da aplicação do método da solução direta da equação de balanço hídrico para o barramento.

Na **Tabela 2.17** são apresentados o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de  $f_K$  (fator de capacidade =  $K/\mu$ ) para a barragem. A **Figura 2.17** apresenta as curvas de regulação para o reservatório, que nada mais são que a graficação dos valores apresentados na **Tabela 2.17**.

Os resultados obtidos demonstram ganhos incrementais na capacidade de regularização com o aumento do barramento para além da cota 532,5. Para a capacidade de 2,56 hm<sup>3</sup> e uma garantia de 99%, este regulariza 4,7% do volume afluente médio, ou seja, 4,18 hm<sup>3</sup>/ano (0,133 m<sup>3</sup>/s). A **Tabela 2.17** mostra como o volume afluente ao reservatório distribui-se em volume regularizado (RG), volume evaporado (EV) e volume sangrado (SG).

Tabela 2.17 – Estudo incremental de capacidades da barragem Beré (Garantia de 99%)**Erro! Vínculo não válido.**



**Figura 2.17 – Curvas de regulação da barragem Beré (Resolução direta da equação do balanço hídrico – Garantia de 99%)**

## 2.8 - ESTUDO DE CHEIA E DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

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 da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (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 hietograma de projeto com T anos de período de retorno como sendo a cheia cinquentenária (T=50), centenária (T =100), milenar (T =1.000) etc.

### 2.8.1 - 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 hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro. A ferramenta a ser utilizada para a implementação desta metodologia será o programa HEC-HMS<sup>1</sup>.

As relações chuva-deflúvio para a bacia da barragem Beré serão estabelecidas 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 a bacia serão estudadas as suas respostas aos hietogramas de projeto correspondentes a 100, 1.000 e 10.000 anos (Tr = tempo de retorno).

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

---

<sup>1</sup>US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER.

- Método Curva-Número (*SoilConservation Service*) na determinação da chuva efetiva;
- Método do *SoilConservationService* na determinação do hidrograma unitário sintético - Escoamento Superficial na bacia (*overlandflow*);
- Método de Puls para propagação do escoamento em reservatórios.

## 2.8.2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de baixa frequência 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-frequência.

Na área em estudo não existem registros de pluviógrafos, sendo que o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluviômetro, 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-se uma equação que relaciona intensidade-duração-frequência 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.

### 2.8.2.1 - 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 R1h;
- Plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

### 2.8.2.2 - 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 barragem Beré foi escolhido o posto pluviométrico Jardim (76) da FUNCENE, como pode ser verificado na **Tabela 2.18**, **Figura 2.18** e **Figura 2.19**. Este não está localizado internamente à bacia da barragem Beré, mas trata-se do posto mais próximo da bacia que possui uma série longa para a análise de extremos.

**Tabela 2.18 – Máximos anuais da série do posto 76**

---

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

Ano	Máx. Anual (mm)						
1979	94,4	1989	55	1999	117	2009	101
1980	90,4	1990	74	2000	47,1	2010	70
1981	63,8	1991	37	2001	110	2011	100
1982	49,6	1992	69	2002	75	2013	137
1983	50	1993	54	2003	80	2014	68
1984	68,2	1994	75	2004	68	2016	85
1985	89,4	1995	61	2005	83	2018	70
1986	63	1996	89,4	2006	80	2021	85
1987	42,8	1997	115	2007	101		
1988	93	1998	105	2008	80		

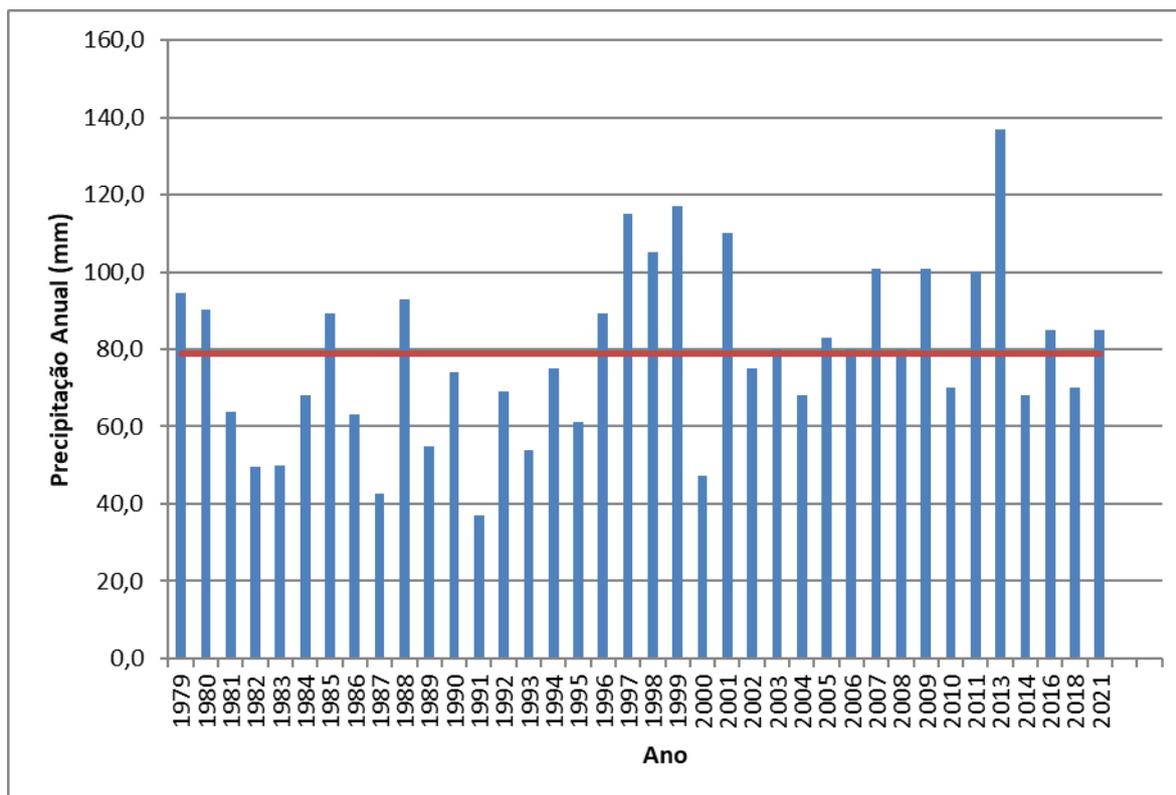
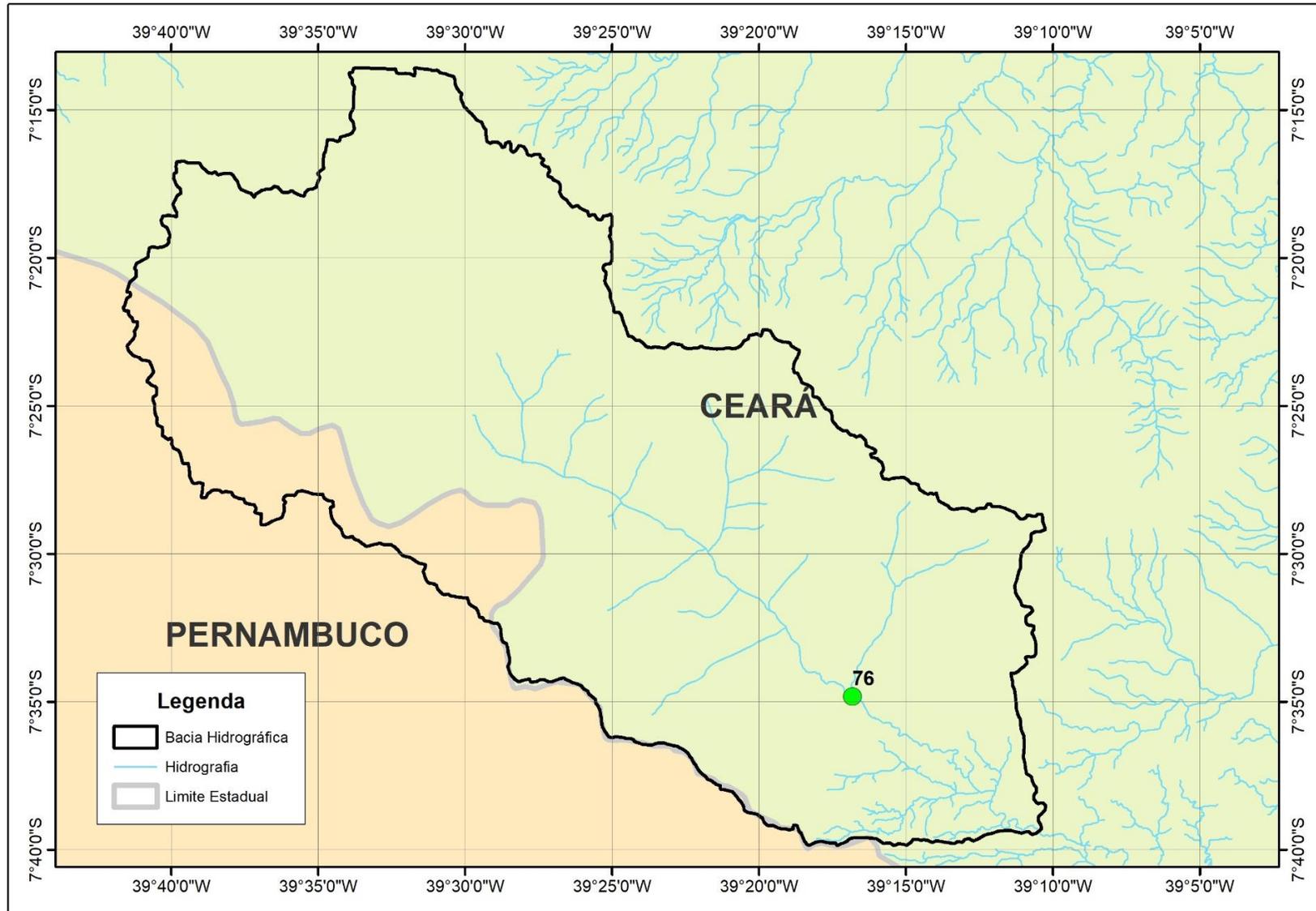


Figura 2.18 – Variação da precipitação anual do posto 76



**Figura 2.19 – Estações pluviométricas utilizada**

A série pluviométrica do posto foi obtida no acervo de dados da Agência Nacional de Água – ANA disponibilizadas na internet via HidroWEB. Tomou-se da série de pluviometria do posto os valores anuais extremos diários procedendo-se, então, ao ajuste das distribuições de probabilidades susceptíveis de representação desse processo.

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, 20, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos, conforme pode ser visto na **Tabela 2.19**, na qual se encontram ilustrados tais valores de chuvas máximas, assim como a distribuição de probabilidade adotada.

Para se conhecer a precipitação sobre a área a partir de um valor pontual, utilizou-se a expressão abaixo.

$$\frac{P_a}{P_o} = \left( 1 - W \times \log \frac{A}{A_o} \right)$$

Em que,  $P_a$  = precipitação média sobre a bacia;  $P_o$  = precipitação no centro de gravidade da bacia, tomada igual a precipitação no posto;  $W$  = constante que depende do local (adotado um valor de 0,15 para a região em estudo);  $A$  = área da bacia hidrográfica; e,  $A_o$  = área base na qual  $P_a = P_o$  (25 km<sup>2</sup>).

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 Taborga Torrico, a qual define coeficientes a serem aplicados para desagregação de chuva diária em todo o Brasil.

**Tabela 2.19 – Extremos de chuva (mm) obtidos da distribuição de probabilidade.**

Tr (anos)	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade Adotada	Valor do $c^2$ da Distribuição	Limite Estatística $c^2$ (95% de Confiança)
10	108,76	Lognormal 3-par	0,21	11,07
20	118,86			
50	131,11			
100	139,89			
1000	167,73			
10000	195,34			

A região em estudo encontra-se na isozona D. Assim, com os coeficientes e o ábaco de desagregação foram obtidos os valores de precipitação para os intervalos de 0.1, 0.25, 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos.

O hietograma de projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui pela fórmula de Dodge:

$$T_C = 21,88 \times A^{0,4} \times S_o^{-0,17}$$

Em que  $T_c$  = tempo de concentração (minutos);  $A$  = área da bacia,  $\text{km}^2$ ;  $S_o$  = declividade média do talvegue, em  $\text{m}^{-1}$ . Dodge foi determinada para bacias rurais com áreas variando de 140 a 930  $\text{km}^2$ , desta forma, mais adequada a região do que a fórmula de Kirpich.

Para determinação da distribuição temporal da chuva de projeto utilizou-se o método dos blocos alternados e uma chuva com duração de 8 horas (aproximadamente duas vezes o tempo de concentração da bacia).

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 5 minutos.

A altura total de 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 ocorra, aproximadamente, no meio da duração da chuva total. Os incrementos (ou blocos de chuva) seguintes são organizados alternadamente, até preencher toda a duração.

### 2.8.2.3 - Precipitação Efetiva

O modelo HEC-HMS refere-se à interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de 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

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

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:

$$Q = \frac{(P - 0,20.S)^2}{P + 0,80.S}$$

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

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

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>.

---

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

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 tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior. Para a bacia da barragem Beré foram adotados CNs com base nos mapas de solo, uso e ocupação e relevos.

#### 2.8.2.4 - 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>LAG</sub>. Este parâmetro, T<sub>LAG</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:

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

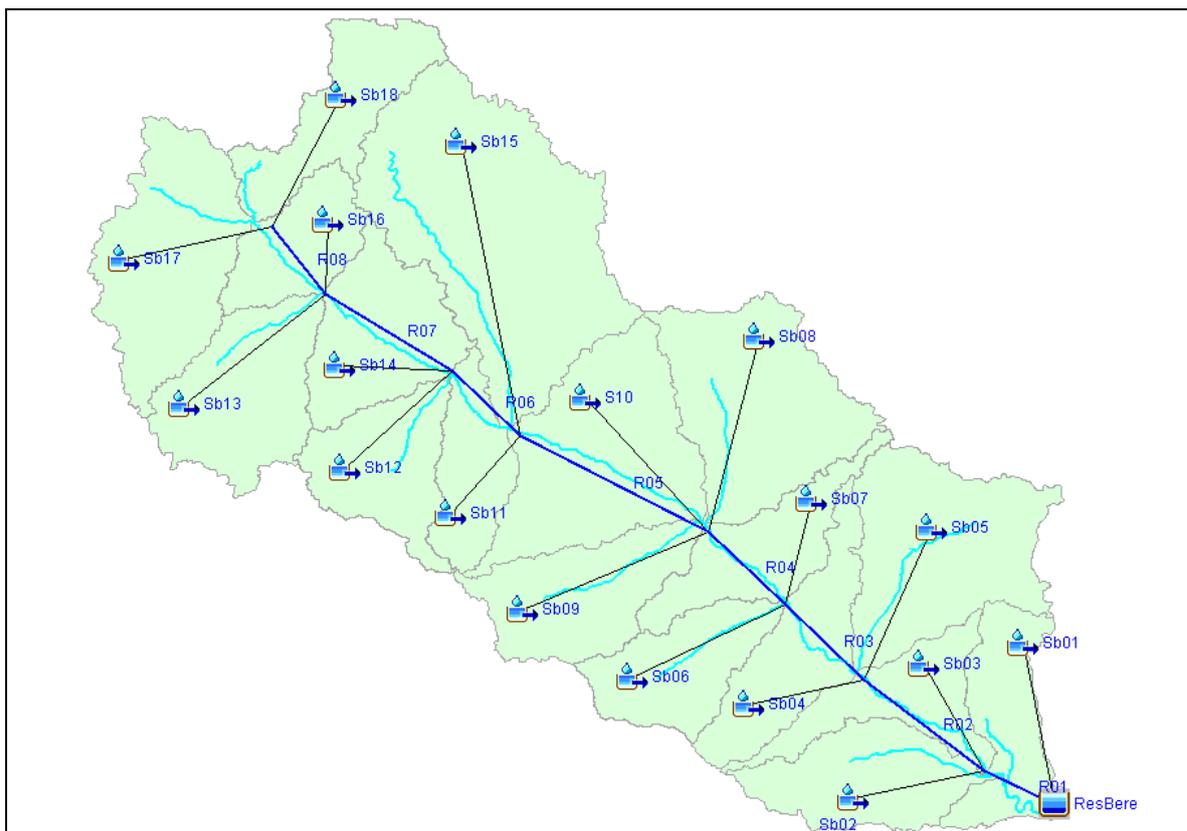
em que, Q<sub>p</sub> é a vazão de pico (m<sup>3</sup>/s), t<sub>p</sub> = tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km<sup>2</sup> e Δt = o intervalo de cálculo.

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  $\Delta t = 0,20. t_p$ , não devendo exceder  $0,25.t_p$ . Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas

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

Em que  $T_c$  é o tempo de concentração da bacia. O HEC-HMS sugere que  $\Delta t \leq 0,29.T_{LAG}$ . 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 Dodge.

A **Figura 2.20** apresenta a rede modelada no HEC-HMS.

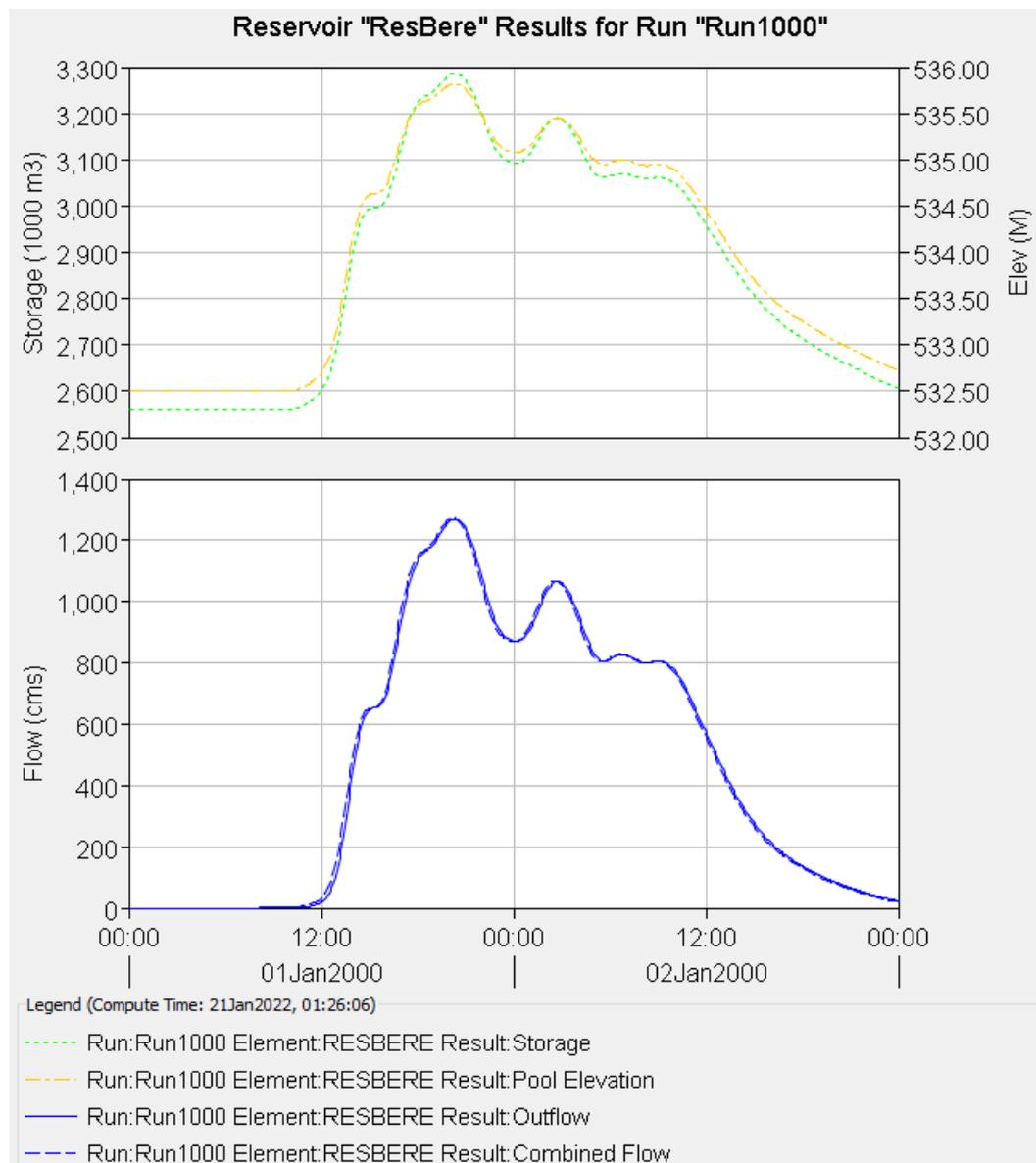


**Figura 2.20 – Rede simulada no HEC-HMS**

As **Figuras 2.21 e 2.22** apresentam os hidrogramas afluentes à barragem Beré obtidos através do uso do modelo HEC-HMS correspondentes aos tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, conforme metodologia acima. As vazões de pico do

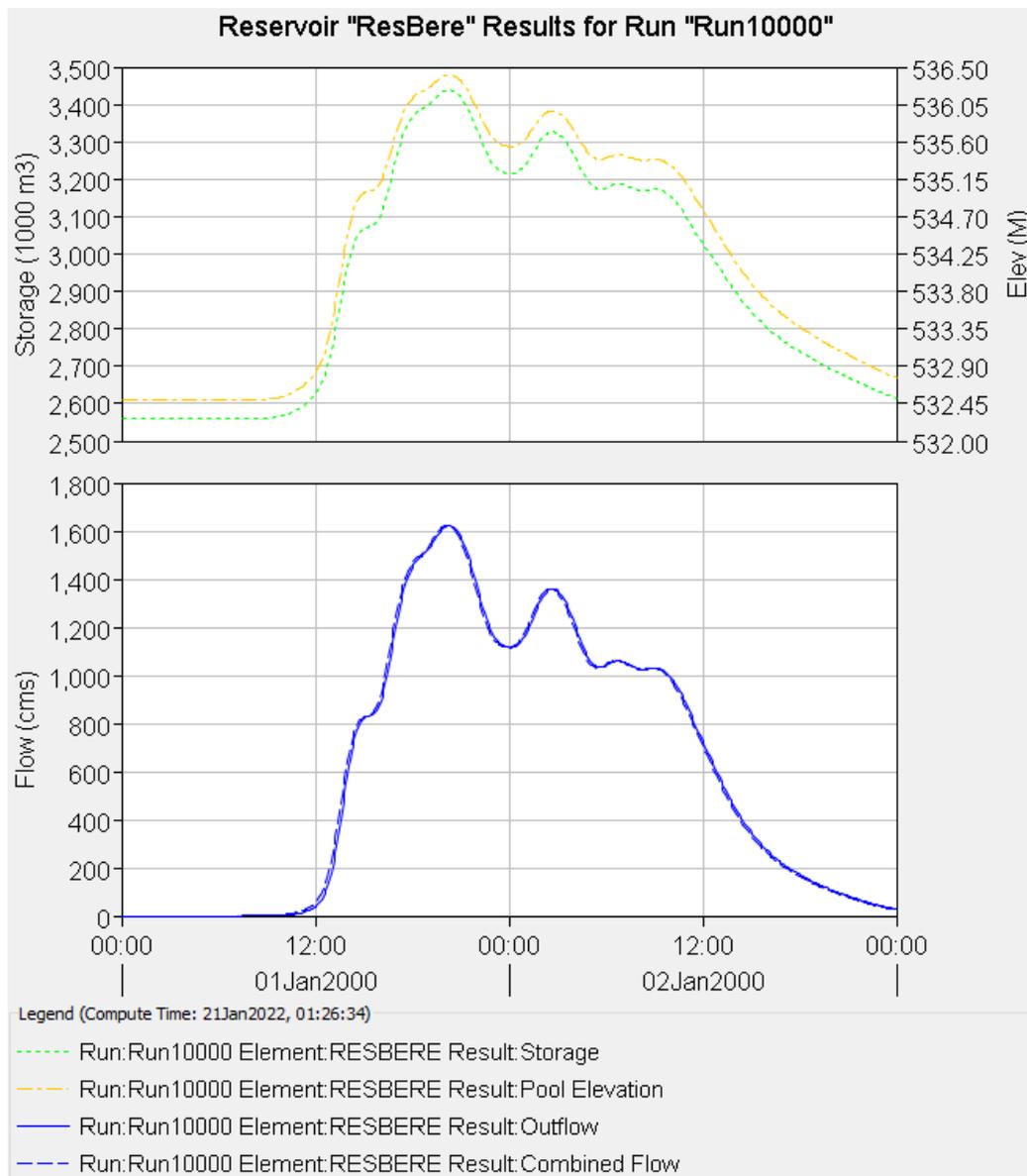
hidrograma foram 1270,9 m<sup>3</sup>/s para o período de retorno de 1.000 anos; e, 1622,7 m<sup>3</sup>/s para o período de retorno de 10.000 anos.

Simulation Run: Run1000		Reservoir: ResBere	
Start of Run:	01Jan2000, 00:00	Basin Model:	Bere
End of Run:	03Jan2000, 00:00	Meteorologic Model:	Met1000
Compute Time:	21Jan2022, 01:26:06	Control Specifications:	Control
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
<b>Computed Results</b>			
Peak Inflow :	1270.95 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow :	01Jan2000, 20:15
Peak Outflow :	1269.90 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow :	01Jan2000, 20:20
Total Inflow :	58.42 (MM)	Peak Storage :	3285.71 (1000 M3)
Total Outflow :	58.39 (MM)	Peak Elevation :	535.82 (M)



**Figura 2.21 – Hidrograma total afluente à barragem Beré (Tr = 1.000 anos)**

Simulation Run: Run10000		Reservoir: ResBere
Start of Run: 01Jan2000, 00:00	Basin Model: Bere	
End of Run: 03Jan2000, 00:00	Meteorologic Model: Met10000	
Compute Time: 21Jan2022, 01:26:34	Control Specifications: Control	
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		
<b>Computed Results</b>		
Peak Inflow : 1622.74 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01Jan2000, 20:10	
Peak Outflow : 1621.42 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01Jan2000, 20:15	
Total Inflow : 74.65 (MM)	Peak Storage : 3439.13 (1000 M3)	
Total Outflow : 74.60 (MM)	Peak Elevation : 536.41 (M)	



**Figura 2.22 – Hidrograma total afluente à barragem Beré (Tr = 10.000 anos)**

### 2.8.3 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO

Técnicas de propagação em reservatórios são baseadas no conceito de armazenamento, sendo o método de Puls um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios. Este método consiste em uma expressão discretizada da equação de continuidade concentrada e na relação entre vazão e armazenamento.

A equação discretizada da continuidade é dada por

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2}$$

Em que  $I_t$  e  $I_{t+1}$  = vazões afluentes ao reservatório em  $t$  e  $t+1$ ;  $Q_t$  e  $Q_{t+1}$  = vazões de saída ao reservatório em  $t$  e  $t+1$ ;  $S_t$  e  $S_{t+1}$  = armazenamento em  $t$  e  $t+1$ ;  $\Delta t$  = intervalo de tempo. As incógnitas  $Q_{t+1}$  e  $S_{t+1}$  podem ser colocadas em um mesmo lado, resultando em

$$Q_{t+1} + 2 \cdot \frac{S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \cdot \frac{S_t}{\Delta t}$$

Conhecendo-se a função  $Q=f(S)$ , constrói-se uma função  $Q=h(Q+2S/\Delta t)$ , resultando no seguinte processo de cálculo:

- Determinação do volume inicial  $S_0$  (conforme objetivo do estudo) e a partir deste, determina-se  $Q_0$ ;
- Calcular  $I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \cdot \frac{S_t}{\Delta t}$ , uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário do SCS;
- Com este valor  $(Q_{t+1} + 2 \cdot S_{t+1}/\Delta t)$  é possível obter  $Q_{t+1}$  através de  $Q=h(Q+2S/\Delta t)$  e  $S_{t+1}$  através de  $S_{t+1} = f^{-1}(Q_{t+1})$ ;
- Repete-se o segundo e o terceiro passo para todos os intervalos de cálculo.

A barragem Beré foi simulada com um vertedouro com perfil tipo Creager, sendo o seu coeficiente de descarga adotado 2,10. Todas as simulações adotaram a cota de soleira 532,50.

A equação adotada para os vertedouros fica da seguinte forma:

$$Q = C L (Z - Z_w)^{1.5}$$

## 2.9 - RESULTADOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por suas localizações, capacidades e finalidades. Assim, dentro desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 10, 100, 1.000 anos e verificar para o hietograma de 10.000 anos.

**Tabela 2.20 – Resultado da simulação**

L (m)	Q <sub>out</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Cota (m)	Lâmina (m)
<b>Creager: Z<sub>w</sub> = 532,50 m</b>			
<b>Tr = 1.000 anos - Q<sub>in</sub> = 1270,9 m<sup>3</sup>/s</b>			
80	1269,5	536,35	3,85
100	1269,9	535,82	3,32
150	1270,3	535,03	2,53
<b>Tr = 10.000 anos - Q<sub>in</sub> = 1622,7 m<sup>3</sup>/s</b>			
80	1621,1	537,03	4,53
100	1621,4	536,41	3,91
150	1622,0	535,48	2,98

## 2.10 - FOLGA E COROAMENTO DA BARRAGEM

Entende-se por folga da barragem a diferença entre a cota do coroamento e a cota do nível máximo da água. O cálculo desta é feito levando em consideração a ação dos ventos sobre o lago, que provocam ondas, elevando assim o nível máximo obtido para o estudo de cheia.

O cálculo da folga (Vieira *et al*, 1996) é dado pelas etapas a seguir.

- a) Cálculo da altura da onda (h) formada pela ação do vento sobre o espelho d'água do lago:

$$h = 0,75 + 0,34F^{\frac{1}{2}} - 0,26F^{\frac{1}{4}} \quad F < 18 \text{ Km}$$

$$h = 0,34F^{\frac{1}{2}} \quad F > 18 \text{ Km}$$

em que, F é a distância máxima (km) em linha reta entre qualquer extremidade do lago e um ponto qualquer sobre o barramento (Fetch).

b) Cálculo da velocidade da onda (v):

$$v = 1,5 + 2h \text{ (m/s)}$$

c) Cálculo da folga (f):

$$f = 0,75h + \frac{v^2}{2g}$$

ou, substituindo os valores de h e v:

$$f = 1,02 + 0,0232F - 0,0362F^{\frac{3}{4}} + 0,482F^{\frac{1}{2}} - 0,354F^{\frac{1}{4}} \quad F < 18 \text{ Km}$$

$$f = 0,1147 + 0,3640F^{\frac{1}{2}} + 0,0236F$$

F > 18 Km

A cota de coroamento (c) é dada por:

$$c = H + f + s$$

em que, H é a lâmina máxima de sangria; f é a folga da barragem; e, s é a cota da soleira do vertedouro.

Para o caso da barragem Beré, temos:

- Distância máxima (F): 380 m;
- Folga (f): 1,03 m.
- Lâmina máxima de sangria (H): 3,85 m;
- Cota da Soleira (s): 532,50 m;
- Cota de Coroamento (c) – adotada: 538,50 m.

## 3 – ESTUDO DE ASSOREAMENTO

---

---

### 3 - ESTUDO DE ASSOREAMENTO

O assoreamento de um reservatório ao longo da sua vida útil é inevitável, porquanto a erosão e o transporte de sedimentos na bacia hidrográfica são processos naturais que, com a formação do lago, sofrem interferência no seu equilíbrio. O menor ou maior grau de assoreamento a que estará sujeito o reservatório depende de vários fatores, onde pode-se destacar aqueles inerentes à hidrologia da bacia hidrográfica, capacidade de armazenamento do reservatório frente ao volume afluente, conformação geométrica da bacia hidráulica e a composição dos sedimentos.

A composição média dos sedimentos adotada, baseada nos tipos predominantes de solos, foi 8% de Argila, 4% de Silte e 85% de Areia. A partir destas características e outros dados da bacia (área da bacia, volume afluente médio anual, precipitação média anual da bacia e precipitação do mês mais chuvoso), foram utilizados formulas empíricas para cálculo dos seguintes parâmetros para utilização da metodologia de Veiga (1993) para previsão do assoreamento do reservatório.

**Tabela 3.1 – Deflúvio e solo para análise de assoreamento**

<b>Deflúvio anual médio (hm<sup>3</sup>)</b>		84,9	
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>		1409,9	
<b>Composição média dos sedimentos (%)</b>			
<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>	<b>Outros</b>
8	4	85	3

**Tabela 3.2 – Precipitação e descarga sólida de assoreamento**

<b>Precipitação do mês mais chuvoso (mm):</b>	156
<b>Precipitação média anual (mm):</b>	973,4
<b>Peso específico aparente inicial - gamai (t/m<sup>3</sup>):</b>	1,411
<b>Coefficiente de consolidação médio - K :</b>	0,0119
<b>Descarga sólida média (t/ano):</b>	104116
<b>Descarga sólida média específica (t/km<sup>2</sup>/ano):</b>	73,8
<b>Razão de transporte ("delivery ratio") - T</b>	0,092

A estimativa do volume assoreado, e conseqüentemente, do volume efetivo ou útil do reservatório ao longo do tempo é feita através da simulação simplificada da operação do reservatório em intervalos  $\Delta t$  igualmente espaçados durante um tempo suficientemente longo. O Beré foi simulado durante 100 anos com  $\Delta t$  igual a 10 anos.

A **Tabela 3.3** apresenta os valores obtidos de acordo com a metodologia de Veiga (1993). A tabela mostra o acompanhamento, a cada intervalo de simulação, das variáveis utilizadas bem como sedimento acumulado e do volume efetivo. Obte-se ao final do período de 100 anos uma redução total do volume útil, o qual era inicialmente de 2,56 hm<sup>3</sup>. Esse fato deve-se principalmente ao grande volume afluente comparado com o volume de acumulação do barramento. Deve-se ressaltar, entretanto, que a aplicabilidade desta metodologia ao semiárido não foi verificada face à inexistência de registros de dados sedimentológicos.

**Tabela 3.3 – Simulação do assoreamento do reservatório ao longo do tempo**

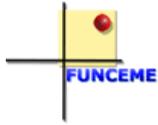
Período Parcial (anos)		Ve inicial (hm <sup>3</sup> )	Ve/D	Er	g <sub>r</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Sedimento Período (10 <sup>3</sup> t)	Sedimento Acumulado (hm <sup>3</sup> )	Volume Efetivo ou útil (hm <sup>3</sup> )
0	10	2,56	0,03	0,71	1,42	734,26	0,52	2,04
10	20	2,04	0,02	0,66	1,42	685,53	1,00	1,56
20	30	1,56	0,02	0,60	1,42	622,42	1,44	1,12
30	40	1,12	0,01	0,52	1,43	540,46	1,81	0,75
40	50	0,75	0,01	0,42	1,43	436,18	2,12	0,44
50	60	0,44	0,01	0,30	1,43	312,26	2,34	0,22
60	70	0,22	0,00	0,18	1,43	185,96	2,47	0,09
70	80	0,09	0,00	0,08	1,43	87,48	2,53	0,03
80	90	0,03	0,00	0,03	1,43	33,52	2,55	0,01
90	100	0,01	0,00	0,01	1,43	12,06	2,56	0,00

Veiga Lopes, Ayde, Aplicação de Métodos de Previsão de Assoreamento de Reservatórios. Dissertação de Mestrado, Campinas, SP (1993).

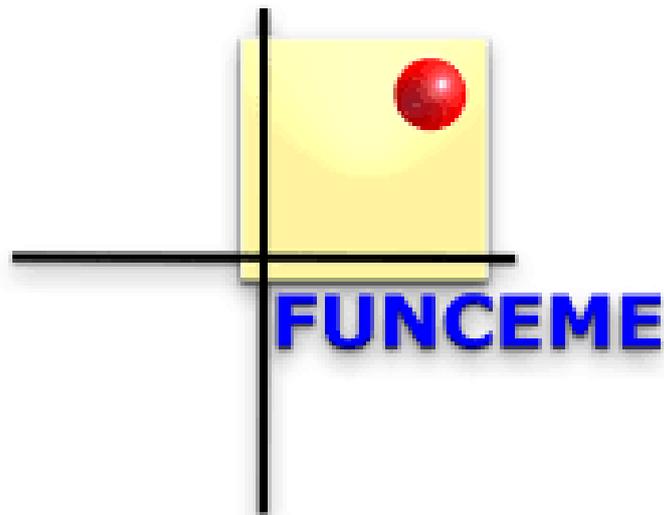
## **ANEXO – ESTUDOS HIDROLÓGICOS ELABORADOS PELA FUNCEME**

---

---



FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA  
E RECURSOS HÍDRICOS  
*Governo do Estado do Ceará*



**FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE  
METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANEXO – ESTUDOS HIDROLÓGICOS DA BARRAGEM BERÉ**

# **ESTUDOS HIDROLÓGICOS DA BARRAGEM BERE**

## Sumário

1	Introdução.....	4
2	Caracterização da bacia hidrográfica .....	5
2.1	Localização e acesso .....	5
2.2	Características Físicas .....	7
2.3	Geologia.....	10
2.4	Tipos de Solo, usos da terra e cobertura vegetal.....	10
2.5	Climatologia .....	12
2.5.1	Evaporação.....	14
2.5.2	Balanco hídrico climatológico .....	14
3	Pluviometria .....	16
3.1	Estações analisadas.....	16
3.2	Regime pluviométrico .....	17
3.3	Chuvas intensas .....	19
4	Regime de Vazões.....	22
4.1	Considerações iniciais .....	22
4.2	Aplicação do modelo chuva-vazão MODHAC .....	22
4.3	Configuração do modelo: parâmetros e dados de entrada .....	24
4.4	Volumes Mensais Afluentes.....	27
5	Dimensionamento do Reservatório .....	30
5.1	Considerações iniciais .....	30
5.2	Metodologia.....	30
5.3	Resultados.....	32
6	Dimensionamento do Vertedouro .....	37
6.1	Considerações iniciais .....	37
6.2	Metodologia.....	37
6.2.1	Chuva de projeto .....	37
6.2.2	Precipitação efetiva e hidrograma de projeto .....	37
6.2.3	Propagação da cheia no reservatório.....	39
6.3	Resultados.....	40
7	Referências .....	44
8	Apêndices .....	46

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Açude Berê.....	8
Tabela 2-Climatologia da bacia do açude Berê: variáveis principais.....	13
Tabela 3 – Climatologia da evaporação máxima sobre a bacia hidrográfica.....	14
Tabela 4 – Climatologia da evaporação sobre a superfície livre do açude Berê.....	14
Tabela 5 – Balanço hídrico climatológico segundo Thorntwaite & Matter.....	15
Tabela 6 - Estações Pluviométricas.....	17
Tabela 7 - Pluviometria sobre a bacia hidrográfica do Açude Bere (mm).....	17
Tabela 8 - Resultados da análise de frequência da série de chuvas máximas diárias anuais.....	20
Tabela 9 - Chuvas intensas (mm) - valores para determinação das curvas altura-duração-frequência.....	20
Tabela 10 - Chuvas intensa para cálculo do hietograma de projeto.....	21
Tabela 11 - Valores adotados para aplicação do MODHAC na bacia hidrográfica do açude Bere.....	25
Tabela 12 - Valores médios diários de evapotranspiração potencial utilizados no modelo chuva-vazão...	25
Tabela 13 – Precipitações mensais (mm) -.....	27
Tabela 14 - Estatísticas dos deflúvios (mm/mês) calculados com o modelo chuva-vazão MODHAC.....	27
Tabela 15 – Vazões médias mensais (m <sup>3</sup> /s) no riacho Jardim, à montante da barragem Berê.....	28
Tabela 16- Estatísticas dos volumes afluentes (hm <sup>3</sup> /mês).....	28
Tabela 17 – Resultados da operação simulada do reservatório para estudo o estudo incremental de regularização.....	32
Tabela 18 – Dimensionamento do sangradouro: alternativas.....	41

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Açude Bere .....	6
Figura 2 - Bacia hidrográfica do Açude Bere .....	7
Figura 3 - Classes de relevo da bacia hidrográfica do açude Berê .....	8
Figura 4 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do açude Berê.....	9
Figura 5 – Declividade média da bacia hidrográfica (em graus).....	9
Figura 6- Domínios litológicos da bacia hidrográfica da barragem Bere.....	10
Figura 7 – Solos da bacia hidrográfica do açude Berê .....	11
Figura 8 – Vegetação e usos da terra .....	12
Figura 9 - Variação sazonal da temperatura .....	13
Figura 10 – Balanço hídrico climatológico.....	15
Figura 11 – Estações pluviométricas .....	16
Figura 12 – Disponibilidade de dados e totais anuais (1913-2019) .....	18
Figura 13 – Série pluviométrica diária sobre a bacia hidrográfica (1913-2019).....	18
Figura 14 - Análise de frequência de máximas diárias - séries anuais.....	19
Figura 15 - Funcionamento do MODHAC .....	23
Figura 16 – Comparação entre as séries de deflúvios observados e calculados para calibração do MODHAC .....	26
Figura 17 – Comparação entre os valores calculados e observados na calibração do MODHAC .....	27
Figura 18 – Série de vazões calculadas para dimensionamento da barragem Berê .....	29
Figura 19 - Variação da vazão regularizada com a capacidade máxima.....	35
Figura 20 - Subbacias consideradas no estudo de cheias.....	40
Figura 21 – Hietograma de projeto (Tempo de retorno: 1000 anos) .....	42
Figura 22 – Hidrogramas afluentes e defluentes (Tempo de retorno: 1000 anos) .....	42
Figura 23 – Hietograma de verificação (Tempo de retorno: 10000 anos).....	43
Figura 24 - Hidrogramas afluentes e defluentes (Tempo de retorno: 10000 anos).....	43

# 1 Introdução

Este Relatório contém os estudos referentes à hidrologia da Barragem Beré, para atender não somente às exigências da ANA quanto à formação de elementos técnicos necessários à emissão do CERTOH por aquele Órgão, mas também para dirimir dúvidas quanto a resultados conflitantes com informações anteriormente disponíveis no desenvolvimento dos Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Beré.

Então, estes Estudos Hidrológicos contém, sobretudo, os elementos necessários à tomada de decisão sobre o porte da barragem e suas obras complementares, no processo de elaboração do Projeto, abordando os seguintes tópicos:

- Localização e acesso;
- Caracterização Física e Climática da Bacia Hidrográfica;
- Regime Pluviométrico;
- Estudo do Regime de Vazões;
- Dimensionamento do Reservatório; e
- Dimensionamento do Vertedouro.

O Açude Beré deverá contribuir no desenvolvimento de pesca, irrigação difusa e abastecimento humano da zona urbana do município e do povoado de Bom Sucesso, no sertão cearense. Com o projeto, estima-se que aproximadamente 15 mil pessoas de Jardim e de Bom Sucesso serão beneficiadas.

## 2 Caracterização da bacia hidrográfica

### 2.1 Localização e acesso

A barragem Beré situa-se no município de Jardim, na micro região Cariri. O município de Jardim localiza-se na região Sul do Estado do Ceará com latitude 07°34'57" S e longitude 39°17'53" W, ocupa uma área de 500,9 Km<sup>2</sup>, com altitude média da sede em torno de 652 m acima do nível do mar. Limita-se ao Norte com os municípios de Porteiras, Missão Velha e Barbalha, ao Sul com Penaforte e o Estado de Pernambuco, ao Leste com Penaforte, Jati e Porteiras e a Oeste com Barbalha e Pernambuco.

O acesso à cidade de Jardim pode ser feito, a partir de Fortaleza, da seguinte forma:

Partindo-se de Fortaleza, segue-se pela BR-116 no sentido Norte-Sul até a cidade de Milagres (563 Km). Daí, segue-se na direção Oeste, pela CE-293, percorrendo uma distância de 47 Km até a cidade de Barbalha. Desta, segue-se na direção sul pela CE-060 por uma distância de 37 Km chega-se à cidade de Jardim. O percurso total estimado é de aproximadamente 647 Km.

Para deslocar-se até o eixo barrável do açude Beré, o acesso pode ser feito, a partir da cidade de Jardim, da seguinte forma:

Segue-se pela CE-390 no sentido Penaforte por uma distância de 18 Km. Daí segue-se a pé, por uma distância de 0,50 Km, chegando ao barramento estudado pela hierarquização. Deste, segue-se pelo leito do rio percorrendo-se 1,00 Km até chegar a uma 2ª alternativa de eixo barrável.

As figuras apresentadas a seguir, mostram o mapa de localização e acessos no contexto estadual e o mapa do município de Jardim.

#### **Localização do exutório da Bacia do Riacho Jardim:**

Latitude: 07° 39' 14" S (9.153.939,0 m N)

Longitude: 39° 10' 41" WGr (480354,0 m E)

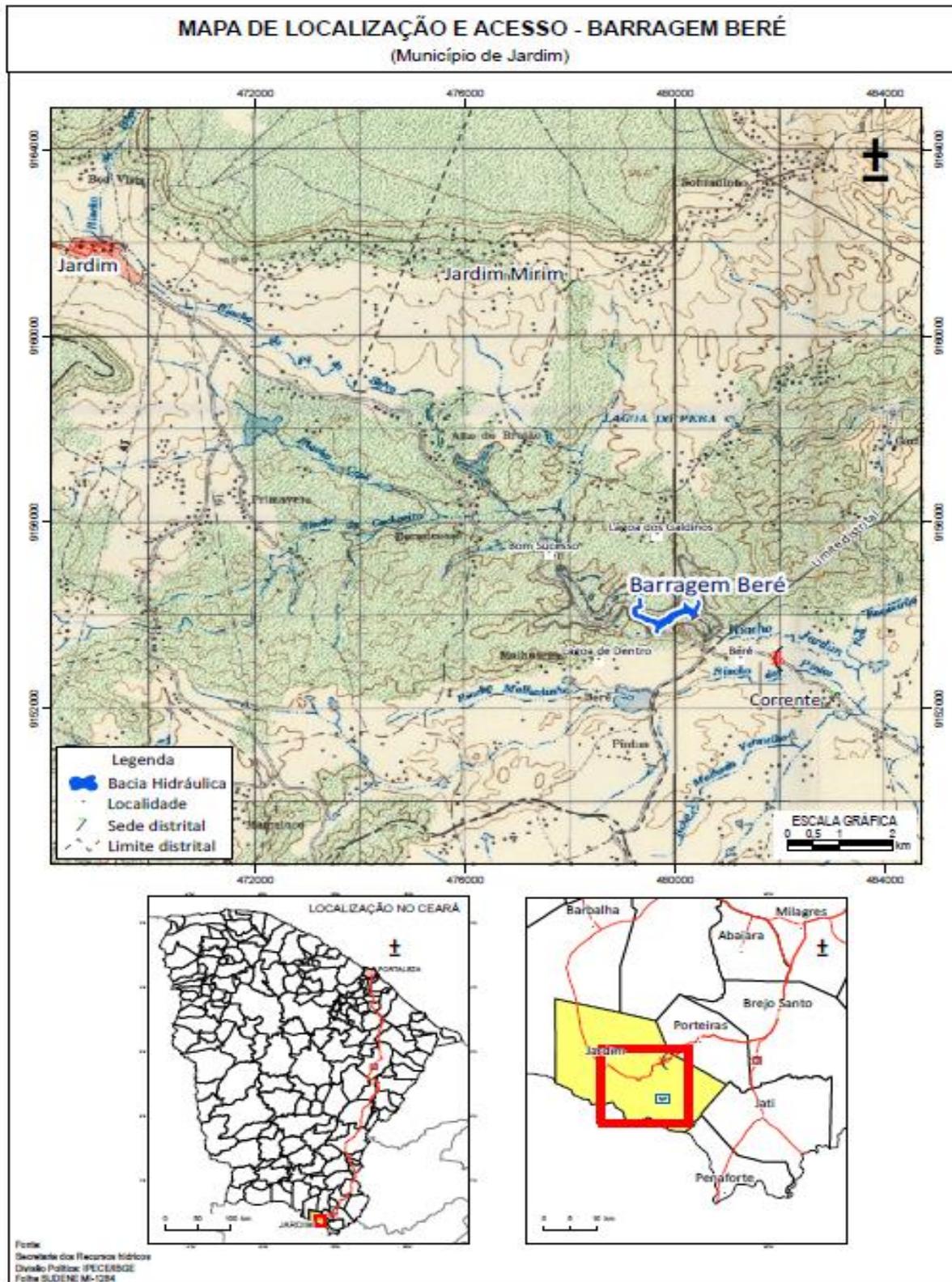
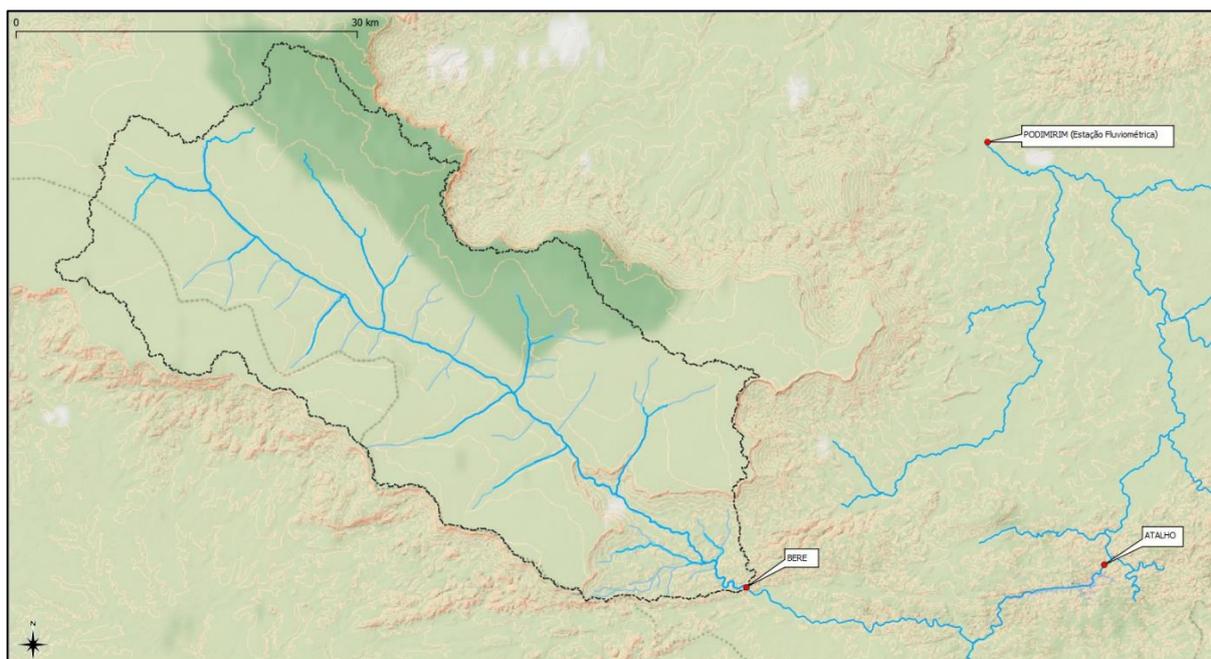


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Açude Bere



*Figura 2 - Bacia hidrográfica do Açude Bere*

## 2.2 Características Físicas

A disposição espacial da rede de drenagem da bacia contribuinte do açude Bere, georreferenciada ao datum SIRGAS 2000, é mostrada no mapa da Figura 1.

A bacia hidrográfica do Açude Beré, se encontra totalmente inserida no município de Jardim, CE. A sua bacia de contribuição consiste numa área de 1.435,5 km<sup>2</sup>.

As características físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados (VILLELA & MATTOS, 1975).

As principais características físicas de uma bacia hidrográfica são:

- área de drenagem (A);
- perímetro (P);
- comprimento do curso d'água principal (L);
- coeficiente de compactidade (Kc);
- fator de forma (Kf);
- declividade média da bacia (Dm) e curva hipsométrica.

As características morfológicas de uma bacia hidrográfica afetam diretamente seu comportamento hidrológico, portanto, o seu conhecimento torna-se necessário à adequada gestão dos recursos hídricos. A seguir apresenta-se a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Açude Beré.

Tabela 1- Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Açude Berê

<b>Área da Bacia de Contribuição da Barragem (km<sup>2</sup>)</b>	1433,5
<b>Perímetro da Bacia (km)</b>	324.6
<b>Comprimento do Curso d'Água Principal (km)</b>	78.3
<b>Coeficiente de Compacidade:</b> $K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	2,392
<b>Fator de Forma:</b> $K_f = \frac{A}{L^2}$	0,235
<b>Declividade do rio principal (m/m):</b>	0,005268 m/m Trecho sobre a chapada do Araripe: 0,00176 Trecho próximo ao exutório: 0,01197
<b>Altitude mínima:</b>	523.0 m
<b>Altitude média:</b>	892.5 m
<b>Altitude média:</b>	911.3 m
<b>Altitude máxima:</b>	993.0 m

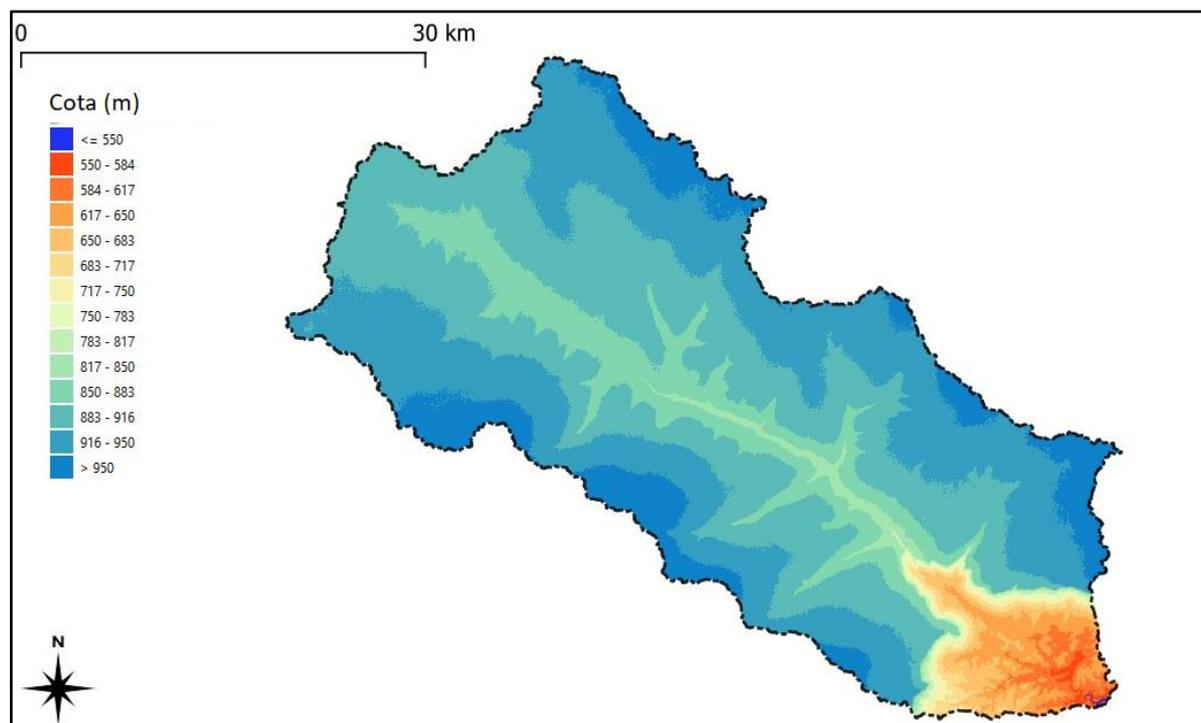


Figura 3 - Classes de relevo da bacia hidrográfica do açude Berê

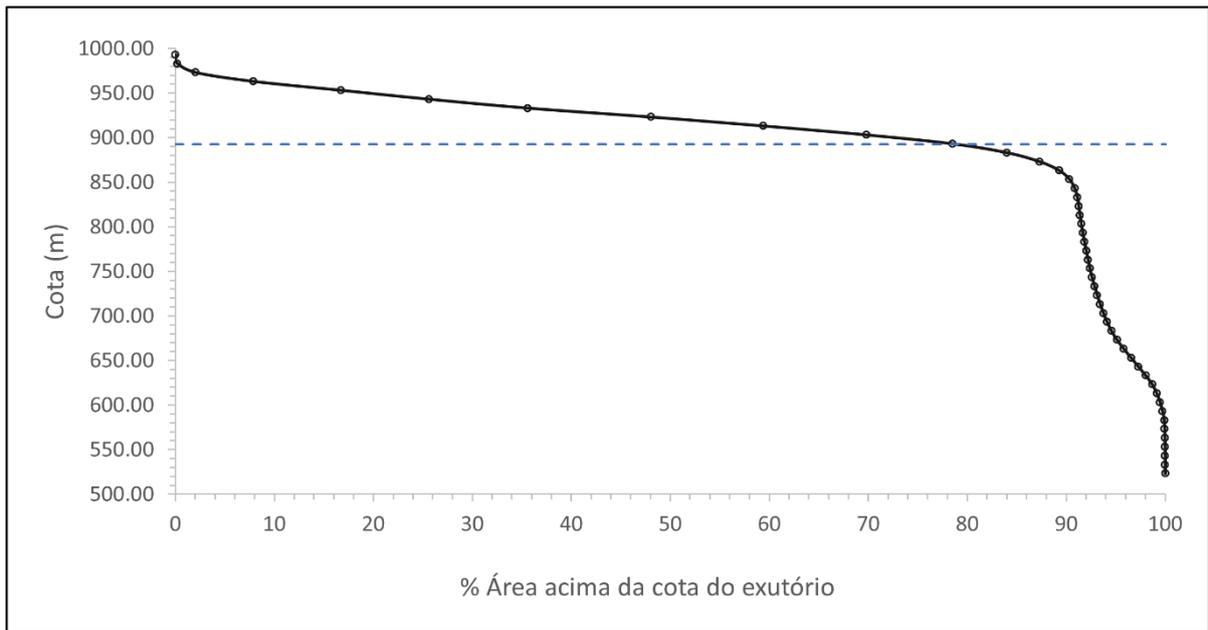


Figura 4 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do açude Berê

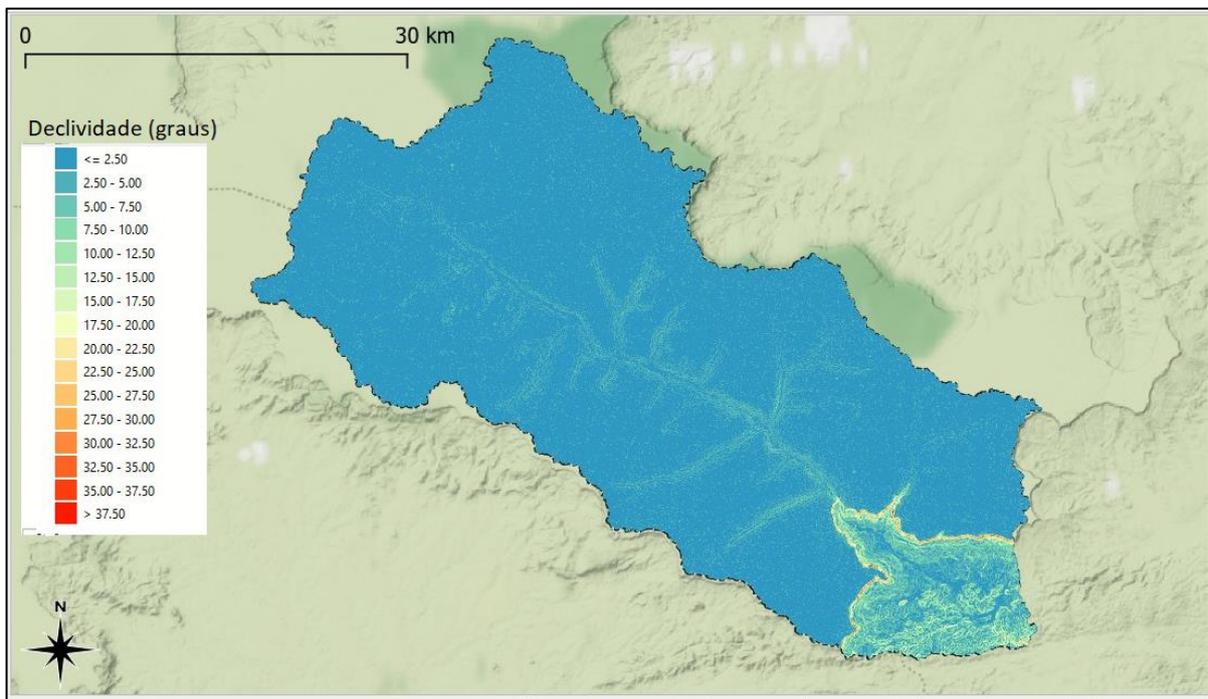
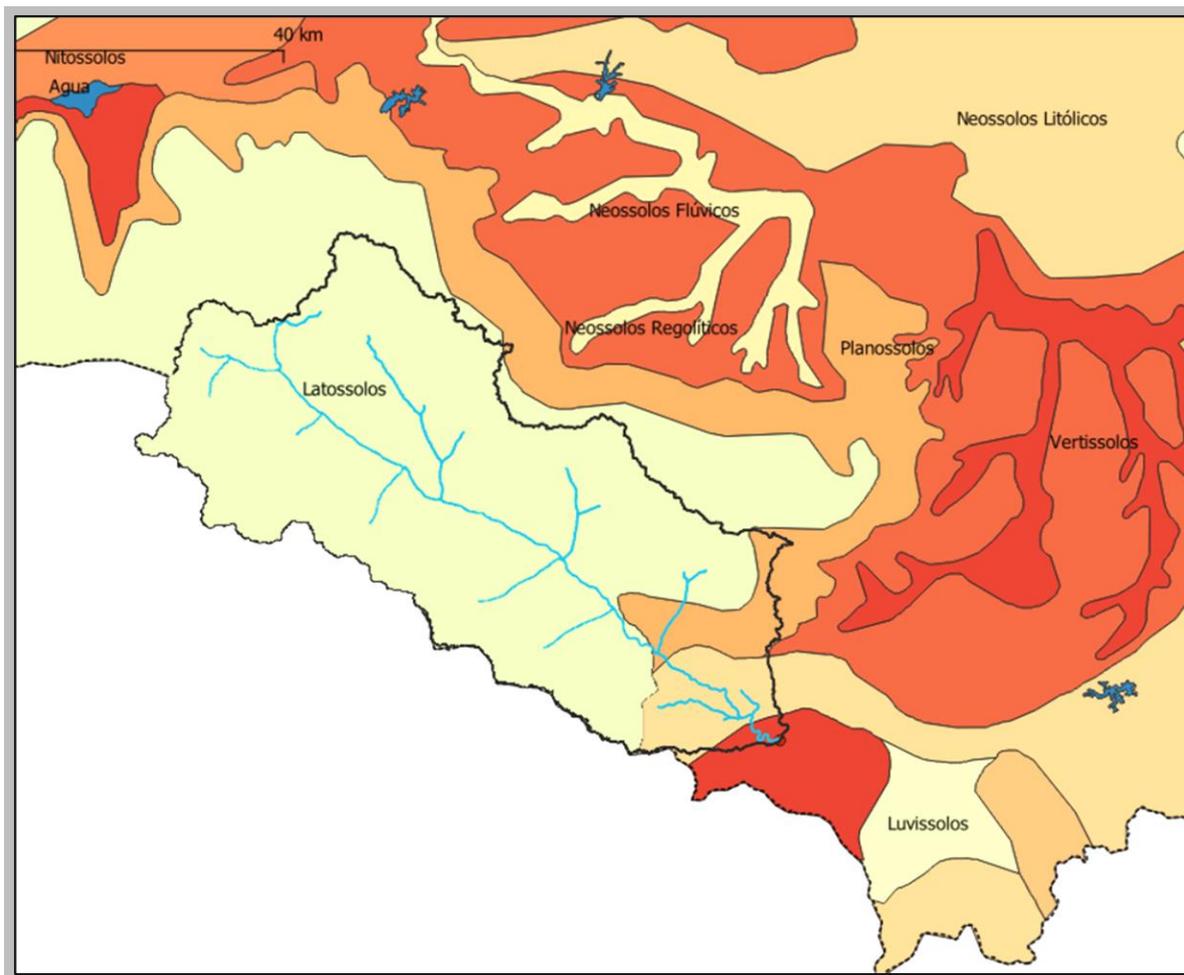


Figura 5 – Declividade média da bacia hidrográfica (em graus)

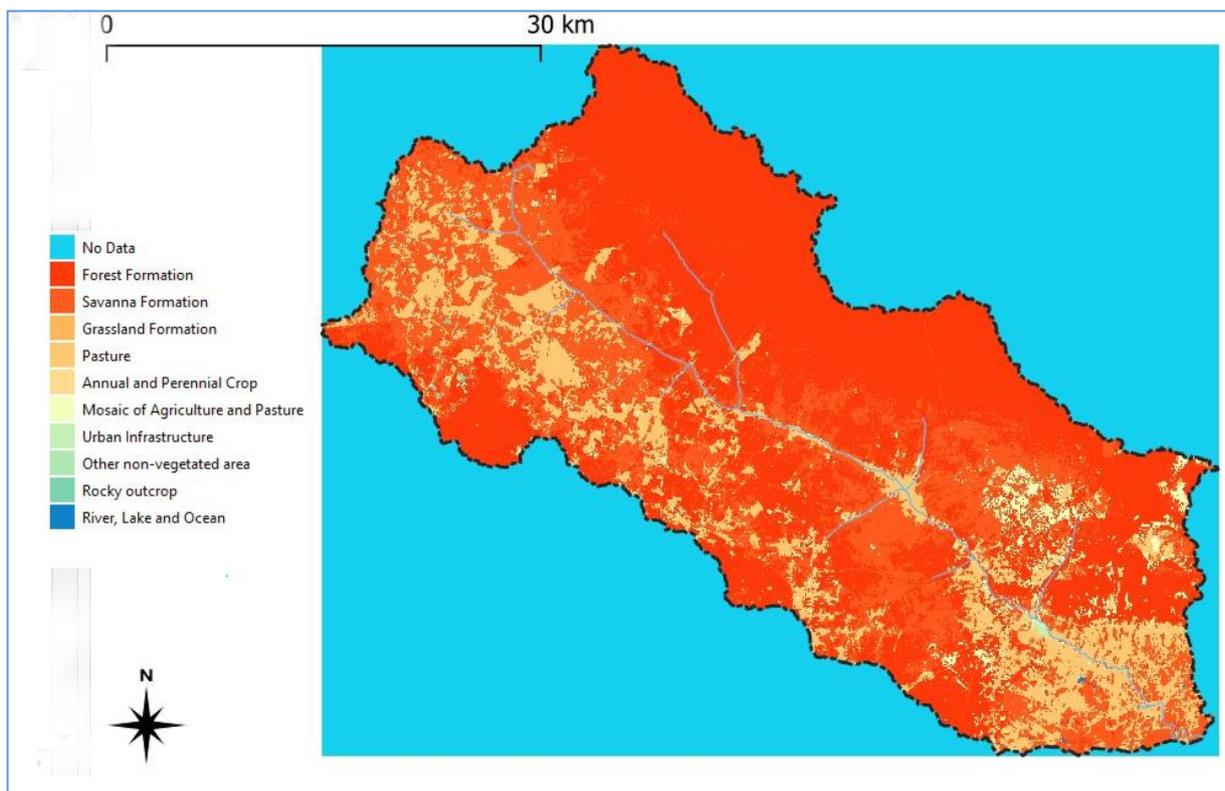


A distribuição espacial dos tipos de solos na bacia hidrográfica do Açude Beré está ilustrada abaixo, a seguir, na Figura 7.



*Figura 7 – Solos da bacia hidrográfica do açude Beré*

A Figura 8, a seguir, apresenta as classes de uso da terra e de cobertura vegetal na bacia hidrográfica em estudo.



*Figura 8 – Vegetação e usos da terra*

## 2.5 Climatologia

Com base na Estação Climatológica de Barbalha, a bacia do Riacho Jardim está caracterizada pelos seguintes dados climáticos: alta incidência de radiação solar, variação de temperatura com amplitude entre 35,1° e 19,7°C e com umidade relativa do ar com média mensal na estação seca de 55,95% e 75,27% na estação chuvosa. A temperatura média máxima de 34,9°C é registrada em novembro, enquanto que a média mínima de 19,7°C é registrada em julho. A precipitação com uma média anual somando 1059 mm, apresenta um coeficiente de variação de aproximadamente de 0,97. Por outro lado, cerca de 76,72% deste total anual precipitado concentra-se na quadra de janeiro a abril, com eventos produzidos, em sua maioria, por sistemas influenciados pela ZCIT, que são tipicamente torrenciais. A Figura 9, a seguir, apresenta a variação sazonal da temperatura na bacia hidrográfica em estudo.

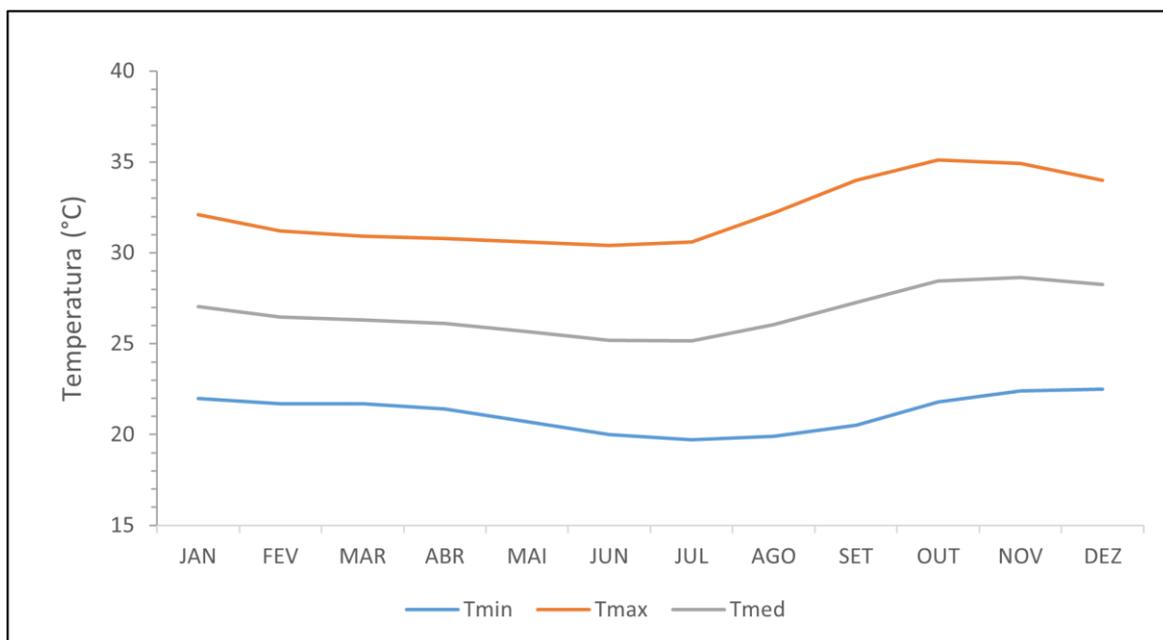


Figura 9 - Variação sazonal da temperatura

Tabela 2-Climatologia da bacia do açude Berê: variáveis principais

Mês	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)	Veloc. do Vento (m/s)	Precipitação (mm)	Insolação (h/mês)
	Máximas	Mínimas	Média				
Jan	32.1	22.0	27.1	71.3	1.60	190.9	212.0
Fev	31.2	21.7	26.5	77.9	1.60	202.1	193.5
Mar	30.9	21.7	26.3	80.7	1.50	231.7	205.8
Abr	30.8	21.4	26.1	79.5	1.60	188.5	223.1
Mai	30.6	20.7	25.7	74.9	1.90	64.6	231.6
Jun	30.4	20.0	25.2	67.3	2.30	12.1	240.7
Jul	30.6	19.7	25.2	62.3	2.70	20.6	254.8
Ago	32.2	19.9	26.1	56.5	2.80	2.9	282.7
Set	34.0	20.5	27.3	49.7	2.70	2.9	285.1
Out	35.1	21.8	28.5	51.6	2.30	15.1	285.6
Nov	34.9	22.4	28.7	55.6	2.10	29.5	267.9
Dez	34.0	22.5	28.3	60.0	2.00	99.0	244.6
	34.0	21.2	26.7	65.6		1059.9	2927.4

### 2.5.1 Evaporação

A evaporação esperada numa superfície inundada (EVP, evaporação livre) e a evaporação potencial média na superfície da bacia hidrográfica (ETP ou ET0) foram calculadas a partir dos dados climatológicos da estação Barbalha do INMET (normais 1981-2010). Foram utilizados os modelos conceituais de Penman (1948)<sup>1</sup> e Penman-Monteith (1965)<sup>2</sup>, com simplificações e padronizações e recomendadas pela FAO.

Tabela 3 – Climatologia da evaporação máxima sobre a bacia hidrográfica

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ET0 (mm)*	151.5	131.5	135.4	128.8	128.8	132.7	152.9	181.6	201.2	205.6	189.9	179.5	1919.5

(\*) Penman-Monteith (1965)

Tabela 4 – Climatologia da evaporação sobre a superfície livre do açude Berê

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
E(mm)**	153.17	134.49	138.31	132.61	133.94	139.85	163.20	193.17	210.61	210.63	193.16	182.17	1985.3

(\*\*) Penman (1948)

### 2.5.2 Balanço hídrico climatológico

O princípio da conservação da massa aplicado à água em uma determinada área, nos fornece a diferença entre a entrada (precipitação) e a saída (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração). Este princípio, que é a base do balanço hídrico concebido por Thornthwaite & Mather em 1955, tem sido amplamente utilizado quando não se dispõe de dados suficientes para um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, segundo o princípio de Thornthwaite & Mather, com o cuidado de utilizar a média pluviométrica sobre a bacia, obtém-se a Tabela 5, apresentada a seguir.

---

<sup>1</sup> PENMAN, H.L. *Natural evaporation for open water, bare soil and grass*. Proc. Soc. London Ser. A193:120-145, 1948.

<sup>2</sup> MONTEITH, J.L. *Evaporation and environment*. Symp. Soc. Exp. Biol. 19: 205-234. 1965.

Tabela 5 – Balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite & Matter

Mês	P*	ETP	P-ETP	Neg	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	190.9	151.5	39.4	-1125.5	0.0	0.0	151.5	0.0	0.0
Fev	202.1	131.5	70.6	-34.9	70.6	70.6	131.5	0.0	41.1
Mar	231.7	135.4	96.3	0.0	100.0	29.4	135.4	0.0	96.3
Abr	188.5	128.8	59.7	0.0	100.0	0.0	128.8	0.0	59.7
Mai	64.6	128.8	-64.2	-64.2	52.6	-47.4	112.0	16.8	0.0
Jun	12.1	132.7	-120.6	-184.8	15.8	-36.9	49.0	83.8	0.0
Jul	20.6	152.9	-132.3	-317.1	4.2	-11.6	32.2	120.8	0.0
Ago	2.9	181.6	-178.7	-495.8	0.7	-3.5	6.4	175.2	0.0
Set	2.9	201.2	-198.3	-694.1	0.1	-0.6	3.5	197.7	0.0
Out	15.1	205.6	-190.5	-884.7	0.0	-0.1	15.2	190.4	0.0
Nov	29.5	189.9	-160.4	-1045.0	0.0	0.0	29.5	160.4	0.0
Dez	99.0	179.5	-80.5	-1125.5	0.0	0.0	99.0	80.5	0.0
<b>ANO</b>	<b>1059.9</b>	<b>1919.5</b>	<b>-859.6</b>		<b>343.9</b>	<b>0.00</b>	<b>893.9</b>	<b>1025.5</b>	<b>197.1</b>

(\*) Precipitação média das Normais Climatológicas

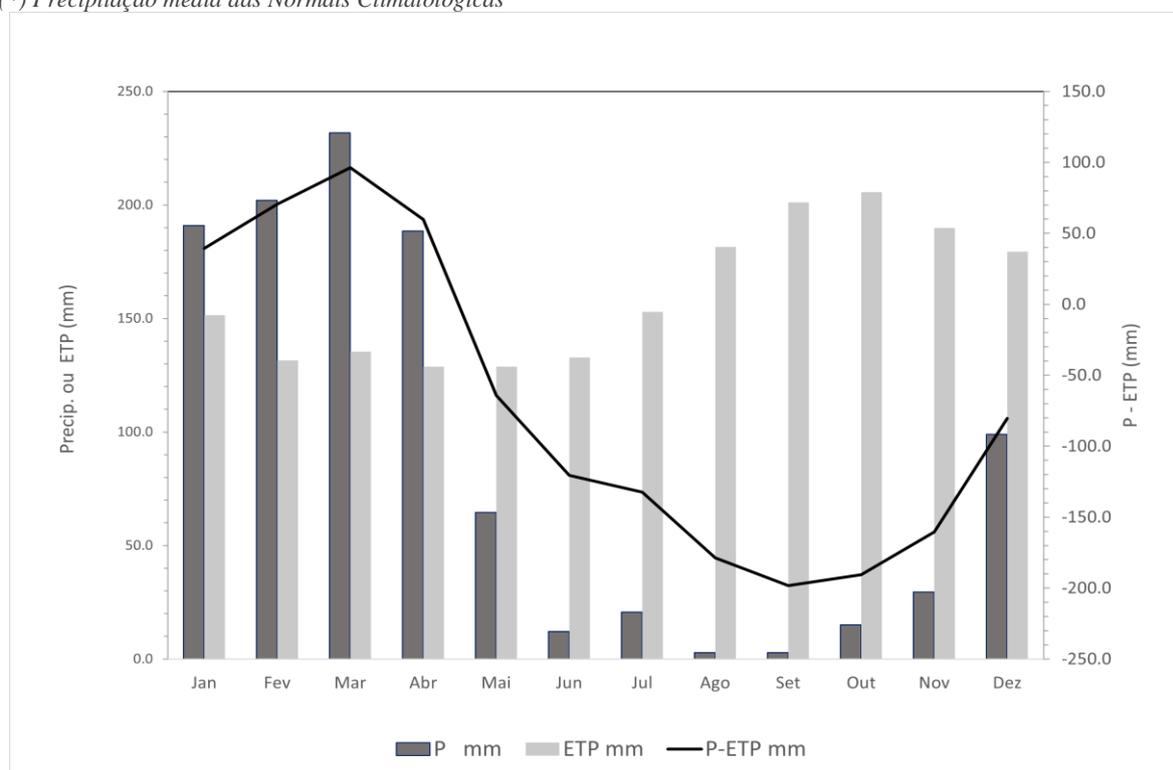


Figura 10 – Balanço hídrico climatológico



Tabela 6 - Estações Pluviométricas

Codigo	Nome	Lat (graus)	Long (graus)	Alt (m)	Município	Início	Fim
739016	BARBALHA	-7.3333	-39.3000	405	BARBALHA	1-Dec-1910	1-Feb-2020
738006	BREJO SANTO	-7.4911	-38.9833	490	BREJO SANTO	1-Dec-1910	1-Feb-2020
739003	JAMACARU	-7.4000	-39.1333	680	MISSÃO VELHA	1-Jan-1961	1-Feb-2020
739005	SANTANA DO CARIRI	-7.1833	-39.7333	480	SANTANA DO CARIRI	1-Jan-1912	1-Feb-2020
739038	JARDIM	-7.5833	-39.2833	630	JARDIM	1-Dec-1910	1-Feb-2020
739007	MISSÃO VELHA	-7.2500	-39.1333	352	MISSÃO VELHA	1-Jan-1912	1-Feb-2020
739010	PORTEIRAS	-7.5333	-39.1167	520	PORTEIRAS	1-Dec-1910	1-Feb-2020
739011	CARIRIAÇU	-7.0333	-39.2833	710	CARIRIAÇU	1-Nov-1933	1-Feb-2020
739016	BARBALHA	-7.3333	-39.3000	405	BARBALHA	1-Dec-1910	1-Feb-2020

### 3.2 Regime pluviométrico

Das estações analisadas, foram selecionados criteriosamente as que representavam o comportamento das precipitações sobre a bacia hidrográfica estudada. Após o cálculo da média pluviométrica sobre toda a bacia, produziu-se uma série contínua de pluviometria diária desde 1913 até 2019. O peso relativo de cada estação foi definido pela proximidade da bacia hidrográfica, de modo estimar a contribuição de cada posto na proporção inversa da distância ao centroide da projeção da área. A Tabela 7 mostra as estatísticas obtidas para a bacia hidrográfica como um todo, sendo que a série pluviométrica completa encontra-se no apêndice deste relatório.

Tabela 7 - Pluviometria sobre a bacia hidrográfica do Açude Bere (mm)

	PERÍODO: 1920-2019												ΣAno
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
MÉDIA	128.5	176.2	226.0	158.0	60.6	25.2	14.8	5.6	6.3	19.7	34.8	67.3	923.0
DPAD	77.4	95.0	95.7	97.1	46.7	23.7	15.0	8.6	11.2	24.9	39.3	51.8	279.9
CV	0.60	0.54	0.42	0.61	0.77	0.94	1.01	1.53	1.78	1.27	1.13	0.77	0.30

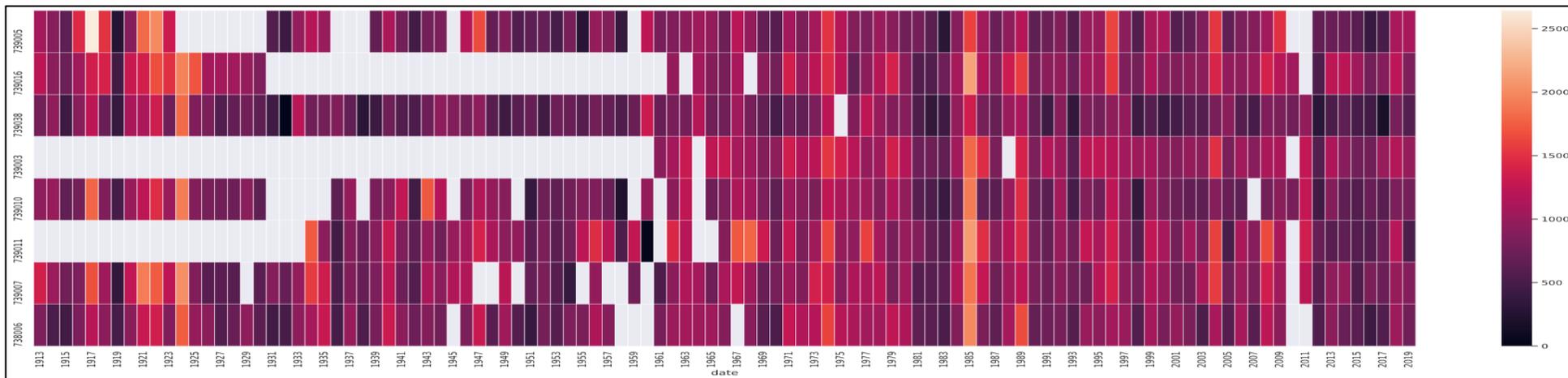


Figura 12 – Disponibilidade de dados e totais anuais (1913-2019)

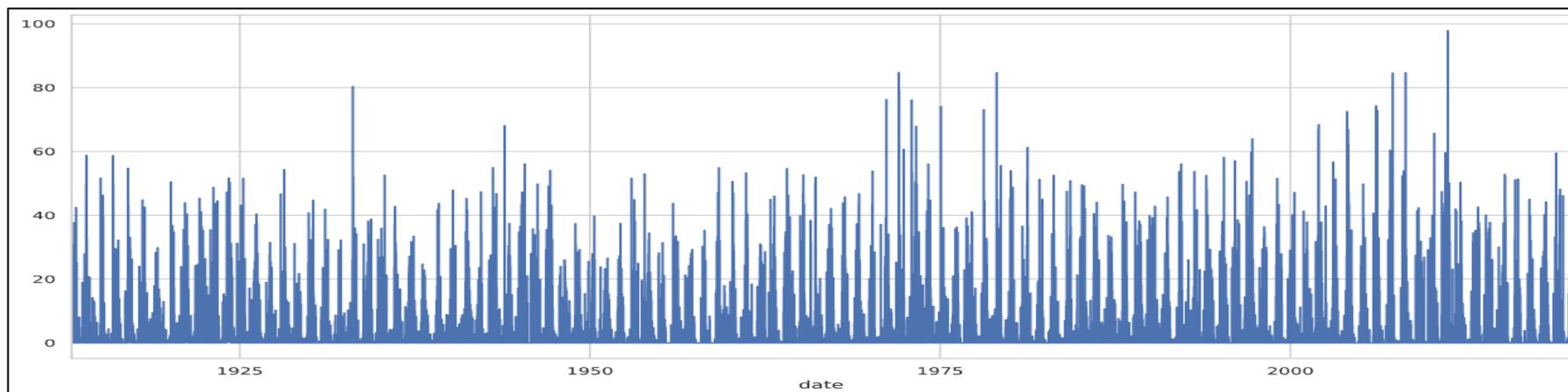


Figura 13 – Série pluviométrica diária sobre a bacia hidrográfica (1913-2019)

### 3.3 Chuvas intensas

A distribuição LogPearsonIII ajustou-se muito bem aos dados de chuva máxima diária dos postos selecionados (Figura 12). O ajuste foi realizado utilizando o software HEC-SSP, versão 2.2, sendo os principais resultados mostrados na Tabela 11. A saída detalhada da série contendo os dados de entrada, as estimativas das posições de plotagem e os respectivos ajustes analíticos estão no apêndice. A aplicação dessa distribuição aos dados da estação Jardim resultou nas chuvas máximas diárias, considerando os períodos de retorno em uma ampla faixa de probabilidades de não excedência.

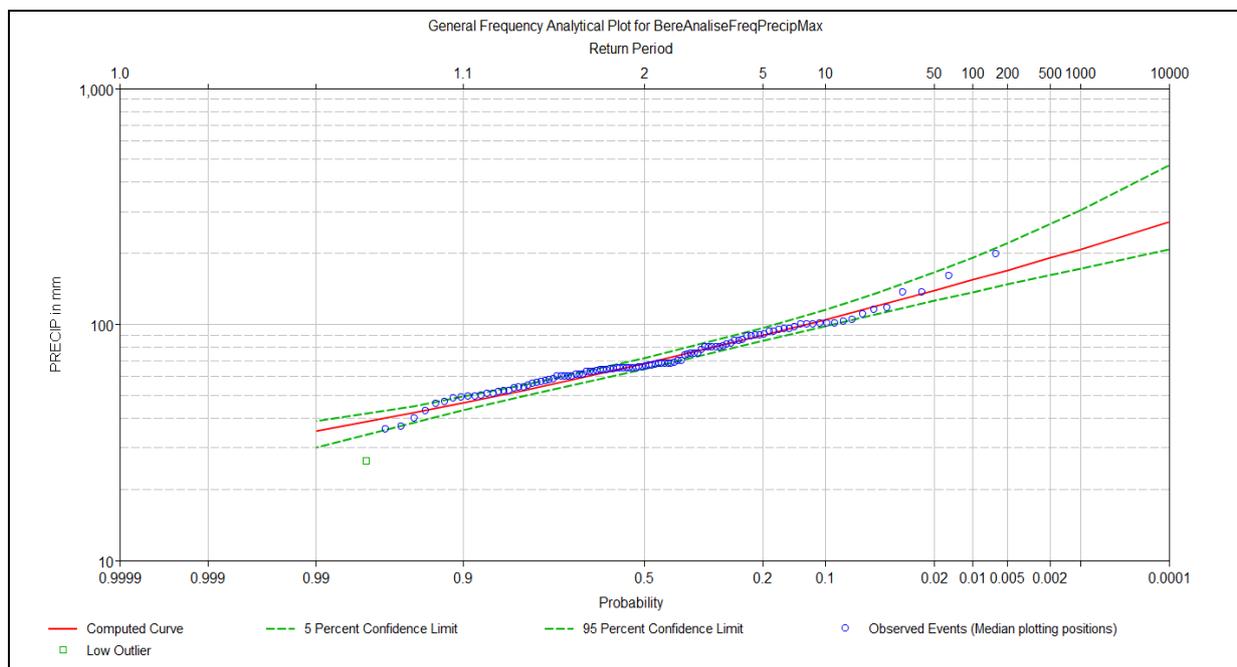


Figura 14 - Análise de frequência de máximas diárias - séries anuais

Tabela 8 - Resultados da análise de frequência da série de chuvas máximas diárias anuais

Percentual de excedência (%)	Tempo de Retorno (Anos)	Pluviometria Máxima (mm)	Intervalos de Confiança	
			5%	95%
99.0	1.01	36.46	40.36	32.16
95.0	1.05	44.82	48.74	40.51
90.0	1.11	50.23	54.16	45.95
80.0	1.25	57.88	61.87	53.64
50.0	2	76.76	81.58	72.21
20.0	5	103.38	111.49	96.73
10.0	10	121.52	133.03	112.60
5.0	20	139.34	154.81	127.76
2.0	50	163.11	184.61	147.52
1.0	100	181.54	208.23	162.58
0.5	200	200.53	232.94	177.88
0.2	500	226.65	267.52	198.64
0.1	1000	247.29	295.25	214.83
0.01	10000	322.14	398.55	272.36

Após a obtenção das chuvas máximas diárias no local da estação selecionada (Jardim), determinou-se a chuva máxima diária média na bacia hidrográfica através da multiplicação por um fator redutor dependente do valor da área da bacia hidrográfica.

A partir daí, a chuva intensa com duração de 24h decorre da multiplicação da chuva diária máxima pelo fator 1.1, de acordo com a metodologia de Taborga-Torrico. A desagregação do total majorado de 24h para chuva de 1h e seguiu a tabela deste autor para a isozona C, onde está localizada a bacia estudada.

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

Em que:

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 uma curva mono-logarítmica, onde na ordenada são colocadas as chuvas intensas e na abcissa as durações. Posicionando-se as chuvas intensas de 1h e de 24h, interpolando-se linearmente na escala monologarítmica citada., obtendo finalmente as chuvas intensas de outras durações.

Os resultados obtidos neste estudo constam da Tabela 9 e da Tabela 10.

Tabela 9 - Chuvas intensas (mm) - valores para determinação das curvas altura-duração-frequência

DURAÇÃO (h)	Tempo de Retorno			
	25	100	1000	10000
0.1	21.36	23.24	31.41	40.78
1	64.90	77.85	102.01	128.28
24	138.67	169.61	229.24	297.64
DIÁRIA	126.06	154.19	208.40	270.58

Tabela 10 - Chuvas intensa para cálculo do hietograma de projeto

Duração do evento		Tempo de retorno (anos)							
horas	minutos	Chuva Reduzida				Chuva Pontual			
		25	100	1000	10000	25	100	1000	10000
<b>0.08</b>	5	10.9	11.9	16.0	20.8	17.8	19.4	26.2	34.0
<b>0.17</b>	10	18.9	21.9	29.0	36.9	30.9	35.7	47.3	60.3
<b>0.25</b>	15	23.7	27.7	36.6	46.3	38.6	45.2	59.7	75.7
<b>0.50</b>	30	31.7	37.7	49.5	62.5	51.8	61.5	80.9	102.0
<b>1.00</b>	60	39.7	47.7	62.5	78.6	64.9	77.9	102.0	128.3
<b>2.00</b>	120	49.6	59.9	79.5	101.2	81.0	97.9	129.8	165.2
<b>3.00</b>	180	55.4	67.1	89.4	114.4	90.4	109.6	146.0	186.8
<b>4.00</b>	240	59.5	72.2	96.5	123.8	97.1	117.9	157.5	202.2
<b>6.00</b>	360	65.2	79.4	106.4	137.0	106.5	129.6	173.7	223.8
<b>12.00</b>	720	75.1	91.6	123.4	159.7	122.6	149.6	201.5	260.7
<b>24.00</b>	1440	84.9	103.9	140.4	182.3	138.7	169.6	229.2	297.6
<b>Diária:</b>		125.4	94.4	127.6	165.7	126.1	154.2	208.4	270.6

## 4 Regime de Vazões

### 4.1 Considerações iniciais

Com o objetivo de tornar possível a obtenção das vazões mensais para o período de 1920 a 2019, possibilitando, dessa forma, o estudo de regularização da capacidade de acumulação do açude Bere, resolveu-se fazer uso do modelo matemático chuva-deflúvio, desenvolvido por LANNA e SCHWARZBACH<sup>3</sup>, MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável.

O modelo MODHAC vem sendo utilizado com razoável sucesso no Nordeste brasileiro desde o final da década de 80, 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). Também foi o modelo adotado para gerar séries de vazões pseudo-históricas no projeto de integração do rio São Francisco (PISF), com o objetivo simular a afluência natural das bacias incrementais dos reservatórios que receberão as águas da transposição.

### 4.2 Aplicação do modelo chuva-vazão MODHAC

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 15 mostra o esquema de funcionamento do modelo MODHAC.

---

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

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

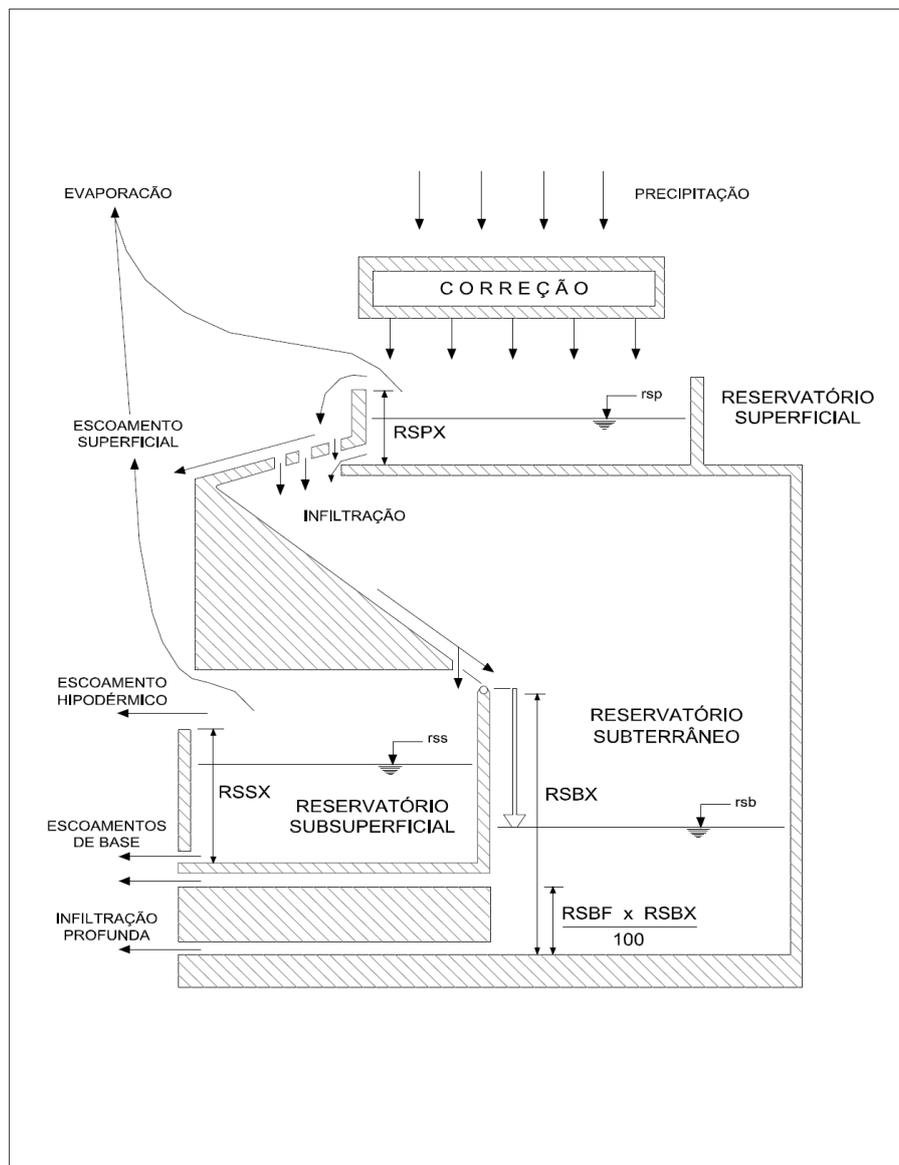


Figura 15 - Funcionamento do MODHAC

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 açudagem 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 percentagem 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.

#### 4.3 Configuração do modelo: parâmetros e dados de entrada

A calibração do modelo foi realizada tomando como referência o posto fluviométrico Podimirim, com dados observado de vazões desde 1973. Também foi realizado uma análise das variações de nível observadas no

reservatório Atalho, cujo eixo está no mesmo rio e localiza-se aproximadamente 36 km à jusante do eixo do projeto da barragem Bere. Com base nestes dados, os valores ótimos dos parâmetros, quando utilizados como dados de entrada para o MODHAC, devem representar adequadamente o regime hidrológico da bacia hidrográfica do açude Berê (Tabela 11). Na comparação com os valores observados, as vazões simuladas neste estudo, aferidos pelo índice de eficiência de Nash-Sutcliffe de 0.78 reforçam esta afirmação.

*Tabela 11 - Valores adotados para aplicação do MODHAC na bacia hidrográfica do açude Bere*

<b>PARÂMETROS DO MODELO</b>	<b>VALORES ADOTADOS</b>
RSPX	107.5
RSSX	340,0
RSBX	40,0
RSBF	20,0
IMAX	78,70
IMIN	2,0680
IDEC	0,2980
ASP	0,0115
ASS	0,0677
ASB	0,06770
PRED	999,0
CEVA	0,9898

Além dos parâmetros, os dados da série de pluviometria média diária é requisito para executar o modelo. A evaporação pode ser simulada com a série climatológica de evaporações ou com a série completa concomitante com a pluviometria. Neste estudo utilizou-se a série climatológica estimada na caracterização da bacia hidrográfica, por questão de uniformidade.

*Tabela 12 - Valores médios diários de evapotranspiração potencial utilizados no modelo chuva-vazão*

VARIÁVEL	Jan	Fev	Mar	abr	mai	jun	Jul	ago	Set	Out	nov	Dez
ETP (mm)	4.89	4.66	4.37	4.29	4.15	4.43	4.93	5.86	6.71	6.63	6.33	5.79

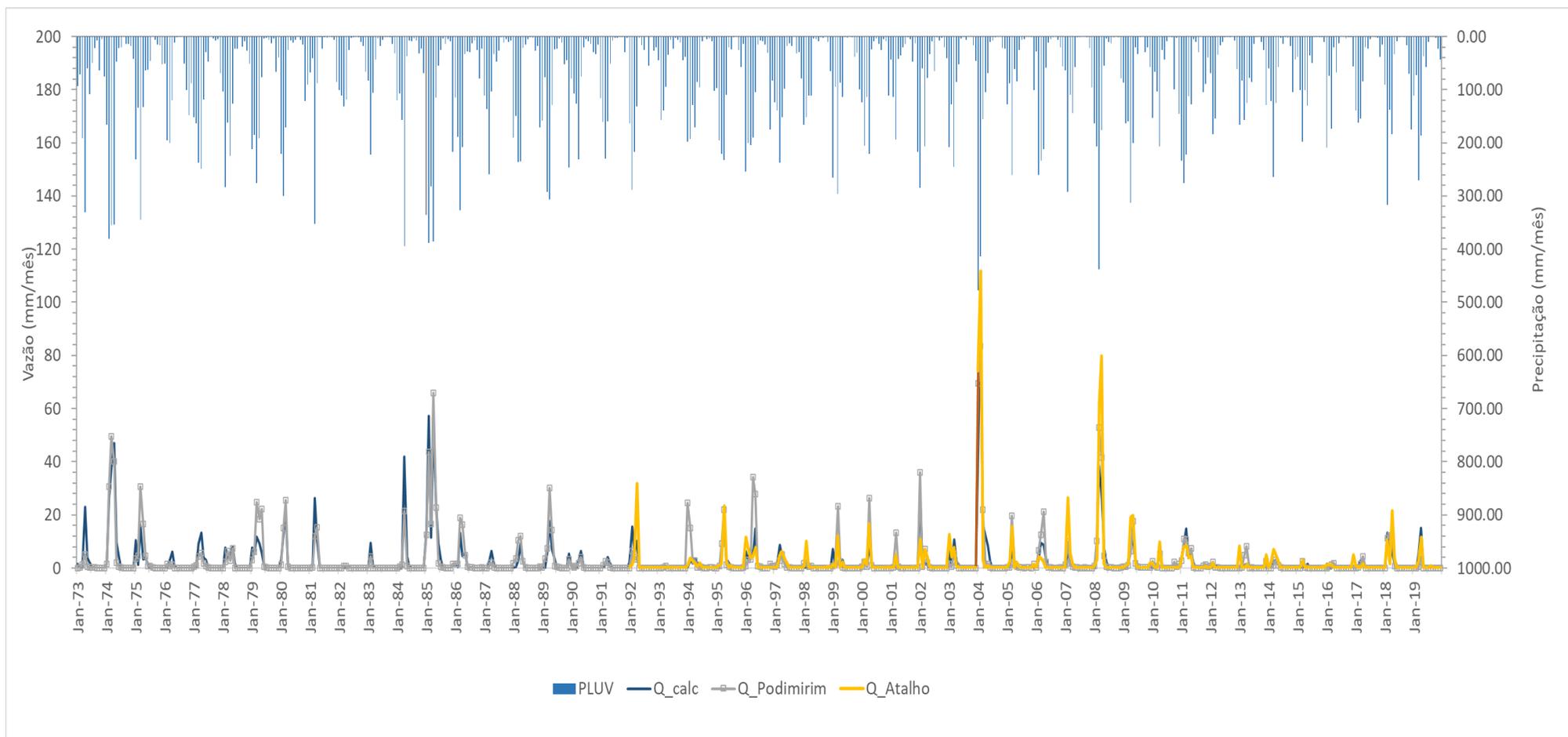


Figura 16 – Comparação entre as séries de deflúvios observados e calculados para calibração do MODHAC

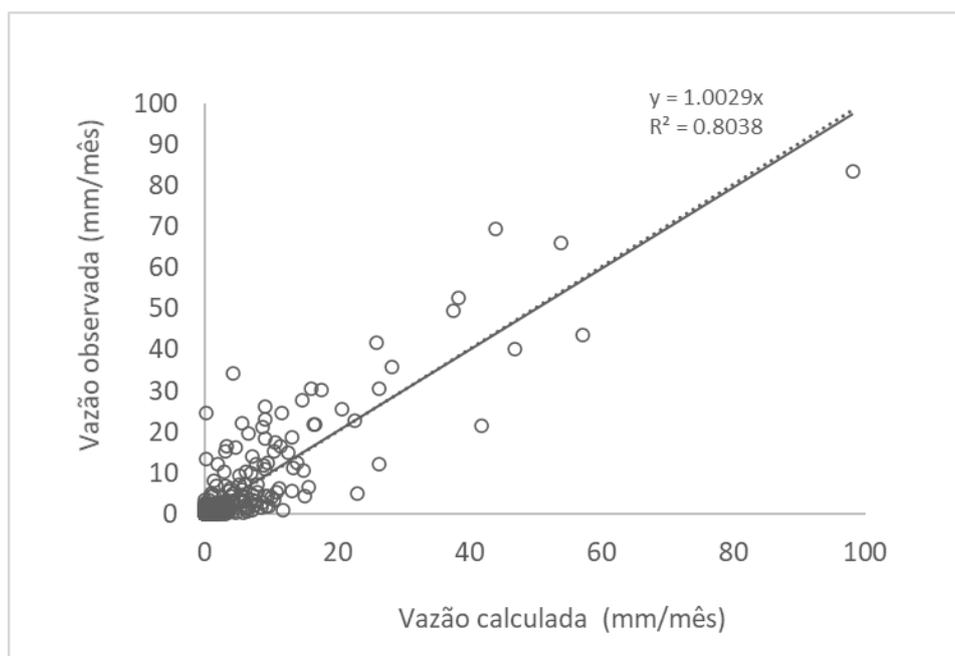


Figura 17 – Comparação entre os valores calculados e observados na calibração do MODHAC

#### 4.4 Volumes Mensais Afluentes

Os resultados da simulação, a série de deflúvios afluentes ao sítio da barragem Berê, serviu de entrada para a etapa de dimensionamento da capacidade máxima do reservatório. A caracterização do regime hidrológico para o dimensionamento da capacidade do reservatório foi parametrizado através das estatísticas do volume afluente anual. A simulação considerou todos os dados disponíveis, isto é, o período entre 01/01/1913 até 31/12/2019. Entretanto, para a estimativa das estatísticas dos deflúvios, foi utilizado o período entre 01/01/1920 até 31/01/2020, com o principal objetivo de mitigar um eventual tendência provocada pelas condições iniciais.

Tabela 13 – Precipitações mensais (mm) -

	PERÍODO: 1920-2019												ΣAno
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
MÉDIA	128.5	176.2	226.0	158.0	60.6	25.2	14.8	5.6	6.3	19.7	34.8	67.3	923.0
DPAD	77.4	95.0	95.7	97.1	46.7	23.7	15.0	8.6	11.2	24.9	39.3	51.8	279.9
CV	0.60	0.54	0.42	0.61	0.77	0.94	1.01	1.53	1.78	1.27	1.13	0.77	0.30

Tabela 14 - Estatísticas dos deflúvios (mm/mês) calculados com o modelo chuva-vazão MODHAC

	PERÍODO: 1920-2019												ΣAno
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
MÉDIA	1.96	5.38	9.59	10.15	3.19	0.67	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	31.25
DPAD	5.80	12.47	13.25	18.31	5.13	2.08	1.27	0.19	0.00	0.01	0.01	0.70	41.10
CV	2.97	2.32	1.38	1.81	1.61	3.10	8.60	10.00		6.59	3.10	4.67	1.31

Tabela 15 – Vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s) no riacho Jardim, à montante da barragem Berê

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
MÉDIA	1.054	3.182	5.168	5.651	1.718	0.374	0.080	0.010	0.0	0.001	0.002	0.081	1.443
DPAD	3.125	7.375	7.139	10.199	2.764	1.161	0.686	0.103	0.0	0.003	0.006	0.378	1.910
CV	2.966	2.318	1.381	1.805	1.608	3.101	8.603	10.000		6.590	3.098	4.672	1.323

A Tabela 16 tabela mostra a descrição estatística dos volumes afluentes mensais e anuais gerados pelo modelo MODHAC, onde se observa que o volume anual médio afluente do açude Bere foi de 45.12 hm<sup>3</sup>, representando uma lâmina escoada de 35.2 mm, o que dá um rendimento da bacia de aproximadamente 3.8%. Tanto o valor do deflúvio médio anual como o seu coeficiente variação são condizentes com a influência das áreas sedimentares, em especial da chapada do Araripe, que controlam a bacia hidrográfica do rio Jardim. As vazões afluentes médias mensais calculadas, em metros cúbicos, são apresentadas na Figura 18. Para maiores detalhes, a listagem completa dos resultados da simulação pode ser consultada no apêndice.

Tabela 16- Estatísticas dos volumes afluentes (hm<sup>3</sup>/mês)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ΣANO
MÉDIA	2.82	7.77	13.84	14.65	4.60	0.97	0.21	0.03	0.00	0.00	0.01	0.22	45.12
DPAD	8.37	18.00	19.12	26.44	7.40	3.01	1.84	0.28	0.00	0.01	0.02	1.01	59.33
CV	2.97	2.32	1.38	1.81	1.61	3.10	8.60	10.00		6.59	3.10	4.67	1.31

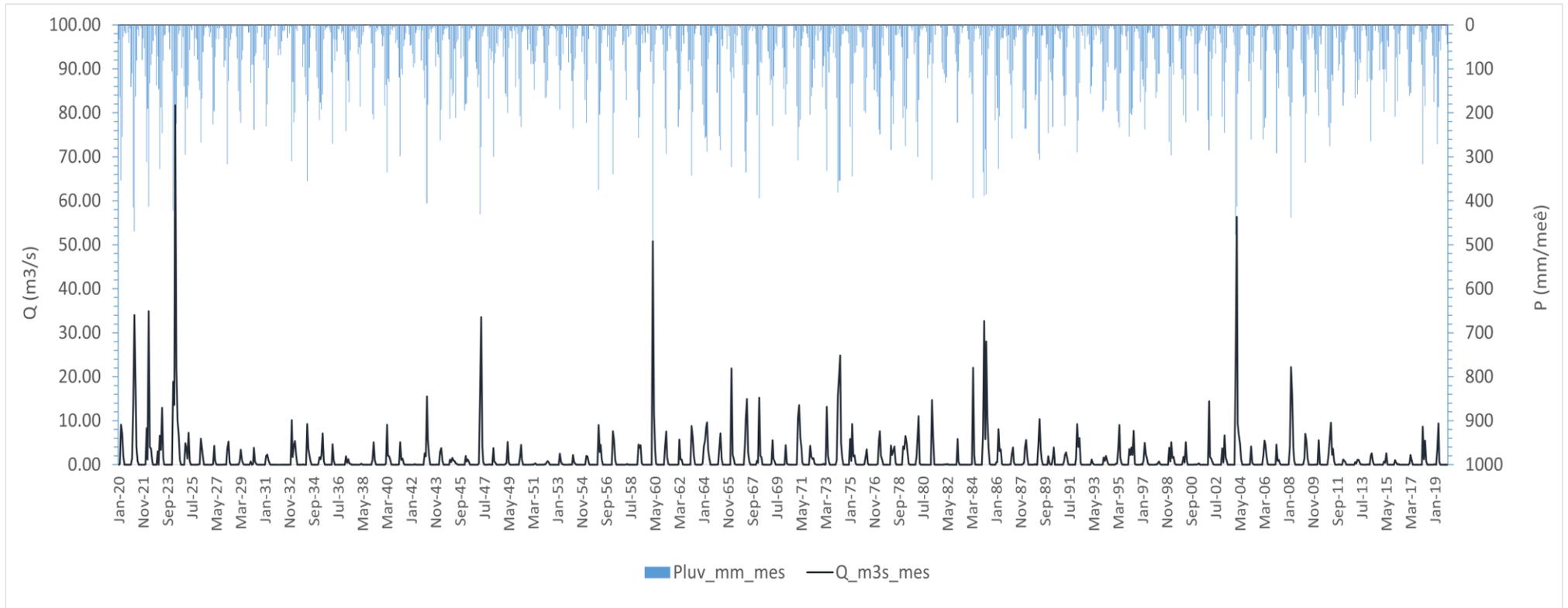


Figura 18 – Série de vazões calculadas para dimensionamento da barragem Berê

## 5 Dimensionamento do Reservatório

### 5.1 Considerações iniciais

O dimensionamento da capacidade de regularização do açude Bere foi realizado através da solução direta do balanço hídrico anual do reservatório, utilizando o modelo de simulação paramétrico baseado na teoria do diagrama triangular de regularização. As premissas utilizadas cumprem os requisitos e etapas para o estudo hidrológico de um açude interanual, segundo o CAMPOS (1990)<sup>4</sup>:

1. Estimar as estatísticas do regime do curso d'água afluente ao reservatório;
2. Elaborar um estudo incremental do tamanho do açude, analisando ganhos e perdas ao variar a capacidade projetada do reservatório;
3. Selecionar a capacidade do reservatório que melhor atende aos objetivos da barragem;

### 5.2 Metodologia

As curvas de regularização do reservatório foram obtidas pela solução direta da equação do balanço hídrico. A implementação computacional utilizada neste estudo é baseada no trabalho original de CAMPOS (1990), empregando o sistema REDERES 2.01, codificado por NILO DE CARVALHO JÚNIOR (1998, 2006)<sup>5</sup>.

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

sendo:

$$S_t = \max(B - K; 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

Em que:

$Z_t$  = volume armazenado no início do ano  $t$ ;

$I_t$  = volume afluente ao reservatório durante o ano  $t$ ;

$A_t$  = área do espelho d'água no início do ano  $t$ ;

---

<sup>4</sup> CAMPOS, J.N.B., 1990. *Regularização de Vazões em Rios Intermitentes*: Tese para Concurso de Professor Titular. UFC.

<sup>5</sup> NILO DE CARVALHO JUNIOR, V. *Sistema Rederes V2.01 - Simulação de Rede de Reservatórios Para Avaliação da Influência da Pequena Açudagem Na Regularização de Vazões Em Bacias do Semi-Árido*. Software. 2006.

E = lâmina evaporada durante o ano t, suposta constante ao longo dos anos;

K = capacidade do reservatório;

St = volume perdido por sangria durante o ano t.

Parametrizando a geometria da bacia hidráulica por:

$$Z(h) = \alpha \cdot h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \cdot \alpha \cdot h^2,$$

h - altura d'água

$\alpha$  - fator de forma (obtido por regressão entre z e h<sup>3</sup>)

Supondo um modelo mutuamente exclusivo, com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 5000 anos, seguindo uma distribuição Gama de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico:

1. estabelece-se um valor inicial para a retirada M;
2. considera-se um volume inicial igual  $\text{MIN}(0,5.K; 0,5.\mu)$ ;
3. Calcula-se
  - i.  $ZU = Z_t + I_t$  p/  $Z_t + I_t - K$
  - ii.  $ZU = K$  caso contrário
  - iii.  $DS = \text{MAX}(Z_t + I_t - K; 0)$ ,

em que ZU é o volume armazenado no final da estação e DS o volume sangrado no ano t;

4. Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por:
  - a) divide-se M e E em L partes;
  - b) retirada da reserva, se disponível, de M/L

*ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO*

$$Z_2 = Z_1 - M / L \quad \text{se } Z_1 - M / L > Z_{MIN}$$

$$Z_2 = Z_{MIN} \quad \text{caso contrário (ANO FALHO)}$$

$$Z_{MIN} = \text{MAX}(0,05.K; 0,20.\mu)$$

*VOLUME UTILIZADO*

$$D_M = Z_1 - Z_2$$

*ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO*

$$h_2 = \left( \frac{Z_2}{\alpha} \right)^{1/3}$$

- c) retirada da reserva, se disponível, de E/L

*ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO*

$$h_3 = h_2 - E / L \quad \text{se } h_2 - E / L \geq 0$$

$$h_3 = 0 \quad \text{caso contrário}$$

#### ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha \cdot h_3^3$$

#### VOLUME UTILIZADO

$$D_E = Z_3 - Z_2$$

d) retorna-se a b) até completar as L fases da integração.

5. Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 5000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado;
6. Concluído os 5000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1.

### 5.3 Resultados

O dimensionamento hidrológico do reservatório tem o objetivo de fornecer as alternativas de capacidade útil associadas à uma garantia anual definida para a regularização de vazões (90%, no caso). Os resultados obtidos servem de base para uma análise dos custos prospectivos do empreendimento face aos seus benefícios esperados. Adiante são apresentados os valores básicos dos parâmetros adotados neste projeto, derivados da climatologia, do estudo do regime de vazões e da análise da geometria da bacia hidráulica do açude.

#### Dados e parâmetros para o modelo de balanço hídrico:

Área da bacia hidrográfica:	1443.5 km <sup>2</sup>
Deflúvio médio ( $\mu$ ):	31.254 mm
Volume afluente médio:	45.115 hm <sup>3</sup> /ano
Coefficiente de variação dos deflúvios anuais:	1,315
Evaporação na estação seca:	1,116 m
Fator adimensional de evaporação (fE):	0,043
Fator de forma da bacia hidráulica ( $\alpha$ ):	97.6

Tabela 17 – Resultados da operação simulada do reservatório para estudo o estudo incremental de regularização

<i>Cota</i>	<i>K</i> ( <i>hm</i> <sup>3</sup> )	<i>f<sub>k</sub></i>	<i>%LIB</i>	<i>LIB</i> ( <i>hm</i> <sup>3</sup> <i>ano</i> <sup>-1</sup> )	<i>%EV</i>	<i>EV</i> ( <i>hm</i> <sup>3</sup> <i>ano</i> <sup>-1</sup> )	<i>%SG</i>	<i>SG</i> ( <i>hm</i> <sup>3</sup> <i>ano</i> <sup>-1</sup> )	<i>dM/dK</i>	<b>Q90</b> ( <b>m3/s</b> )	<b>M90</b> ( <b>hm</b> <sup>3</sup> <b>ano</b> <sup>-1</sup> )
518.0	1.091	0.02	1.96	0.884	0.19	0.086	44.14	19.912	-----	0.030	0.944
519.0	1.201	0.03	2.16	0.974	0.21	0.095	44.04	19.870	0.875	0.033	1.042
520.0	1.318	0.03	2.36	1.065	0.22	0.099	43.95	19.827	0.628	0.036	1.142
521.0	1.444	0.03	2.47	1.114	0.24	0.108	43.89	19.799	0.395	0.038	1.194
522.0	1.579	0.03	2.59	1.168	0.27	0.122	43.82	19.771	0.382	0.039	1.245
523.0	1.724	0.04	2.71	1.223	0.29	0.131	43.76	19.740	0.397	0.041	1.301
524.0	1.878	0.04	2.85	1.286	0.32	0.144	43.68	19.707	0.382	0.043	1.364
525.0	2.042	0.05	2.98	1.344	0.34	0.153	43.61	19.674	0.371	0.045	1.423
526.0	2.218	0.05	3.13	1.412	0.37	0.167	43.53	19.638	0.385	0.047	1.490
527.0	2.406	0.05	3.29	1.484	0.40	0.180	43.44	19.600	0.396	0.050	1.563
528.0	2.606	0.06	3.47	1.565	0.42	0.189	43.35	19.558	0.391	0.052	1.644
529.0	2.820	0.06	3.65	1.647	0.45	0.203	43.26	19.517	0.403	0.055	1.725
530.0	3.047	0.07	3.85	1.737	0.48	0.217	43.15	19.468	0.421	0.058	1.822
531.0	3.289	0.07	4.07	1.836	0.51	0.230	43.04	19.416	0.404	0.061	1.922
532.0	3.547	0.08	4.30	1.940	0.54	0.244	42.92	19.365	0.412	0.064	2.024
533.0	3.821	0.08	4.55	2.053	0.57	0.257	42.79	19.306	0.410	0.068	2.142
534.0	4.112	0.09	4.79	2.161	0.60	0.271	42.67	19.250	0.389	0.072	2.255
535.0	4.422	0.10	5.06	2.283	0.64	0.289	42.53	19.188	0.390	0.075	2.375
536.0	4.750	0.11	5.34	2.409	0.67	0.302	42.39	19.124	0.413	0.079	2.504
537.0	5.098	0.11	5.66	2.554	0.71	0.320	42.23	19.051	0.411	0.084	2.654
538.0	5.467	0.12	5.98	2.698	0.74	0.334	42.07	18.979	0.387	0.089	2.799
539.0	5.858	0.13	6.30	2.842	0.78	0.352	41.90	18.905	0.380	0.093	2.948
540.0	6.272	0.14	6.64	2.996	0.82	0.370	41.73	18.828	0.390	0.098	3.105
541.0	6.710	0.15	7.02	3.167	0.86	0.388	41.54	18.743	0.389	0.104	3.280
542.0	7.172	0.16	7.40	3.339	0.90	0.406	41.35	18.656	0.403	0.110	3.454
543.0	7.661	0.17	7.84	3.537	0.94	0.424	41.13	18.558	0.414	0.116	3.663
544.0	8.177	0.18	8.28	3.736	0.99	0.447	40.92	18.459	0.407	0.123	3.870
545.0	8.721	0.19	8.75	3.948	1.03	0.465	40.68	18.353	0.417	0.130	4.095
546.0	9.294	0.21	9.27	4.182	1.07	0.483	40.43	18.239	0.408	0.137	4.336
547.0	9.899	0.22	9.78	4.412	1.12	0.505	40.18	18.126	0.407	0.145	4.575
548.0	10.535	0.23	10.33	4.660	1.16	0.523	39.91	18.004	0.412	0.154	4.841
549.0	11.204	0.25	10.90	4.918	1.21	0.546	39.62	17.877	0.410	0.162	5.113
550.0	11.908	0.26	11.51	5.193	1.26	0.568	39.33	17.743	0.420	0.171	5.404

Lib - VOLUME LIBERADO

Sng - VOLUME SANGRADO

Evp - VOLUME EVAPORADO

K = capacidade do reservatório

dM/dK = ganho de regularização com o aumento de capacidade do reservatório

Q90 = vazão regularizada com 90% de garantia

## Resultados e considerações sobre o dimensionamento hidrológico

A faixa de valores escolhida para análise da regularização do reservatório Bere e dimensionamento da sua capacidade útil foi realizada com incrementos do fator de capacidade  $f_K$  correspondente à razão entre a capacidade K e o volume afluente médio anual esperado ( $\mu$ ). Assim, o  $f_K$  variou de 2% e 26%, com o limitante topográfico superior do boqueirão na cota 550, englobando uma ampla faixa viável de cotas da área inundável. Os valores obtidos em todas as alternativas simuladas são resumidos na Tabela 17. Como descrito anteriormente, a repartição dos volumes afluentes esperados para o reservatório entre a liberação, a evaporação e a sangria permitem compreender sinteticamente o impacto do dimensionamento (aumento do volume útil) com relação ao rendimento do reservatório. O valor de  $dM/dK$  (aumento de regularização/aumento de capacidade) do reservatório decresce acentuadamente até a cota 522, de onde se estabiliza em aproximadamente em  $0.4 \text{ hm}^3/\text{ano}/\text{hm}^3$ .

Devido à geomorfologia do riacho Jardim na seção barrada, com uma incisão do vale em **V**, muito encaixado, refletida nos parâmetros  $\alpha$  e  $f_E$ , as perdas evaporativas são muito baixas, quando considera-se os valores proporcionais em volume. Quando analisa-se a regularização, seguindo o gráfico da Figura 19 e os valores da Tabela 17, observa-se que o volume liberado aumenta muito lentamente com o incremento relativo de volume útil em cada alternativa computada. Como o volume máximo armazenável é bem menor do que o deflúvio anual médio afluente, a percentagem da sangria é preponderante sobre as outras parcelas do balanço hídrico de longo período.

Quando isso ocorre, considerar o peso de outros aspectos, principalmente fatores construtivos e sócio-econômicos, é determinante para selecionar a capacidade máxima do reservatório. Os fatores que devem ser levados em conta são, dentre outros, os investimentos na construção, os custos de operação e manutenção, a demanda hídrica a ser atendida, bem como o valor estratégico do empreendimento para o sistema de recursos hídricos do estado. Sob o ponto de vista puramente hidrológico, tanto em relação à regularização, como também para a segurança das estruturas de extravasamento, as cotas viáveis situam-se entre 523 e 550. Entretanto, partindo de uma análise preliminar do arranjo geral da obra, com especial atenção à geometria dos vertedouros central e auxiliar (ver apêndice A3), há indícios de que valores adequados para a cota da soleira do vertedouro abrangem a faixa entre 525 e 535m ( $K= 2.042 - 4.442 \text{ hm}^3$ ).

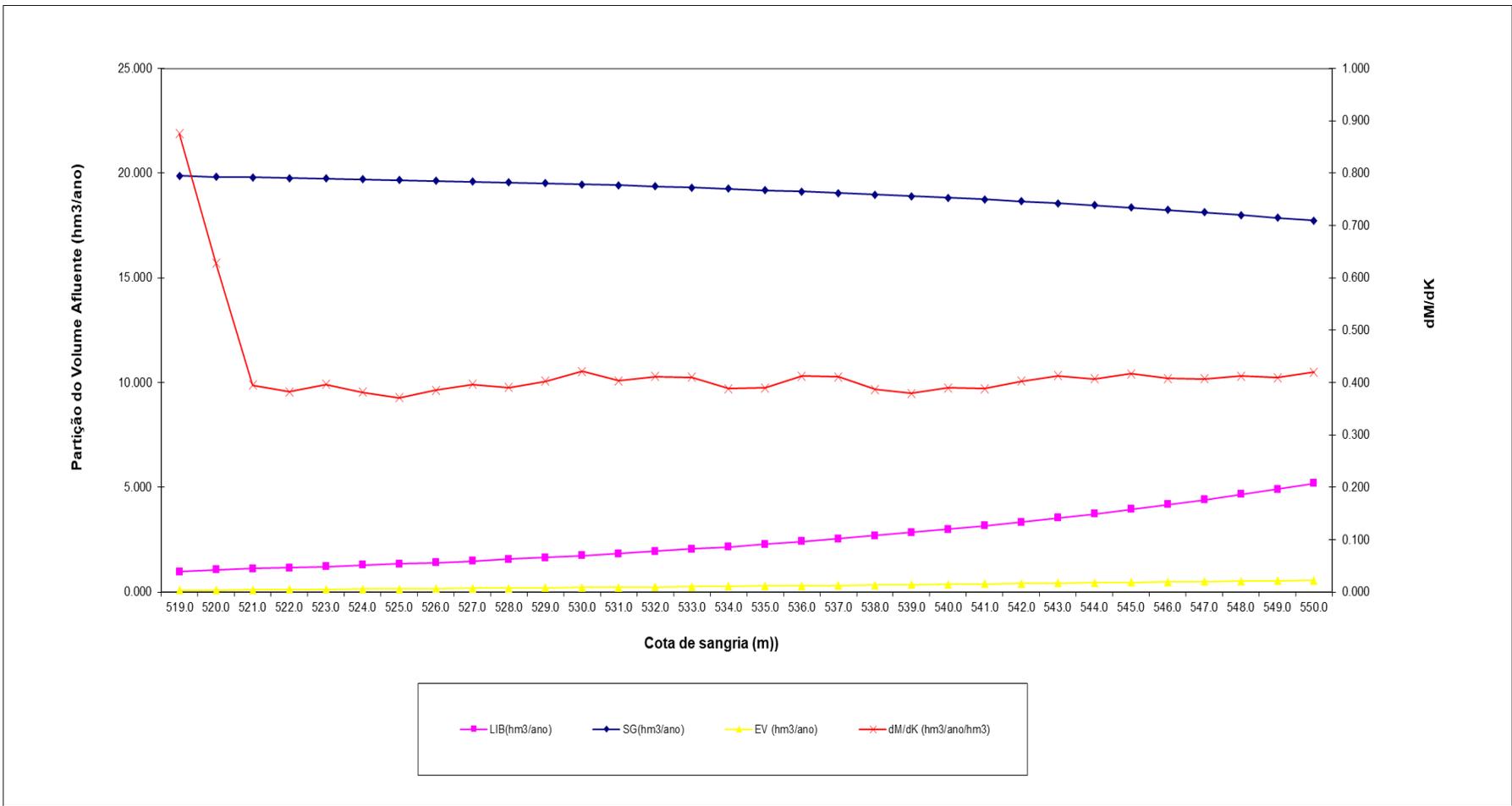


Figura 19 - Variação da vazão regularizada com a capacidade máxima

----- xxx -----

## 6 Dimensionamento do Vertedouro

### 6.1 Considerações iniciais

A análise que segue trata dos cenários prováveis de cheias na bacia hidrográfica do Riacho Jardim na seção do Açude Bere. Para análise dos extremos hidrológicos é necessário predefinir os tempos de retorno adequados para computar os hidrogramas afluentes de projeto. Teoricamente, a quantificação destes eventos pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) ou com base na precipitação (métodos indiretos). No caso do presente trabalho foi adotada uma abordagem baseada na série de precipitações devido à incerteza da estimativa de vazões máximas com séries de observações com período limitado.

Nas análises do dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, calculando-se a laminação correspondente para cada alternativa de sangradouro, fornecendo, finalmente, elementos suficientes para a determinação da cota de coroamento da barragem. A cheia decamilenar servirá apenas para verificar condições extremas, isto é, não considerando folga para esta frequência de cheia. A partir destes princípios, apresentam-se neste capítulo as alternativas para o dimensionamento do sangradouro.

### 6.2 Metodologia

#### 6.2.1 Chuva de projeto

O HEC-HMS, permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas frequentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos. No capítulo que trata da pluviometria, foram calculadas as chuvas intensas esperadas para a bacia hidrográfica. Utilizou-se o método de Torga para calcular a chuva de projeto. O método dos blocos alternados (Chow, Maidment, Mays, 1988) foi utilizado para posicionar os blocos com máxima altura de chuva incremental no meio da duração do evento, deixando os blocos restantes em ordem decrescente de intensidade. Os hietogramas de projeto têm duração de 24 horas e foram determinados para os tempos de retorno de 1000 e 10000 anos.

#### 6.2.2 Precipitação efetiva e hidrograma de projeto

O modelo HEC-HMS refere-se à interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como "perdas" de 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, na determinação do hidrograma unitário.

O hidrograma de projeto foi determinado através da aplicação do método CN (Curva – Número) do SCS, derivado dos estudos do USDA (USA). O CN é um coeficiente que varia de 1 a 100, sendo função das propriedades que caracterizam o escoamento superficial na bacia: a) tipo de solo hidrológico; b) uso do solo e tratamento ou técnica de conservação; c) condição da subsuperfície; e d) condição da umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

Em que:

P = precipitação

Q = escoamento

S = capacidade máxima de armazenamento do solo

I<sub>a</sub> = perdas antes do início do escoamento.

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

$$I_a = 0,20.S \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) elimina-se I<sub>a</sub>, resultando em:

$$Q = \frac{(P - 0,20.S)^2}{P + 0,80.S}$$

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

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

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	CONDIÇÕES ÚMIDAS
$CN (I) = \frac{4,2.CN(II)}{10 - 0,058.CN(II)}$	$CN (III) = \frac{2,3.CN(II)}{10 + 0,13.CN(II)}$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas<sup>6</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 pouco silte e argila.

---

<sup>6</sup> PONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p.

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 muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

### 6.2.3 Propagação da cheia no reservatório

Foi empregado o método de Puls para propagação de cheias em reservatórios. Este método consiste em uma expressão discretizada da equação da continuidade concentrada, e na relação entre vazão e armazenamento.

Discretização em diferenças finitas da equação da continuidade:

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2}$$

Como temos  $Q=f(S)$  representado pela curva de descarga do vertedouro e, usando os valores de  $I$  (hidrograma afluente), o esquema numérico produz o hidrograma de saída após o espraiamento da onda de cheia no reservatório.

A equação do vertedouro toma a seguinte forma:

$$Q = C.L.(Z - Z_w)^{\frac{3}{2}}$$

Em que:

$Z$  = cota (m);

$Z_w$  = cota da soleira (m);

$S$  = armazenamento ( $m^3$ );

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ );

$C$  = coeficiente do sangradouro ( $m^{1/2}/s$ );

$L$  = largura do sangradouro (m);

A bacia hidrográfica do açude Beré foi dividida em 18 subbacias, cujos escoamentos foram propagados através de 9 trechos de canal natural. Finalmente, a propagação da cheia de projeto foi computada para o reservatório projetado como o objetivo de determinar as vazões máximas sobre o vertedouro. Esta abordagem foi necessária devido à complexidade do processo de geração de deflúvio influenciado pela geomorfologia e geologia complexa da chapada. O relevo da chapada é muito plano, os solos tem alta capacidade de infiltração, condicionando uma densidade de drenagem muito baixa. Este sistema é completamente distinto do ambiente que prevalece na depressão sertaneja, merecendo assim, um tratamento específico. A transição para o local da barragem é íngreme, levando a uma rápida aceleração do fluxo no trecho de riacho que precede a cidade de Jardim. Como foi descrito no início, o hidrograma afluente ao sítio barrado corresponde à composição dos hidrogramas nas subbacias, incluindo a propagação nos trechos de rio. A Figura 20 apresenta o desenho esquemático da rede de fluxo considerada na concepção do sistema construído especificamente para o projeto.

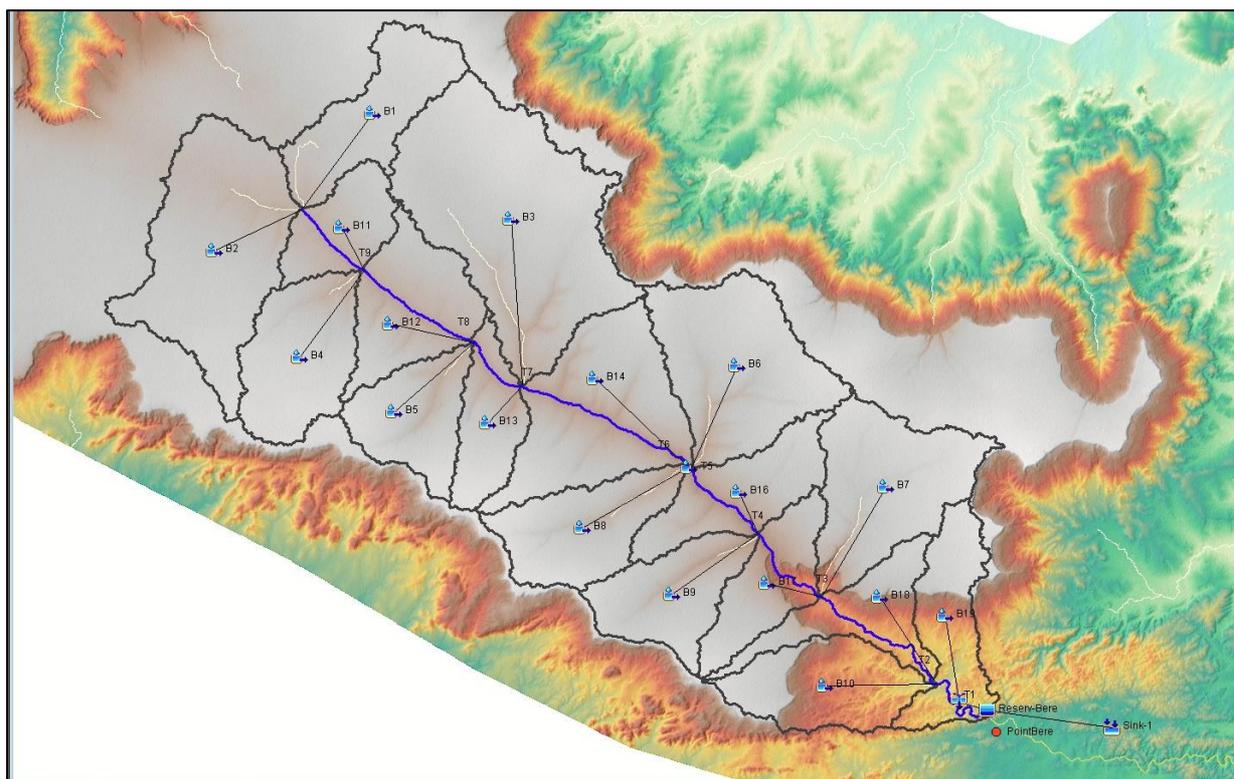


Figura 20 - Subbacias consideradas no estudo de cheias

### 6.3 Resultados

A implementação da metodologia de transformação chuva-vazão de acordo com o método SCS foi realizada com a utilização do programa HEC-HMS 4.7. Os parâmetros referentes à topografia da bacia para o cálculo dos tempos de concentração foram derivados do modelo numérico de terreno SRTM, com resolução espacial de 30m. O tempo de concentração da bacia calculado foi de 16 horas, aproximadamente. A estimativa do CN utilizou como dados de entrada a classificação dos usos da terra do projeto MAPBIOMAS versão 5.0 e os dados pedológicos da FUNCEME. Os tipos de solo hidrológicos predominantes (A, B e D) foram ponderados de acordo com as áreas de influência de interseção dos usos do solo com o mapa pedológico resultando em valores de CN individualizados por subbacia.

#### Hidrogramas de projeto

Para o dimensionamento do vertedouro, as cheias de projeto foram calculadas com os respectivos hidrogramas determinados para os tempos de recorrência de 1000 anos e 10000 anos. Os picos dos hidrogramas afluentes ao Açude Bere, associados aos tempos de retorno 1000 e 10000 anos foram, respectivamente, de 1080,5 m<sup>3</sup>/s e 1848,0 m<sup>3</sup>/s (Figura 22; Figura 24).

O vertedouro do projeto é um do tipo perfil Creager ( $C=2,1 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ). As alternativas para o dimensionamento do vertedouro foram simuladas considerando a largura máxima do topo da barragem, cuja concepção indicou um arranjo com um vertedouro central no topo da crista de uma barragem CCR (Concreto Compactado a Rolo). São mostradas alternativas para o projeto do sangradouro em várias cotas, com respectivos valores dos picos de vazão (e lâminas máximas) amortecidas. Um sangradouro lateral, auxiliar, foi simulado de trabalhará de forma a aumentar a capacidade de descarga em cheias extremas, dando mais segurança à obra.

No apêndice são mostrados os dados intermediários e o detalhamento dos hidrogramas dos componentes. Os hidrogramas exemplo mostrados abaixo são os afluentes e defluentes na seção de projeto na cota 535.

Adicionalmente é apresentado o resultado da simulação onde se observa a variação do nível da barragem ao longo de um evento de cheia milenar e outro para um evento decamilenar.

As alternativas de cota e largura dos sangradouros (principal e auxiliar lateral) são mostradas na tabela a seguir. Os valores das cotas, vazões de pico e larguras constam como resultados das simulações realizadas para fornecer subsídios ao projetista da estrutura.

*Tabela 18 – Dimensionamento do sangradouro: alternativas*

Cota do sangradouro (estudo existente)	Cota aproximada SRTM	Volume na cota de sangria	Largura Vertedor central	Largura Vertedor auxiliar	Vazão de pico milenar	Lâmina de sangria	Q90
(m)	(m)	(hm <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(l/s)
520	535	1.318	80	120	1080.40	1.84	36
521	536	1.444	80	120	1080.36	1.84	38
522	537	1.579	80	120	1080.32	1.84	39
523	538	1.724	90	120	1080.28	1.78	41
524	539	1.878	90	120	1080.24	1.78	43
525	540	2.042	90	120	1080.20	1.78	45
526	541	2.218	90	120	1080.14	1.78	47
527	542	2.406	90	120	1080.08	1.78	50
528	543	2.606	100	120	1080.02	1.73	52
529	544	2.820	100	120	1079.96	1.73	55
530	545	3.047	100	120	1079.90	1.73	58
531	546	3.289	100	120	1079.82	1.73	61
532	547	3.547	100	120	1079.74	1.73	64
533	548	3.821	130	120	1079.66	1.59	68
534	549	4.112	130	120	1079.58	1.59	72
535	550	4.422	130	120	1079.50	1.59	75
536	551	4.750	130	120	1079.46	1.59	79
537	552	5.098	130	120	1079.42	1.59	84
538	553	5.467	150	120	1079.38	1.51	89
539	554	5.858	150	120	1079.34	1.51	93
540	555	6.272	150	120	1079.30	1.51	98
541	556	6.710	150	120	1078.78	1.51	104
542	557	7.172	150	120	1078.26	1.51	110
543	558	7.661	180	120	1077.74	1.40	116
544	559	8.177	180	120	1077.22	1.40	123
545	560	8.721	180	120	1076.70	1.40	130
546	561	9.294	180	120	1069.40	1.40	137
547	562	9.899	180	120	1062.10	1.39	145
548	563	10.535	190	120	1054.80	1.35	154
549	564	11.204	190	120	1047.50	1.35	162
550	565	11.908	190	120	1040.20	1.34	171

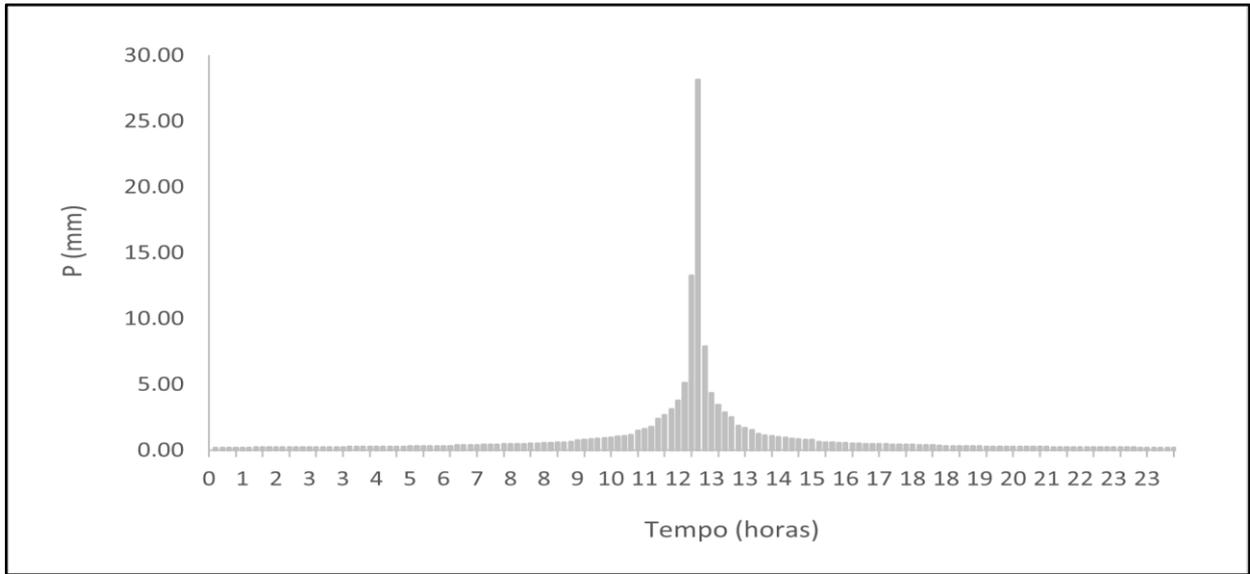


Figura 21 – Hietograma de projeto (Tempo de retorno: 1000 anos)

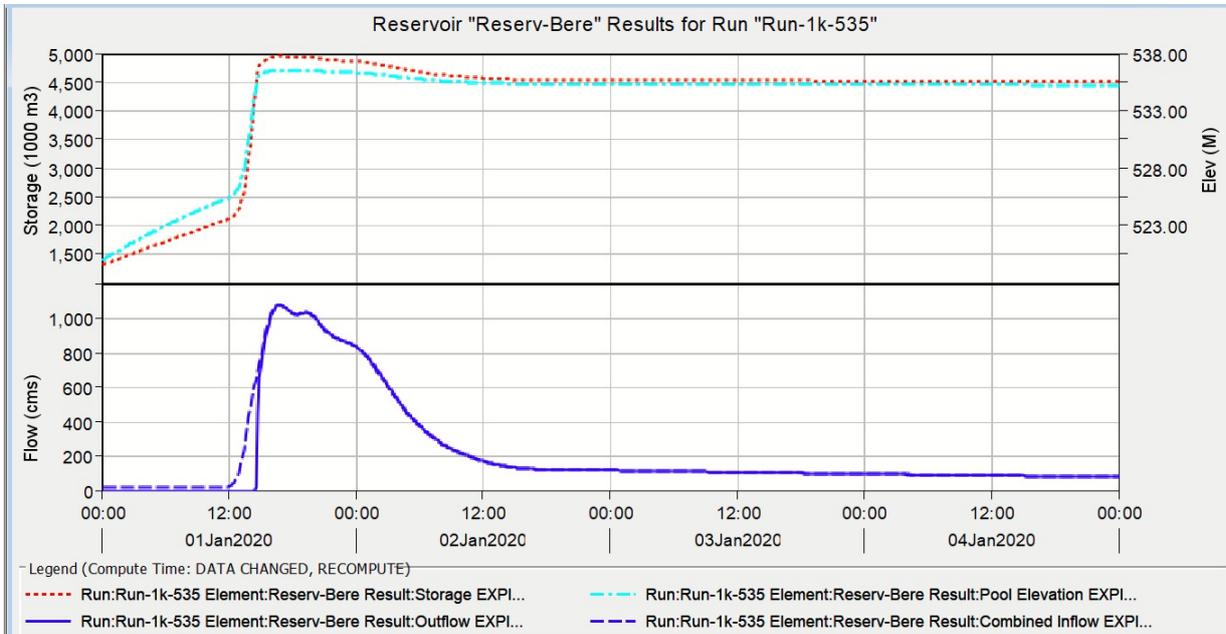


Figura 22 – Hidrogramas afluentes e defluentes (Tempo de retorno: 1000 anos)

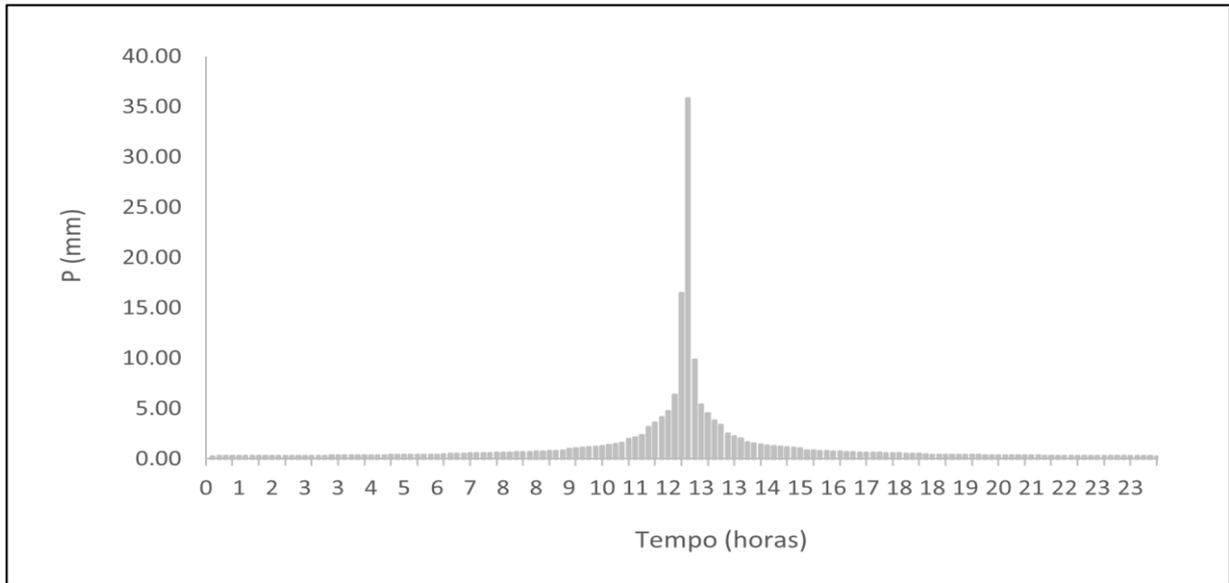


Figura 23 – Hietograma de verificação (Tempo de retorno: 10000 anos)

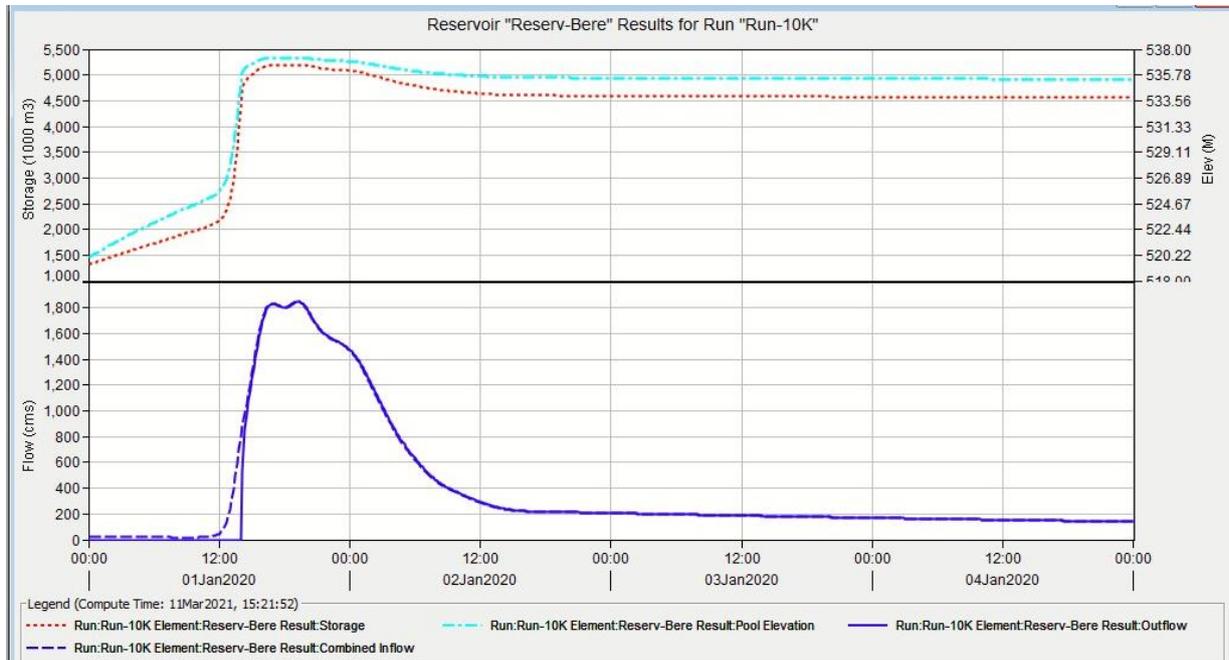


Figura 24 - Hidrogramas afluentes e defluentes (Tempo de retorno: 10000 anos)

## 7 Referências

*HEC-HMS TECHNICAL REFERENCE MANUAL. [s. d.]. DISPONÍVEL EM:*

*[HTTPS://WWW.HEC.USACE.ARMY.MIL/CONFLUENCE/HMSDOCS/HMSTRM](https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.*

*HEC-HMS USERS MANUAL. [s. d.]. DISPONÍVEL EM:*

*[HTTPS://WWW.HEC.USACE.ARMY.MIL/CONFLUENCE/HMSDOCS/HMSUM/4.5](https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.5). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.*

*HEC-SSP USER'S MANUAL.PDF. [s. d.]. .*



## 8 Apêndices

### AI – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE CHUVAS DIÁRIAS

-----  
General Frequency Analysis

28 Dec 2020 08:23 PM  
-----

--- Input Data ---

Analysis Name: BereAnaliseFreqPrecipMax

Description:

Data Set Name: jardim-precip-max-anual-739038

DSS File Name: D:\OneDrive\Documentos\HEC\Bere\Bere.dss

DSS Pathname: /BERE/739038/PRECIP/17Dec1910 - 01Jan2020/IR-Century/PRECIP-FUNCEME-CE-OBS/

Start Date:

End Date:

Project Path: D:\OneDrive\Documentos\HEC\Bere

Report File Name:

D:\OneDrive\Documentos\HEC\Bere\GeneralFrequencyResults\BereAnaliseFreqPrecipMax\BereAnaliseFreqPrecipMax.rpt

Result File Name:

D:\OneDrive\Documentos\HEC\Bere\GeneralFrequencyResults\BereAnaliseFreqPrecipMax\BereAnaliseFreqPrecipMax.xml

Plotting Position Type: Median

Probability Distribution Type: Pearson Type III 17C EMA

Use Log Transform

Upper Confidence Level: 0.05

Lower Confidence Level: 0.95

User-Specified Frequencies

Frequency: 0.01

Frequency: 0.1

Frequency: 0.2

Frequency: 0.5

Frequency: 1.0

Frequency: 2.0

Frequency: 5.0

Frequency: 10.0

Frequency: 20.0

Frequency: 50.0

Frequency: 80.0

Frequency: 90.0

Frequency: 95.0

Frequency: 99.0

Display ordinate values using 2 digits in fraction part of value

--- End of Input Data ---

Warning: Zero or missing data in systematic record for year 1932.

Warning: Zero or missing data in systematic record for year 2020.

Year	Peak	Value		Threshold		Type
		Low	High	Low	High	
1911	49.00	49.00	49.00	36.00	1.0E99	Syst
1912	57.60	57.60	57.60	36.00	1.0E99	Syst
1913	63.50	63.50	63.50	36.00	1.0E99	Syst
1914	67.00	67.00	67.00	36.00	1.0E99	Syst
1915	63.80	63.80	63.80	36.00	1.0E99	Syst
1916	53.50	53.50	53.50	36.00	1.0E99	Syst
1917	60.00	60.00	60.00	36.00	1.0E99	Syst
1918	48.60	48.60	48.60	36.00	1.0E99	Syst
1919	51.50	51.50	51.50	36.00	1.0E99	Syst
1920	93.00	93.00	93.00	36.00	1.0E99	Syst
1921	67.20	67.20	67.20	36.00	1.0E99	Syst
1922	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1923	60.00	60.00	60.00	36.00	1.0E99	Syst
1924	97.50	97.50	97.50	36.00	1.0E99	Syst
1925	80.00	80.00	80.00	36.00	1.0E99	Syst
1926	80.00	80.00	80.00	36.00	1.0E99	Syst
1927	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1928	66.00	66.00	66.00	36.00	1.0E99	Syst
1929	60.00	60.00	60.00	36.00	1.0E99	Syst
1930	80.50	80.50	80.50	36.00	1.0E99	Syst
1931	49.50	49.50	49.50	36.00	1.0E99	Syst
1932	0.00	1.0E-6	36.00	36.00	1.0E99	Syst
1933	198.00	198.00	198.00	36.00	1.0E99	Syst
1934	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1935	64.50	64.50	64.50	36.00	1.0E99	Syst
1936	66.40	66.40	66.40	36.00	1.0E99	Syst
1937	63.00	63.00	63.00	36.00	1.0E99	Syst
1938	26.30	1.0E-6	36.00	36.00	1.0E99	Syst
1939	60.00	60.00	60.00	36.00	1.0E99	Syst
1940	61.00	61.00	61.00	36.00	1.0E99	Syst
1941	58.00	58.00	58.00	36.00	1.0E99	Syst
1942	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1943	137.00	137.00	137.00	36.00	1.0E99	Syst
1944	100.00	100.00	100.00	36.00	1.0E99	Syst
1945	64.00	64.00	64.00	36.00	1.0E99	Syst
1946	77.70	77.70	77.70	36.00	1.0E99	Syst
1947	66.00	66.00	66.00	36.00	1.0E99	Syst
1948	56.00	56.00	56.00	36.00	1.0E99	Syst
1949	57.00	57.00	57.00	36.00	1.0E99	Syst
1950	52.00	52.00	52.00	36.00	1.0E99	Syst
1951	61.00	61.00	61.00	36.00	1.0E99	Syst
1952	50.60	50.60	50.60	36.00	1.0E99	Syst
1953	160.00	160.00	160.00	36.00	1.0E99	Syst
1954	54.00	54.00	54.00	36.00	1.0E99	Syst
1955	40.00	40.00	40.00	36.00	1.0E99	Syst
1956	46.00	46.00	46.00	36.00	1.0E99	Syst
1957	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1958	60.00	60.00	60.00	36.00	1.0E99	Syst
1959	52.00	52.00	52.00	36.00	1.0E99	Syst
1960	96.00	96.00	96.00	36.00	1.0E99	Syst
1961	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
1962	103.00	103.00	103.00	36.00	1.0E99	Syst
1963	50.60	50.60	50.60	36.00	1.0E99	Syst
1964	89.80	89.80	89.80	36.00	1.0E99	Syst
1965	74.80	74.80	74.80	36.00	1.0E99	Syst
1966	68.40	68.40	68.40	36.00	1.0E99	Syst
1967	90.20	90.20	90.20	36.00	1.0E99	Syst
1968	56.40	56.40	56.40	36.00	1.0E99	Syst
1969	58.40	58.40	58.40	36.00	1.0E99	Syst
1970	68.00	68.00	68.00	36.00	1.0E99	Syst
1971	67.40	67.40	67.40	36.00	1.0E99	Syst
1972	64.40	64.40	64.40	36.00	1.0E99	Syst

1973	100.20	100.20	100.20	36.00	1.0E99	Syst
1974	82.40	82.40	82.40	36.00	1.0E99	Syst
1975	85.20	85.20	85.20	36.00	1.0E99	Syst
1976	86.20	86.20	86.20	36.00	1.0E99	Syst
1977	101.00	101.00	101.00	36.00	1.0E99	Syst
1978	95.60	95.60	95.60	36.00	1.0E99	Syst
1979	94.40	94.40	94.40	36.00	1.0E99	Syst
1980	90.40	90.40	90.40	36.00	1.0E99	Syst
1981	63.80	63.80	63.80	36.00	1.0E99	Syst
1982	49.60	49.60	49.60	36.00	1.0E99	Syst
1983	50.00	50.00	50.00	36.00	1.0E99	Syst
1984	68.20	68.20	68.20	36.00	1.0E99	Syst
1985	89.40	89.40	89.40	36.00	1.0E99	Syst
1986	63.00	63.00	63.00	36.00	1.0E99	Syst
1987	42.80	42.80	42.80	36.00	1.0E99	Syst
1988	93.00	93.00	93.00	36.00	1.0E99	Syst
1989	55.00	55.00	55.00	36.00	1.0E99	Syst
1990	74.00	74.00	74.00	36.00	1.0E99	Syst
1991	37.00	37.00	37.00	36.00	1.0E99	Syst
1992	69.00	69.00	69.00	36.00	1.0E99	Syst
1993	54.00	54.00	54.00	36.00	1.0E99	Syst
1994	75.00	75.00	75.00	36.00	1.0E99	Syst
1995	61.00	61.00	61.00	36.00	1.0E99	Syst
1996	89.40	89.40	89.40	36.00	1.0E99	Syst
1997	115.00	115.00	115.00	36.00	1.0E99	Syst
1998	105.00	105.00	105.00	36.00	1.0E99	Syst
1999	117.00	117.00	117.00	36.00	1.0E99	Syst
2000	47.10	47.10	47.10	36.00	1.0E99	Syst
2001	110.00	110.00	110.00	36.00	1.0E99	Syst
2002	75.00	75.00	75.00	36.00	1.0E99	Syst
2003	80.00	80.00	80.00	36.00	1.0E99	Syst
2004	68.00	68.00	68.00	36.00	1.0E99	Syst
2005	83.00	83.00	83.00	36.00	1.0E99	Syst
2006	80.00	80.00	80.00	36.00	1.0E99	Syst
2007	101.00	101.00	101.00	36.00	1.0E99	Syst
2008	80.00	80.00	80.00	36.00	1.0E99	Syst
2009	101.00	101.00	101.00	36.00	1.0E99	Syst
2010	70.00	70.00	70.00	36.00	1.0E99	Syst
2011	100.00	100.00	100.00	36.00	1.0E99	Syst
2012	65.00	65.00	65.00	36.00	1.0E99	Syst
2013	137.00	137.00	137.00	36.00	1.0E99	Syst
2014	68.00	68.00	68.00	36.00	1.0E99	Syst
2015	75.00	75.00	75.00	36.00	1.0E99	Syst
2016	85.00	85.00	85.00	36.00	1.0E99	Syst
2017	36.00	36.00	36.00	36.00	1.0E99	Syst
2018	70.00	70.00	70.00	36.00	1.0E99	Syst
2019	63.00	63.00	63.00	36.00	1.0E99	Syst
2020	0.00	1.0E-6	36.00	36.00	1.0E99	Syst

Fitted log10 Moments	Mean	Variance	Std Dev	Skew
EMA at-site data w/o regional info	1.840831	0.019055	0.138040	0.259732
EMA w/ regional info and B17b MSE(G)	1.840831	0.019055	0.138040	0.259732
EMA w/ regional info and specified MSE(G)	1.840831	0.019055	0.138040	0.259732

EMA Estimate of MSE[G at-site] 0.060561  
MSE[G at-site systematic] 0.060561  
Equivalent Record Length [G at-site] 110.000000  
Equivalent Record Length [Syst+Hist-LowOutl] 107.000000  
Grubbs-Beck Critical Value 36.000000

--- Final Results ---

<< Plotting Positions >>

jardim-precip-max-anual-739038

Events Analyzed				Ordered Events			
Day	Mon	Year	PRECIP mm	Rank	Water Year	PRECIP mm	Median Plot Pos
17	Mar	1911	49.00	1	1933	198.00	0.63
16	Jan	1912	57.60	2	1953	160.00	1.54
10	Mar	1913	63.50	3	2013	137.00	2.45
19	Jan	1914	67.00	4	1943	137.00	3.35
16	Dec	1915	63.80	5	1999	117.00	4.26
26	Apr	1916	53.50	6	1997	115.00	5.16
20	Feb	1917	60.00	7	2001	110.00	6.07
13	Mar	1918	48.60	8	1998	105.00	6.97
18	Feb	1919	51.50	9	1962	103.00	7.88
01	Feb	1920	93.00	10	2009	101.00	8.79
16	Feb	1921	67.20	11	2007	101.00	9.69
28	Nov	1922	65.00	12	1977	101.00	10.60
29	May	1923	60.00	13	1973	100.20	11.50
18	May	1924	97.50	14	2011	100.00	12.41
13	Jan	1925	80.00	15	1944	100.00	13.32
07	Apr	1926	80.00	16	1924	97.50	14.22
24	Feb	1927	65.00	17	1960	96.00	15.13
06	Mar	1928	66.00	18	1978	95.60	16.03
04	Dec	1929	60.00	19	1979	94.40	16.94
30	Jan	1930	80.50	20	1988	93.00	17.84
07	Feb	1931	49.50	21	1920	93.00	18.75
01	Jan	1932	0.00	22	1980	90.40	19.66
29	Jan	1933	198.00	23	1967	90.20	20.56
28	Apr	1934	65.00	24	1964	89.80	21.47
06	May	1935	64.50	25	1996	89.40	22.37
15	Jan	1936	66.40	26	1985	89.40	23.28
30	Mar	1937	63.00	27	1976	86.20	24.18
18	Jan	1938	26.30	28	1975	85.20	25.09
09	Apr	1939	60.00	29	2016	85.00	26.00
24	Mar	1940	61.00	30	2005	83.00	26.90
29	Mar	1941	58.00	31	1974	82.40	27.81
18	Oct	1942	65.00	32	1930	80.50	28.71
27	Nov	1943	137.00	33	2008	80.00	29.62
06	Mar	1944	100.00	34	2006	80.00	30.53
03	Mar	1945	64.00	35	2003	80.00	31.43
10	Apr	1946	77.70	36	1926	80.00	32.34
23	Oct	1947	66.00	37	1925	80.00	33.24
10	Mar	1948	56.00	38	1946	77.70	34.15
17	Mar	1949	57.00	39	2015	75.00	35.05
03	Oct	1950	52.00	40	2002	75.00	35.96
30	Jan	1951	61.00	41	1994	75.00	36.87
16	May	1952	50.60	42	1965	74.80	37.77
18	Mar	1953	160.00	43	1990	74.00	38.68
06	Mar	1954	54.00	44	2018	70.00	39.58
07	Apr	1955	40.00	45	2010	70.00	40.49
01	Dec	1956	46.00	46	1992	69.00	41.39
28	Jan	1957	65.00	47	1966	68.40	42.30
15	Jan	1958	60.00	48	1984	68.20	43.21
20	Jan	1959	52.00	49	2014	68.00	44.11
11	Apr	1960	96.00	50	2004	68.00	45.02
18	Feb	1961	65.00	51	1970	68.00	45.92
01	Jul	1962	103.00	52	1971	67.40	46.83
27	Feb	1963	50.60	53	1921	67.20	47.74
27	Jan	1964	89.80	54	1914	67.00	48.64
11	Apr	1965	74.80	55	1936	66.40	49.55
10	Feb	1966	68.40	56	1947	66.00	50.45
03	Mar	1967	90.20	57	1928	66.00	51.36
27	Dec	1968	56.40	58	2012	65.00	52.26
15	Mar	1969	58.40	59	1961	65.00	53.17
03	Mar	1970	68.00	60	1957	65.00	54.08
22	Apr	1971	67.40	61	1942	65.00	54.98

06 Nov 1972	64.40	62	1934	65.00	55.89
10 Apr 1973	100.20	63	1927	65.00	56.79
23 Feb 1974	82.40	64	1922	65.00	57.70
21 Jan 1975	85.20	65	1935	64.50	58.61
30 Nov 1976	86.20	66	1972	64.40	59.51
26 Feb 1977	101.00	67	1945	64.00	60.42
25 Feb 1978	95.60	68	1981	63.80	61.32
15 Jan 1979	94.40	69	1915	63.80	62.23
14 Jan 1980	90.40	70	1913	63.50	63.13
24 Mar 1981	63.80	71	2019	63.00	64.04
01 Feb 1982	49.60	72	1986	63.00	64.95
28 Nov 1983	50.00	73	1937	63.00	65.85
20 Jan 1984	68.20	74	1995	61.00	66.76
04 Jan 1985	89.40	75	1951	61.00	67.66
08 Mar 1986	63.00	76	1940	61.00	68.57
14 Feb 1987	42.80	77	1958	60.00	69.47
11 Jan 1988	93.00	78	1939	60.00	70.38
13 Jan 1989	55.00	79	1929	60.00	71.29
04 Apr 1990	74.00	80	1923	60.00	72.19
25 Mar 1991	37.00	81	1917	60.00	73.10
30 Jan 1992	69.00	82	1969	58.40	74.00
04 Dec 1993	54.00	83	1941	58.00	74.91
20 Dec 1994	75.00	84	1912	57.60	75.82
06 Apr 1995	61.00	85	1949	57.00	76.72
06 May 1996	89.40	86	1968	56.40	77.63
15 Apr 1997	115.00	87	1948	56.00	78.53
18 Feb 1998	105.00	88	1989	55.00	79.44
14 May 1999	117.00	89	1993	54.00	80.34
16 Apr 2000	47.10	90	1954	54.00	81.25
27 Oct 2001	110.00	91	1916	53.50	82.16
13 Jan 2002	75.00	92	1959	52.00	83.06
20 Jan 2003	80.00	93	1950	52.00	83.97
17 Jan 2004	68.00	94	1919	51.50	84.87
18 Mar 2005	83.00	95	1963	50.60	85.78
07 May 2006	80.00	96	1952	50.60	86.68
22 Apr 2007	101.00	97	1983	50.00	87.59
27 Feb 2008	80.00	98	1982	49.60	88.50
02 May 2009	101.00	99	1931	49.50	89.40
09 Apr 2010	70.00	100	1911	49.00	90.31
03 Nov 2011	100.00	101	1918	48.60	91.21
19 Feb 2012	65.00	102	2000	47.10	92.12
14 Jan 2013	137.00	103	1956	46.00	93.03
19 Nov 2014	68.00	104	1987	42.80	93.93
04 May 2015	75.00	105	1955	40.00	94.84
08 Jan 2016	85.00	106	1991	37.00	95.74
29 Jan 2017	36.00	107	2017	36.00	96.65
07 Feb 2018	70.00	108	1938	26.30*	97.55
10 Apr 2019	63.00	109	2020	0.00*	98.46
01 Jan 2020	0.00	110	1932	0.00*	99.37

\* Outlier

<< Frequency Curve >>  
jardim-precip-max-anual-739038

Computed Curve PRECIP, mm	Variance Log(EMA)	Percent Chance Exceedance	Confidence Limits	
			0.05 PRECIP, mm	0.95
270.58	0.00882	0.010	469.38	207.86
208.40	0.00440	0.100	304.99	172.50
191.34	0.00340	0.200	266.52	161.83
169.81	0.00231	0.500	221.93	147.60
154.19	0.00165	1.000	192.35	136.68
139.05	0.00113	2.000	165.90	125.54
119.57	0.00064	5.000	135.22	110.25
104.99	0.00040	10.000	114.87	98.05

90.14	0.00027	20.000	96.46	84.93
68.37	0.00020	50.000	72.22	64.73
52.88	0.00020	80.000	55.78	49.96
46.58	0.00026	90.000	49.31	43.36
42.11	0.00040	95.000	44.92	38.29
35.18	0.00101	99.000	38.81	30.08

<< Multiple Grubbs-Beck Test P-Values >>  
jardim-precip-max-anual-739038

Number Of Low Outliers	P-Values
1	0.000E0*
2	0.000E0*
3	3.011E-4
4	1.240E-1
5	7.456E-2
6	2.142E-1
7	4.952E-1
8	8.858E-1
9	9.211E-1
10	9.720E-1
11	9.628E-1
12	9.581E-1
13	9.243E-1
14	9.080E-1
15	9.125E-1
16	8.451E-1
17	8.927E-1
18	8.906E-1
19	8.173E-1
20	9.388E-1
21	9.413E-1
22	8.964E-1
23	9.467E-1
24	9.767E-1
25	9.760E-1
26	9.823E-1
27	9.874E-1
28	9.874E-1
29	9.876E-1
30	9.990E-1
31	9.977E-1
32	9.952E-1
33	9.901E-1
34	9.809E-1
35	9.936E-1
36	9.873E-1
37	9.760E-1
38	9.989E-1
39	9.977E-1
40	9.952E-1
41	9.963E-1
42	9.958E-1
43	9.916E-1
44	9.885E-1
45	9.887E-1
46	9.820E-1
47	9.847E-1
48	9.721E-1
49	9.514E-1
50	9.191E-1
51	8.719E-1
52	8.068E-1
53	7.230E-1
54	8.087E-1

55	7.253E-1
----	----------

\* = p-value corresponds to a zero flow value.

jardim-precip-max-anual-739038

Log Transform: PRECIP, mm		Number of Events	
Mean	1.841	Historic Events	0
Standard Dev	0.138	High Outliers	0
Station Skew	0.260	Low Outliers	3
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	0.260	Systematic Events	110

--- End of Analytical Frequency Curve ---

## A2 – SÉRIES HIDROLÓGICAS CALCULADAS

### A2.1 - Pluviometria média na bacia do açude Bere

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1913	83.9	202.7	224.4	163.6	81.6	18.4	23	5.5	6.6	65.4	13	146.4	1034.5
1914	331.9	93.5	114.4	102.6	14.2	71.1	44.4	83.2	1.2	23.8	2	6.9	889.2
1915	104.5	17.8	131.1	103.9	10.6	5.2	2.9	5	1.3	0.5	12.3	219.9	615.0
1916	104.5	149.8	268.9	218.2	85.8	36	5	2.7	0	5.1	47.4	58.2	981.6
1917	460.9	511.5	281.8	116.4	43	17.9	2.9	0.8	7.6	29.3	84.1	104.4	1660.6
1918	236.2	86.9	352.1	105.9	109.7	28.5	8.7	33.9	5.7	20.5	34.9	53.6	1076.6
1919	45	123.3	68.9	55.4	20.1	20.9	36.5	10.8	8.5	6.7	3.7	5.9	405.7
1920	33.5	164.9	354.3	254.4	26.9	14.1	19.7	1.5	18.1	41.3	7.8	141.2	1077.7
1921	109.5	415.7	470.1	163.2	80.7	9.7	25.6	2.7	6.8	79.7	30.5	53.2	1447.4
1922	117.3	311.5	190.6	414	132.7	91.3	66	37	2.2	24.4	137.8	71.5	1596.3
1923	146.1	328.2	187.2	246.9	81.5	23.9	21.9	1.6	1.4	17.5	55.8	1.9	1113.9
1924	106	422.7	366.6	625.6	224.8	115.2	21.1	13.9	2.1	98.9	27.7	140	2164.6
1925	296	164.3	190	137.9	56.1	4.7	11.7	1.1	70.3	30.3	32.6	79	1074.0
1926	127.7	148.4	267.6	167.7	62.2	24	6.6	5	0.6	5.8	28	17.6	861.2
1927	51.3	225.6	196.2	72.7	32.5	7.6	31.9	7.3	2	5.3	7.6	95.8	735.8
1928	80.8	29.9	316.8	128	50.1	34.1	18.8	3.7	5.5	1.9	27.3	76.4	773.3
1929	150.4	197	222.3	79.5	58	3.2	3.5	3.8	3.3	17.3	16.8	132	887.1
1930	90.4	90.4	238.8	70.4	64.7	19.1	0.1	0	0.6	28.8	1.2	80.6	685.1
1931	44.1	231.3	181.3	97.9	32.3	12.4	4.7	0.8	0	26.1	1.3	2.8	635.0
1932	68.9	55	68.6	37.2	12.7	15.2	11.4	0	30.2	2	19.3	4.9	325.4
1933	310.7	129.5	221.3	199.4	10.3	14.4	1.3	0.4	1.8	5.7	95.8	43.8	1034.4
1934	119.1	158.2	354.9	173.6	97.6	29.9	1.2	0.3	9.4	0.5	59.3	119.1	1123.1
1935	144.5	216.4	176.8	192.4	158.2	32.9	12.7	6.2	6.2	3.5	8	16.4	974.2
1936	107.5	270.5	32.5	81.3	33.7	60.9	9.7	10.1	0	20	14.1	35.1	675.4
1937	67.7	241.5	85.1	127.3	176.1	58.1	14.5	14.6	9.4	15.8	11.1	29.8	851.0
1938	67	50.9	186	44.1	24.8	16.1	0	2.8	0.3	0.8	6.8	5.1	404.7
1939	41.4	202.6	215.1	97.8	16	7.4	12.1	3.1	6.2	21	48.8	25.9	697.4
1940	183.5	136.7	335.2	122.3	129.6	22.6	9.8	12.3	5.1	5.7	41.6	34.3	1038.7
1941	53.2	119.9	298.3	99.7	113.5	48.6	33.7	18.8	1.7	4.6	21.5	46.9	860.4
1942	44.7	65.5	97	86.8	17.9	11.6	3.6	12.5	2.5	81.3	13.2	103.1	539.7
1943	166.5	92.5	405.5	181.4	32.2	10.2	17.3	7.6	3.6	6.5	94	39.6	1056.9
1944	67.1	73.4	262.5	193.4	34.8	21.8	10.2	7.4	8.2	5.5	33	213.6	930.9
1945	123.2	161.6	154.9	54	211.3	40	34	0	0	76.2	7.9	72.3	935.4
1946	194.8	181	178	118.3	35.7	30.8	6.8	10.9	4.9	4.9	83.9	99.2	949.2
1947	141.6	113	431.2	277.4	26.2	16.7	9.8	3.9	3.7	26.7	168.9	53.3	1272.4
1948	79.6	60.2	300	87.1	64.7	42	48.1	9.8	4.2	14	7.9	73.4	791.0
1949	31.7	155.7	163.6	201.1	52.2	12.1	14.7	30.7	6.1	12.8	141.6	4.9	827.2
1950	20.6	122.3	207.3	232.1	16	9.7	3.6	4.8	11.2	56.3	10.3	43.9	738.1
1951	88.7	59.3	89	147.5	82.8	48	13.6	3.6	0	3.6	9.4	25.7	571.2
1952	85.9	166.4	163.4	127	45.9	8	0	0	3.8	4.6	9.5	70.4	684.9
1953	13.8	92.3	192.1	102.8	21.4	66.8	1.9	0	28.2	5.9	85.6	10.9	621.7

<b>1954</b>	64.8	127.5	234.5	102.5	76.3	26.2	8.2	2.3	1	0	61.9	26	<b>731.2</b>
<b>1955</b>	88.3	170.3	222.8	125.2	31.9	0	0	0	0	9.8	0.6	87.5	<b>736.4</b>
<b>1956</b>	4.5	375	203.8	150.9	41.8	11.6	11.4	10.4	0	50	23.2	81.6	<b>964.2</b>
<b>1957</b>	104.2	78.9	339.6	199.7	27.9	13.5	1.2	0	0	0	0	45.4	<b>810.4</b>
<b>1958</b>	37.6	104.4	171.5	9.6	28.1	2.2	21.8	0	0	0	0	45.6	<b>420.8</b>
<b>1959</b>	148.5	257.4	209.5	107.2	22.3	42.4	13.3	40.6	0	18.1	21.3	0.3	<b>880.9</b>
<b>1960</b>	84.3	59.7	640.5	133.6	44.8	11.6	1.5	1.5	0	10.4	8	45.1	<b>1041.0</b>
<b>1961</b>	103.3	235.6	293.6	59.7	7.4	25.3	32.3	4.3	0	3.1	0	58.3	<b>822.9</b>
<b>1962</b>	86.7	231.6	192.8	147.3	61.3	23.3	42.8	2.6	0.1	16.1	106.2	79.9	<b>990.7</b>
<b>1963</b>	134.6	342.6	198.1	78.9	20.5	8.5	1.2	0	1.2	23.6	93.9	181.4	<b>1084.5</b>
<b>1964</b>	228.1	258	254.1	288.9	77.8	39.6	25.6	24.9	6.7	6.2	12.3	20	<b>1242.2</b>
<b>1965</b>	154.4	90.1	252.9	284.8	32.6	48	2.2	12.5	5.1	55.1	4.1	25.9	<b>967.7</b>
<b>1966</b>	107.5	323.6	96.5	121.8	20.8	63.8	25	0	3.2	7.5	47	91.4	<b>908.1</b>
<b>1967</b>	154.4	288.2	335.4	220.3	89.7	12.9	7.5	2.4	14.3	4.5	9	43.7	<b>1182.3</b>
<b>1968</b>	205.4	116.3	395	83	86.6	11.2	6.1	0.9	0	5.1	60.5	76.4	<b>1046.5</b>
<b>1969</b>	136.4	124.5	230.5	116.8	56.6	42.9	48.8	5.2	4.7	3.6	4.7	52.9	<b>827.6</b>
<b>1970</b>	146.4	96.7	203.9	135	2.6	3.6	1.7	2.4	2.2	52.4	29.6	12.8	<b>689.3</b>
<b>1971</b>	185.2	307.9	232.7	216	47.7	31.2	16.3	0	3.7	20	29.2	51.4	<b>1141.3</b>
<b>1972</b>	204.5	162.6	142.7	78.8	99.3	24.2	1.6	36	0.6	16.4	11.2	141.6	<b>919.5</b>
<b>1973</b>	93.5	71.1	192.1	331.4	60.3	108.3	49.7	21.2	7.8	64.3	5.4	75.4	<b>1080.5</b>
<b>1974</b>	166.1	381	354.7	354	47.7	21.3	20.2	0	13.8	13.5	17.7	42.1	<b>1432.1</b>
<b>1975</b>	231.5	134.2	344.1	132.8	64.4	63.1	46.8	0	6.5	14.8	17.3	51.9	<b>1107.4</b>
<b>1976</b>	50.8	195.4	199.9	120.2	11.6	1.6	0	0	51	100.8	148.7	88.3	<b>968.3</b>
<b>1977</b>	152.5	163.3	237.9	248.7	119.5	29	46.9	0	3.6	7.8	4.8	69.4	<b>1083.4</b>
<b>1978</b>	103.3	284.1	161.9	225.5	127	22.6	23.6	0	19.4	9.1	26.8	51	<b>1054.3</b>
<b>1979</b>	212	185	275.5	191.2	76.8	3.3	2.6	6.3	13.3	3.4	67	39.7	<b>1076.1</b>
<b>1980</b>	220.7	300.5	170.7	25.7	8.4	12.1	7	0	6.4	15.7	122	90.9	<b>980.1</b>
<b>1981</b>	67.6	40.6	352.8	87.9	2	22.9	0.3	2.1	0	1.6	6	85.7	<b>669.5</b>
<b>1982</b>	101.4	111.7	131.4	119.3	25.7	2.5	0.4	0	0.7	9.9	17.9	66.6	<b>587.5</b>
<b>1983</b>	83	222.5	105.9	43.8	3.9	18.4	7.2	1	0.1	1.7	14	32.6	<b>534.1</b>
<b>1984</b>	120.2	107.2	157.2	394.5	37.4	8.2	9.2	3.3	7.4	32	22.9	68.6	<b>968.1</b>
<b>1985</b>	334.7	388.6	282.8	385.9	114.6	54.6	25.8	4.2	13.7	5.3	9.5	217.2	<b>1836.9</b>
<b>1986</b>	115	188.9	327.6	207.9	33.3	28.5	30	12.8	7.4	25.5	79.2	23.2	<b>1079.3</b>
<b>1987</b>	110.5	136.9	258.8	103.6	33.8	47.6	27.6	0.9	12	4.7	10.4	8.3	<b>755.1</b>
<b>1988</b>	190.5	148.9	236.4	235.4	22	15.3	5.2	0.3	2.8	26.5	18.5	171.5	<b>1073.3</b>
<b>1989</b>	158.7	77.2	292.8	306.9	128.8	24.2	23.6	3.6	11.8	52.6	44.4	246	<b>1370.6</b>
<b>1990</b>	79.6	107.6	126.1	232	76	21.1	5.5	9.3	13.7	29.7	33	15.8	<b>749.4</b>
<b>1991</b>	116.1	161.6	229.7	159.5	51	7.6	2	2.4	0.8	0.5	30.2	3.1	<b>764.5</b>
<b>1992</b>	163.9	289.2	217.6	132	3	16.4	25.2	0	55.4	0	26.8	20.8	<b>950.3</b>
<b>1993</b>	44.8	156.5	138.7	95.1	34.6	6.6	23.4	2.9	6.8	11.6	44.4	38.7	<b>604.1</b>
<b>1994</b>	197.9	192.8	128.8	171.9	85.7	95.9	8.7	0	5.2	3.5	9.7	102.5	<b>1002.6</b>
<b>1995</b>	97.2	195.3	221.2	233.3	109.3	20.1	23.9	1.2	0	25.7	57.4	14.7	<b>999.3</b>
<b>1996</b>	254	200.5	204.7	190.4	104.3	15.8	7.5	8.7	14.9	30.7	175.6	82.8	<b>1289.9</b>
<b>1997</b>	123.6	139.3	238	152.9	98.6	18.4	12.6	18	0	32.1	29	78.8	<b>941.3</b>
<b>1998</b>	166.5	152.5	110.8	111	3.8	5.1	8.5	1.8	2.8	0	9.7	64.6	<b>637.1</b>
<b>1999</b>	265.9	94.3	296	86.1	113.4	0.7	2.4	0	1.1	37.9	31	100	<b>1028.8</b>
<b>2000</b>	124.2	206	114.1	221.2	24.5	9.7	4.3	14.6	25.5	4.6	9.2	110.6	<b>868.5</b>

<b>2001</b>	43.7	113.3	194.6	42	36.2	20.7	14	2	4.6	48	13.1	216.6	<b>748.8</b>
<b>2002</b>	285	60.4	207.7	77.6	33.2	8.6	65.6	1.2	7.9	2.1	20.3	41.1	<b>810.7</b>
<b>2003</b>	208.8	128.2	245.2	85.6	52.8	4.3	1.8	6.4	0	0	17.2	46.6	<b>796.9</b>
<b>2004</b>	477.5	413.5	156.2	105.3	68.6	9.7	8	1.7	0	0	21.9	23.1	<b>1285.5</b>
<b>2005</b>	127.9	87.6	260.7	61.3	84.2	25	6.5	4.9	0	0	0.8	101.4	<b>760.3</b>
<b>2006</b>	28.5	260.9	233.3	211.4	59.3	11.4	5.3	1.3	0	6.7	20.3	56.5	<b>894.9</b>
<b>2007</b>	64.3	291.9	109.7	144.3	57.6	1.2	1.2	0	0	0.6	21.9	96.5	<b>789.2</b>
<b>2008</b>	163.1	207.1	437.8	176.2	55.4	3.8	9.8	13	1.1	0	0.4	78.8	<b>1146.5</b>
<b>2009</b>	86.8	163.3	159.7	312.8	201.3	21.1	33.7	0.9	0	29.7	20.6	57	<b>1086.9</b>
<b>2010</b>	153.8	66.7	104.1	207	25.3	43.9	8.9	0	0.6	99.2	3.2	146.3	<b>859.0</b>
<b>2011</b>	233.6	276.4	222.8	112.8	127.7	5.2	10.6	29.6	0	104.3	89.4	39.4	<b>1251.8</b>
<b>2012</b>	68.8	183.9	154.6	34.2	16.1	10.6	1.8	0.9	1.3	0	8.3	62	<b>542.5</b>
<b>2013</b>	166.4	83.2	157.8	125.5	77.7	86.3	13.6	0.3	0	10.3	25.9	129.2	<b>876.2</b>
<b>2014</b>	59.5	121.9	264.4	125.5	57.7	2.8	13.4	0.7	2.8	17.3	104.2	43.3	<b>813.5</b>
<b>2015</b>	37.8	101.2	197.7	100.7	129.9	35.6	49.7	0.3	0.1	1.5	0.9	9.9	<b>665.3</b>
<b>2016</b>	209.2	73.6	173.9	20.7	67.2	12.9	0	0	4.1	0.1	0.5	56.1	<b>618.3</b>
<b>2017</b>	139	161.7	155	84.8	21.2	23	5.5	0	0.3	2.8	38.5	14.8	<b>646.6</b>
<b>2018</b>	90.4	316.9	138.3	184.1	33.7	8.4	0.6	0	0.2	17.3	69.6	174.8	<b>1034.3</b>
<b>2019</b>	111	73.3	271	187.5	37.4	58.1	9.8	0	0	3	23.1	43.6	<b>817.8</b>
<b>PERÍODO: 1913-2019</b>													
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	132.9	175.8	224.7	155.8	60.0	25.4	15.0	6.6	6.6	19.8	34.3	68.4	<b>924.9</b>
<b>DESVPAD</b>	85.0	99.5	95.8	95.0	46.1	23.5	15.1	11.5	10.9	24.7	38.7	53.6	<b>286.5</b>
<b>CV</b>	0.64	0.57	0.43	0.61	0.77	0.92	1.01	1.75	1.65	1.25	1.13	0.78	<b>0.31</b>

<b>PERÍODO: 1920-2019</b>													
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	128.5	176.2	226.0	158.0	60.6	25.2	14.8	5.6	6.3	19.7	34.8	67.3	<b>923.0</b>
<b>DESVPAD</b>	77.4	95.0	95.7	97.1	46.7	23.7	15.0	8.6	11.2	24.9	39.3	51.8	<b>279.9</b>
<b>CV</b>	0.60	0.54	0.42	0.61	0.77	0.94	1.01	1.53	1.78	1.27	1.13	0.77	<b>0.30</b>

#### A2.2 - Deflúvios médios mensais (mm) calculados com o MODHAC – Açude Bere

<b>ANO</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1913</b>	0.1	1.3	9.3	3.2	2.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	<b>18.1</b>
<b>1914</b>	13.8	2.5	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>17.6</b>
<b>1915</b>	0.0	0.1	0.6	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	<b>15.3</b>

1916	0.2	0.1	8.4	4.5	6.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.3
1917	36.6	83.7	94.7	11.7	9.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.1
1918	3.5	0.8	14.5	5.4	3.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.8
1919	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1920	0.0	0.3	16.8	12.9	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
1921	2.6	22.3	63.0	31.7	7.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.7
1922	0.1	13.9	2.2	62.6	7.4	6.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	99.9
1923	0.0	11.1	6.3	23.2	2.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.6
1924	0.0	31.9	25.2	146.6	40.7	18.1	12.6	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	277.2
1925	9.0	6.1	2.5	12.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8
1926	0.1	0.3	10.9	6.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1
1927	0.0	0.2	8.0	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10.0
1928	0.0	0.0	6.8	9.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1
1929	0.0	1.1	6.3	2.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	11.6
1930	0.0	0.2	7.1	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8
1931	0.0	3.4	4.2	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
1932	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	18.8	3.0	8.0	9.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.5
1934	0.0	0.0	17.2	6.4	3.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0
1935	0.1	2.8	2.3	4.0	13.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8
1936	0.0	7.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5
1937	0.0	3.3	0.7	2.2	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3
1938	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1939	0.0	1.8	9.4	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2
1940	0.0	0.5	16.9	3.7	3.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.6
1941	0.0	0.1	9.4	2.0	2.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7
1942	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1943	4.7	3.2	28.8	10.5	4.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	51.4
1944	0.0	0.0	5.5	6.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	15.9
1945	1.0	2.6	1.8	1.5	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
1946	0.0	3.4	1.4	2.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
1947	0.0	0.4	29.7	60.2	7.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	98.9
1948	0.0	0.0	7.0	1.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1
1949	0.0	0.3	0.8	9.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.3
1950	0.0	0.0	3.1	8.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1
1951	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1952	0.1	0.1	0.8	1.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
1953	0.0	0.0	4.7	1.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.4
1954	0.0	0.1	4.1	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
1955	0.0	0.0	3.6	3.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
1956	0.0	15.3	5.4	8.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8
1957	0.0	0.0	14.2	10.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1
1958	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1959	0.1	7.7	7.2	7.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4
1960	0.0	0.0	94.2	21.1	6.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.0
1961	0.0	7.1	14.0	3.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5
1962	0.0	0.1	10.5	2.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	14.9

1963	0.0	14.8	11.5	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	30.7
1964	7.6	9.3	15.7	17.3	6.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.5
1965	0.1	0.1	6.8	12.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4
1966	0.0	37.0	4.2	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.1
1967	0.0	7.4	19.6	26.8	5.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.5
1968	1.7	0.7	28.3	3.6	3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.3
1969	0.0	0.4	10.3	2.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3
1970	0.0	0.1	8.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
1971	0.1	18.2	25.1	11.1	7.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6
1972	8.0	3.0	2.4	2.7	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7
1973	0.4	0.0	0.1	23.6	3.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8
1974	1.8	26.4	37.3	44.6	9.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.0
1975	10.9	1.4	17.2	3.5	3.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.3
1976	0.0	0.2	3.0	6.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
1977	0.0	0.3	10.4	13.7	3.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1
1978	0.0	7.4	4.1	5.7	7.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9
1979	7.7	6.0	12.1	8.8	5.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4
1980	3.3	11.6	20.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0
1981	0.0	0.0	27.3	11.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.4
1982	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1983	0.0	9.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1
1984	0.0	0.0	0.3	39.6	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.9
1985	13.0	55.2	10.8	50.3	19.8	6.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.4
1986	1.1	1.0	15.0	5.5	6.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4
1987	0.1	0.1	4.7	7.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9
1988	0.3	0.9	7.3	10.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	22.0
1989	0.0	0.0	8.5	18.6	6.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	39.5
1990	0.7	0.0	0.2	3.1	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2
1991	0.0	1.3	4.0	5.0	2.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
1992	2.3	15.6	7.5	10.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2
1993	0.0	0.0	2.2	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
1994	0.2	2.7	1.6	3.6	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
1995	0.4	0.5	6.7	16.2	3.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5
1996	6.6	3.7	7.2	3.9	14.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	36.2
1997	0.0	1.6	9.1	4.2	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9
1998	0.1	0.1	0.8	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1999	7.2	1.2	9.4	2.8	3.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3
2000	0.4	2.9	0.9	9.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	14.8
2001	0.0	0.1	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
2002	26.7	2.9	2.6	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
2003	6.9	0.9	12.4	2.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7
2004	43.3	95.2	17.3	12.1	9.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.9
2005	0.1	0.1	7.7	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.0
2006	0.0	3.5	10.1	8.4	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6
2007	0.1	7.7	1.6	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8
2008	0.1	7.2	41.2	28.3	7.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.6
2009	0.0	0.2	2.7	12.6	9.8	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.8

<b>2010</b>	0.1	0.0	0.1	9.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	<b>10.7</b>
<b>2011</b>	4.5	10.2	17.6	4.1	6.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	<b>44.9</b>
<b>2012</b>	0.0	2.0	1.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>4.9</b>
<b>2013</b>	1.1	0.4	2.0	2.0	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	<b>6.5</b>
<b>2014</b>	0.1	0.0	4.0	4.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	<b>10.2</b>
<b>2015</b>	0.0	0.0	1.3	0.8	4.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>7.1</b>
<b>2016</b>	1.9	0.7	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>3.0</b>
<b>2017</b>	0.0	0.6	4.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>6.5</b>
<b>2018</b>	0.0	14.6	2.3	9.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	<b>28.2</b>
<b>2019</b>	0.1	0.0	6.6	16.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>24.7</b>

**PERÍODO: 1913-2019**

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	2.33	5.86	10.16	9.77	3.18	0.66	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.23	<b>32.35</b>
<b>DESVPAD</b>	6.66	14.53	15.55	18.08	5.10	2.06	1.25	0.19	0.00	0.01	0.01	0.69	<b>45.41</b>
<b>CV</b>	2.85	2.48	1.53	1.85	1.60	3.12	9.07	10.54		6.95	3.27	2.96	<b>1.40</b>

**PERÍODO: 1920-2019**

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	1.96	5.38	9.59	10.15	3.19	0.67	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	<b>31.25</b>
<b>DESVPAD</b>	5.80	12.47	13.25	18.31	5.13	2.08	1.27	0.19	0.00	0.01	0.01	0.70	<b>41.10</b>
<b>CV</b>	2.97	2.32	1.38	1.81	1.61	3.10	8.60	10.00		6.59	3.10	4.67	<b>1.31</b>

**A2.3 – Vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s) calculados com o MODHAC – Açude Bere**

<b>ANO</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>MÉDIA</b>
1913	0.08	0.75	5.03	1.77	1.44	0.4	0	0	0	0	0	0.41	0.82
1914	7.44	1.5	0.45	0.19	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.80
1915	0.01	0.08	0.33	2.97	0.02	0	0	0	0	0	0	4.96	0.70
1916	0.1	0.07	4.52	2.5	3.39	0.47	0	0	0	0	0	0	0.92
1917	19.71	49.51	51.06	6.54	4.89	0.7	0	0	0	0	0	0	11.03
1918	1.86	0.5	7.79	3.03	1.62	0.31	0	0	0	0	0	0	1.26
1919	0.02	0.03	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
1920	0	0.17	9.08	7.17	1.84	0.02	0	0	0	0	0	0	1.52
1921	1.41	13.18	33.97	17.67	4.05	0.83	0	0	0	0	0.01	0	5.93
1922	0.03	8.25	1.16	34.85	3.97	3.68	0.86	0	0	0	0	3.01	4.65
1923	0.02	6.57	3.42	12.92	1.52	0.06	0	0	0	0	0	0	2.04
1924	0	18.88	13.6	81.67	21.95	10.07	6.81	1.03	0	0.01	0.01	0.01	12.84
1925	4.83	3.58	1.36	7.2	0.7	0	0	0	0	0	0	0	1.47
1926	0.05	0.16	5.88	3.59	1.26	0.01	0	0	0	0	0	0	0.91
1927	0	0.12	4.29	0.93	0.07	0	0	0	0	0	0	0.04	0.45
1928	0	0.01	3.68	5.22	0.47	0	0	0	0	0	0	0.02	0.78
1929	0	0.68	3.37	1.1	0.46	0	0	0	0	0	0	0.74	0.53
1930	0	0.12	3.83	0.64	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0.40
1931	0	2	2.27	1.04	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0.46
1932	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
1933	10.12	1.75	4.33	5.36	2.17	0.01	0	0	0	0	0.02	0	1.98
1934	0	0.02	9.26	3.57	2	0.9	0	0	0	0	0	0.02	1.31
1935	0.04	1.66	1.24	2.2	7.11	0.81	0	0	0	0	0	0	1.09
1936	0	4.61	0.93	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46
1937	0	1.94	0.4	1.25	0.33	0.23	0	0	0	0	0	0	0.35
1938	0	0	0.06	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
1939	0	1.08	5.06	1.04	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0.61
1940	0.01	0.31	9.1	2.04	1.9	1.11	0	0	0	0	0	0	1.21
1941	0	0.03	5.09	1.13	1.39	0.34	0	0	0	0	0	0	0.67
1942	0	0.01	0.01	0.11	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01
1943	2.54	1.9	15.5	5.82	2.15	0.09	0	0	0	0	0	0.04	2.34
1944	0	0	2.94	3.72	0.89	0	0	0	0	0	0	1.16	0.73
1945	0.56	1.54	0.97	0.82	0.35	0.23	0	0	0	0	0	0.02	0.37
1946	0.02	1.99	0.75	1.2	0.68	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.39
1947	0	0.26	16.02	33.52	4.04	0.54	0	0	0	0	0.02	0.04	4.54
1948	0	0	3.76	0.73	0.41	0	0	0	0	0	0	0.01	0.41
1949	0	0.16	0.45	5.18	0.45	0	0	0	0	0	0	0.04	0.52
1950	0	0	1.65	4.5	1.07	0	0	0	0	0	0	0	0.60
1951	0	0.02	0	0.12	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.04
1952	0.03	0.06	0.43	0.77	0.53	0	0	0	0	0	0	0.02	0.15
1953	0	0	2.51	0.69	0.21	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0.29
1954	0	0.04	2.21	0.59	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0.26

1955	0	0.02	1.95	1.82	0.45	0	0	0	0	0	0	0.02	0.36
1956	0	9.03	2.9	4.49	1.12	0	0	0	0	0	0	0	1.46
1957	0.01	0	7.63	5.56	1.06	0	0	0	0	0	0	0	1.19
1958	0	0.01	0.09	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
1959	0.04	4.54	3.86	4.41	0.33	0	0	0	0	0	0	0	1.10
1960	0.01	0	50.79	11.74	3.3	0.29	0	0	0	0	0	0	5.51
1961	0.01	4.17	7.53	1.7	0.23	0	0	0	0	0	0	0	1.14
1962	0	0.04	5.64	1.16	1.18	0.02	0	0	0	0	0	0.03	0.67
1963	0.02	8.77	6.18	1.9	0.16	0	0	0	0	0	0	0.33	1.45
1964	4.09	5.49	8.46	9.62	3.31	1.4	0	0	0	0	0	0	2.70
1965	0.06	0.05	3.66	7.11	1.41	0	0	0	0	0	0	0	1.02
1966	0	21.9	2.27	1.35	0.23	0.01	0	0	0	0	0	0	2.15
1967	0.02	4.38	10.55	14.95	2.89	0.71	0	0	0	0	0	0	2.79
1968	0.9	0.41	15.25	2.02	1.6	0.03	0	0	0	0	0	0	1.68
1969	0.02	0.23	5.54	1.3	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0.65
1970	0.01	0.07	4.44	0.3	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0.41
1971	0.05	10.78	13.54	6.19	3.84	0.52	0	0	0	0	0	0	2.91
1972	4.3	1.75	1.31	1.48	0.3	0.06	0	0	0	0	0	0.02	0.77
1973	0.22	0	0.04	13.13	2.06	0.49	0.01	0	0	0	0	0	1.33
1974	0.95	15.59	20.09	24.83	4.95	1.57	0	0	0	0	0	0	5.67
1975	5.86	0.84	9.26	1.93	2.11	0.27	0	0	0	0	0	0	1.69
1976	0	0.1	1.59	3.48	0.29	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.46
1977	0	0.19	5.59	7.61	2.01	1.11	0	0	0	0	0	0	1.38
1978	0	4.38	2.23	3.19	4.12	0.53	0	0	0	0	0	0	1.20
1979	4.13	3.55	6.52	4.92	2.84	0.28	0	0	0	0	0	0	1.85
1980	1.8	6.86	11.03	0.28	0	0	0	0	0	0	0.02	0.02	1.67
1981	0.01	0	14.71	6.13	0.04	0	0	0	0	0	0	0	1.74
1982	0.01	0.04	0.08	0.07	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0.03
1983	0.01	5.85	0.63	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54
1984	0.02	0.01	0.14	22.03	2.12	0.04	0	0	0	0	0	0	2.03
1985	7.01	32.66	5.82	27.99	10.66	3.81	0.24	0	0	0	0	0.02	7.35
1986	0.57	0.61	8.07	3.08	3.45	0.2	0	0	0	0	0	0	1.33
1987	0.04	0.06	2.51	3.9	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0.59
1988	0.15	0.53	3.96	5.59	1.74	0	0	0	0	0	0	0.1	1.01
1989	0	0.02	4.56	10.35	3.53	1.31	0	0	0	0	0	1.92	1.81
1990	0.39	0.01	0.09	1.74	3.89	0	0	0	0	0	0	0	0.51
1991	0.01	0.74	2.17	2.79	1.43	0.03	0	0	0	0	0	0	0.60
1992	1.25	9.22	4.05	6.07	0.45	0	0	0	0	0	0	0	1.75
1993	0	0	1.2	0.44	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.14
1994	0.1	1.59	0.86	2	0.95	0.12	0	0	0	0	0	0.01	0.47
1995	0.19	0.3	3.61	9.01	1.63	0.39	0	0	0	0	0	0	1.26
1996	3.57	2.18	3.88	2.19	7.64	0.22	0	0	0	0	0.02	0.1	1.65
1997	0.01	0.93	4.92	2.34	1.29	0.31	0	0	0	0	0	0	0.82
1998	0.03	0.05	0.42	0.76	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0.12
1999	3.86	0.73	5.09	1.57	1.73	0.25	0	0	0	0	0	0.01	1.10
2000	0.19	1.74	0.48	5.07	0.74	0	0	0	0	0	0	0.06	0.69
2001	0	0.07	0.1	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04

2002	14.41	1.74	1.41	0.62	0.04	0	0.01	0	0	0	0	0	1.52
2003	3.71	0.54	6.67	1.55	0.95	0	0	0	0	0	0	0	1.12
2004	23.33	56.31	9.3	6.73	4.83	1.16	0	0	0	0	0	0	8.47
2005	0.03	0.08	4.15	0.51	0.05	0	0	0	0	0	0	0.03	0.40
2006	0	2.08	5.43	4.66	1.85	0.12	0	0	0	0	0	0	1.18
2007	0.05	4.56	0.85	1.07	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.57
2008	0.05	4.23	22.19	15.76	3.93	0.89	0	0	0	0	0	0.01	3.92
2009	0.01	0.12	1.47	6.99	5.29	1.39	0	0	0	0	0	0	1.27
2010	0.08	0.01	0.03	5.52	0.21	0	0	0	0	0	0.02	0.07	0.50
2011	2.43	6.04	9.5	2.31	3.65	0.83	0	0	0	0.03	0.03	0	2.07
2012	0	1.17	0.91	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0.23
2013	0.58	0.25	1.1	1.12	0.42	0.03	0.04	0	0	0	0	0.03	0.30
2014	0.05	0.02	2.16	2.54	0.75	0	0	0	0	0	0.03	0.02	0.46
2015	0	0	0.71	0.44	2.61	0.07	0	0	0	0	0	0	0.32
2016	1.03	0.44	0.04	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
2017	0	0.34	2.22	1.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.30
2018	0.01	8.65	1.25	5.46	0.71	0	0	0	0	0	0	0.07	1.35
2019	0.04	0.02	3.57	9.37	0.59	0.02	0	0	0	0	0	0	1.13

**PERÍODO: 1913-2019**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>MÉDIA</b>	1.258	3.464	5.477	5.440	1.712	0.367	0.074	0.010	0.000	0.000	0.002	0.126	1.494
<b>DESVPAD</b>	3.577	8.450	8.253	9.903	2.709	1.124	0.663	0.100	0.000	0.003	0.006	0.598	2.075
<b>CV</b>	2.843	2.439	1.507	1.820	1.582	3.060	8.900	10.344				4.752	1.389

**PERÍODO: 1920-2019**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>MÉDIA</b>	1.054	3.182	5.168	5.651	1.718	0.374	0.080	0.010	0.000	0.001	0.002	0.081	1.443
<b>DESVPAD</b>	3.125	7.375	7.139	10.199	2.764	1.161	0.686	0.103	0.000	0.003	0.006	0.378	1.910
<b>CV</b>	2.966	2.318	1.381	1.805	1.608	3.101	8.603	10.000		6.590	3.098	4.672	1.323

**A2.3 – Volumes afluentes médios (hm<sup>3</sup>/mês) – Açude Bere**

<b>ANO</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>MÉDIA</b>
1913	0.2	1.8	13.5	4.6	3.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	26.1
1914	19.9	3.7	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.4
1915	0.0	0.2	0.9	7.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	22.1
1916	0.3	0.2	12.1	6.5	9.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.3
1917	52.8	120.8	136.8	17.0	13.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	342.3
1918	5.0	1.2	20.9	7.9	4.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.1
1919	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1920	0.0	0.4	24.3	18.6	4.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.3
1921	3.8	32.2	91.0	45.8	10.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.8
1922	0.1	20.1	3.1	90.3	10.6	9.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	144.2
1923	0.1	16.0	9.2	33.5	4.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0
1924	0.0	46.1	36.4	211.7	58.8	26.1	18.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	400.2
1925	12.9	8.7	3.6	18.7	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.9
1926	0.1	0.4	15.7	9.3	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0
1927	0.0	0.3	11.5	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	14.5
1928	0.0	0.0	9.9	13.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	24.7
1929	0.0	1.7	9.0	2.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.8
1930	0.0	0.3	10.3	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7
1931	0.0	4.9	6.1	2.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
1932	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	27.1	4.3	11.6	13.9	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	62.8
1934	0.0	0.0	24.8	9.3	5.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	41.8
1935	0.1	4.1	3.3	5.7	19.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.3
1936	0.0	11.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8
1937	0.0	4.7	1.1	3.2	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5
1938	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1939	0.0	2.6	13.6	2.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1
1940	0.0	0.8	24.4	5.3	5.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.4
1941	0.0	0.1	13.6	2.9	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2
1942	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1943	6.8	4.6	41.5	15.1	5.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	74.1
1944	0.0	0.0	7.9	9.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	23.0
1945	1.5	3.8	2.6	2.1	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.6
1946	0.1	4.9	2.0	3.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9
1947	0.0	0.6	42.9	86.9	10.8	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	142.8
1948	0.0	0.0	10.1	1.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1
1949	0.0	0.4	1.2	13.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	16.3
1950	0.0	0.0	4.4	11.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9
1951	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
1952	0.1	0.1	1.2	2.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.8
1953	0.0	0.0	6.7	1.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.2
1954	0.0	0.1	5.9	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1
1955	0.0	0.0	5.2	4.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.2

1956	0.0	22.0	7.8	11.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.4
1957	0.0	0.0	20.4	14.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.7
1958	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1959	0.1	11.1	10.3	11.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8
1960	0.0	0.0	136.0	30.4	8.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.1
1961	0.0	10.2	20.2	4.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.4
1962	0.0	0.1	15.1	3.0	3.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	21.5
1963	0.1	21.4	16.6	4.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	44.2
1964	11.0	13.4	22.7	24.9	8.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.4
1965	0.2	0.1	9.8	18.4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.3
1966	0.0	53.5	6.1	3.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.7
1967	0.1	10.7	28.3	38.8	7.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.3
1968	2.4	1.0	40.8	5.2	4.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.9
1969	0.1	0.6	14.8	3.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7
1970	0.0	0.2	11.9	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
1971	0.1	26.3	36.3	16.0	10.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.4
1972	11.5	4.3	3.5	3.8	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	24.1
1973	0.6	0.0	0.1	34.0	5.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.5
1974	2.5	38.1	53.8	64.4	13.3	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.1
1975	15.7	2.1	24.8	5.0	5.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.9
1976	0.0	0.2	4.3	9.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
1977	0.0	0.5	15.0	19.7	5.4	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.4
1978	0.0	10.7	6.0	8.3	11.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.3
1979	11.1	8.7	17.5	12.8	7.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3
1980	4.8	16.7	29.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	51.9
1981	0.0	0.0	39.4	15.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.4
1982	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1983	0.0	14.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0
1984	0.1	0.0	0.4	57.1	5.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.3
1985	18.8	79.7	15.6	72.6	28.6	9.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	225.8
1986	1.5	1.5	21.6	8.0	9.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4
1987	0.1	0.1	6.7	10.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6
1988	0.4	1.3	10.6	14.5	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	31.7
1989	0.0	0.0	12.2	26.8	9.5	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	57.1
1990	1.0	0.0	0.2	4.5	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2
1991	0.0	1.8	5.8	7.2	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8
1992	3.3	22.5	10.8	15.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.6
1993	0.0	0.0	3.2	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
1994	0.3	3.9	2.3	5.2	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5
1995	0.5	0.7	9.7	23.4	4.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.6
1996	9.6	5.3	10.4	5.7	20.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	52.3
1997	0.0	2.3	13.2	6.1	3.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8
1998	0.1	0.1	1.1	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1999	10.3	1.8	13.6	4.1	4.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1
2000	0.5	4.2	1.3	13.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	21.3
2001	0.0	0.2	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
2002	38.6	4.2	3.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.4

<b>2003</b>	9.9	1.3	17.9	4.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>35.7</b>
<b>2004</b>	62.5	137.4	24.9	17.4	12.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>258.2</b>
<b>2005</b>	0.1	0.2	11.1	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	<b>12.9</b>
<b>2006</b>	0.0	5.1	14.5	12.1	5.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>37.0</b>
<b>2007</b>	0.1	11.1	2.3	2.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>17.0</b>
<b>2008</b>	0.1	10.3	59.4	40.8	10.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>123.6</b>
<b>2009</b>	0.0	0.3	3.9	18.1	14.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>40.1</b>
<b>2010</b>	0.2	0.0	0.1	14.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	<b>15.4</b>
<b>2011</b>	6.5	14.7	25.4	6.0	9.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	<b>64.8</b>
<b>2012</b>	0.0	2.9	2.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>7.0</b>
<b>2013</b>	1.6	0.6	2.9	2.9	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	<b>9.4</b>
<b>2014</b>	0.1	0.0	5.8	6.6	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	<b>14.7</b>
<b>2015</b>	0.0	0.0	1.9	1.1	7.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>10.2</b>
<b>2016</b>	2.8	1.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>4.4</b>
<b>2017</b>	0.0	0.8	5.9	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>9.4</b>
<b>2018</b>	0.0	21.1	3.3	14.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	<b>40.7</b>
<b>2019</b>	0.1	0.0	9.6	24.3	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>35.6</b>

**PERÍODO: 1913-2019**

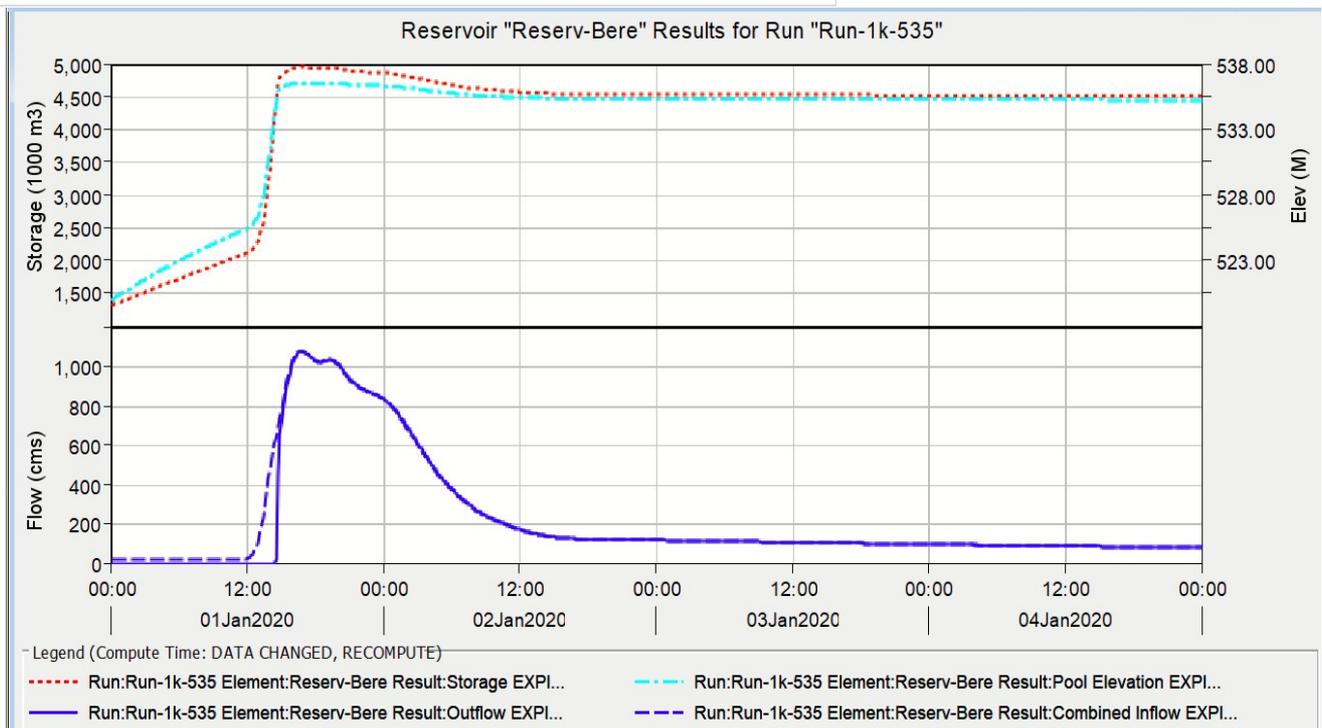
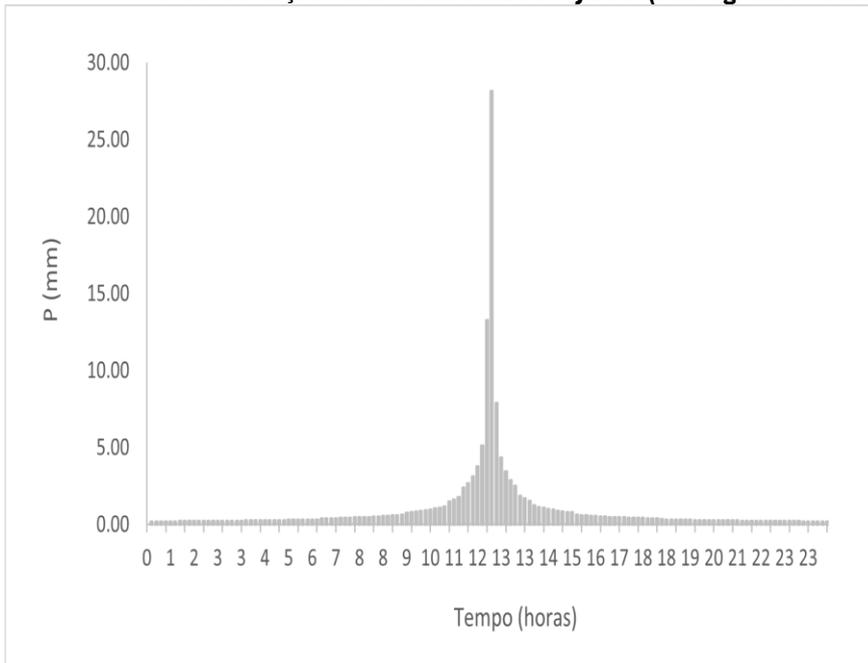
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	3.37	8.45	14.67	14.10	4.59	0.95	0.20	0.03	0.00	0.00	0.00	0.34	<b>46.70</b>
<b>DESVPAD</b>	9.61	20.98	22.45	26.09	7.36	2.97	1.81	0.27	0.00	0.01	0.02	1.00	<b>65.54</b>
<b>CV</b>	2.85	2.48	1.53	1.85	1.60	3.12	9.07	10.54		6.95	3.27	2.96	<b>1.40</b>

**PERÍODO: 1920-2019**

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>MÉDIA</b>	2.82	7.77	13.84	14.65	4.60	0.97	0.21	0.03	0.00	0.00	0.01	0.22	<b>45.12</b>
<b>DESVPAD</b>	8.37	18.00	19.12	26.44	7.40	3.01	1.84	0.28	0.00	0.01	0.02	1.01	<b>59.33</b>
<b>CV</b>	2.97	2.32	1.38	1.81	1.61	3.10	8.60	10.00		6.59	3.10	4.67	<b>1.31</b>

**A3 – Resumo da propagação da cheia de projeto do açude Berê (Tr= 1000anos)**

**PROPAGAÇÃO DA CHEIA DE PROJETO (Hietograma e Hidrogramas afluentes e defluentes)**



**CHEIA DE PROJETO (Tr = 1000 anos), simulação da alternativa na cota 535 (Vmax = 4.422 hm<sup>3</sup>)**

**Project: Barragem Bere**

**Simulation Run: Run-1K**

**Simulation Start: 31 December 2019, 24:00**

**Simulation End: 4 January 2020, 24:00**

**HMS Version: 4.7**

**Executed: 29 December 2020, 17:04**

**Global Results Summary**

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (KM2)</b>	<b>Peak Discharge (M3/S)</b>	<b>Time of Peak</b>
<b>B2</b>	140.5300	158.2	01Jan2020, 17:20
<b>B1</b>	69.2390	66.6	01Jan2020, 16:50
<b>T9</b>	209.7690	223.9	01Jan2020, 18:00
<b>B4</b>	75.2810	98.5	01Jan2020, 16:00
<b>B11</b>	42.9910	75.6	01Jan2020, 14:40
<b>T8</b>	328.0410	333.4	01Jan2020, 19:20
<b>B12</b>	70.4430	109.5	01Jan2020, 15:10
<b>B5</b>	55.8290	100.5	01Jan2020, 14:40
<b>T7</b>	454.3130	401.0	01Jan2020, 19:20
<b>B3</b>	195.2600	141.1	01Jan2020, 18:30
<b>B13</b>	44.2050	76.9	01Jan2020, 14:30
<b>T6</b>	693.7780	557.7	01Jan2020, 20:30
<b>B14</b>	115.6700	129.6	01Jan2020, 16:20
<b>B8</b>	68.0540	100.3	01Jan2020, 15:10
<b>T5</b>	877.5020	646.7	01Jan2020, 20:00
<b>B6</b>	112.8100	137.8	01Jan2020, 15:30
<b>T4</b>	990.3822	697.0	01Jan2020, 20:30
<b>B16</b>	61.9740	121.1	01Jan2020, 14:30
<b>B9</b>	60.0110	101.3	01Jan2020, 14:40
<b>T3</b>	1112.3672	761.3	01Jan2020, 17:40
<b>B7</b>	98.7760	272.9	01Jan2020, 14:30
<b>B17</b>	51.8180	185.2	01Jan2020, 13:50
<b>T2</b>	1262.9612	895.1	01Jan2020, 19:00
<b>B10</b>	67.4480	242.9	01Jan2020, 14:20
<b>B18</b>	52.3470	177.7	01Jan2020, 14:40
<b>T1</b>	1382.7562	988.3	01Jan2020, 19:20
<b>B19</b>	60.7660	223.0	01Jan2020, 14:40
<b>Junction-1</b>	1443.5222	1080.5	01Jan2020, 16:40
<b>Reserv-Bere</b>	1443.5222	1079.5	01Jan2020, 16:50

**CHEIA DE PROJETO (Tempo de retorno: 1000 anos)**

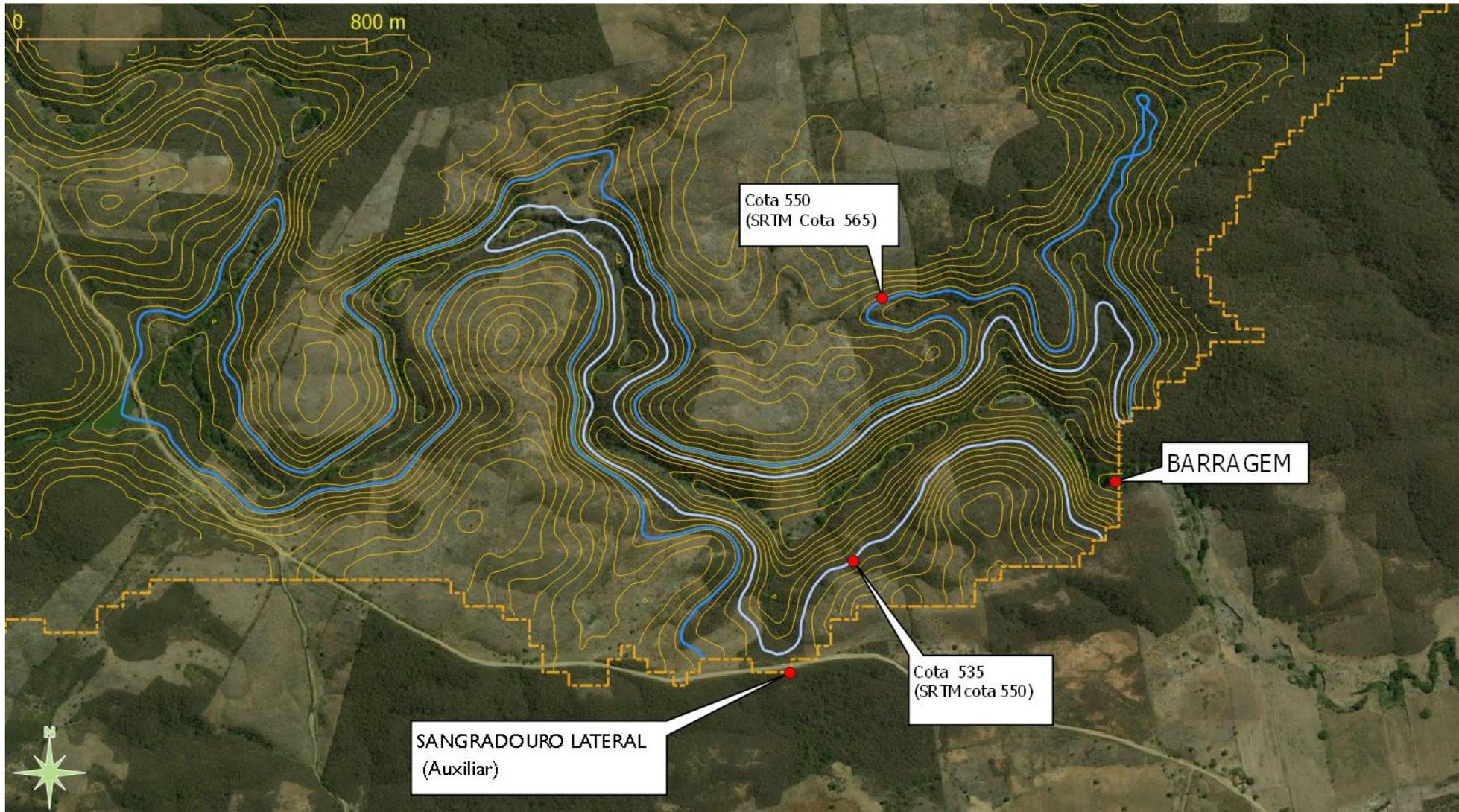
Date	Time	Precip (mm)	Inflow (m3/s)	Volume (1000 m3)	Level (m)	Outflow (m3/s)
01-Jan-20	0:00		19.0	1318.4	520.00	0.0
01-Jan-20	0:10	0.18	19.0	1329.8	520.09	0.0
01-Jan-20	0:20	0.18	19.0	1341.2	520.18	0.0
01-Jan-20	0:30	0.19	19.0	1352.6	520.27	0.0
01-Jan-20	0:40	0.19	19.0	1364.0	520.36	0.0
01-Jan-20	0:50	0.19	19.0	1375.4	520.45	0.0
01-Jan-20	1:00	0.19	19.0	1386.8	520.54	0.0
01-Jan-20	1:10	0.20	19.0	1398.2	520.63	0.0
01-Jan-20	1:20	0.20	19.0	1409.6	520.72	0.0
01-Jan-20	1:30	0.20	19.0	1420.9	520.81	0.0
01-Jan-20	1:40	0.20	19.0	1432.3	520.90	0.0
01-Jan-20	1:50	0.21	19.0	1443.7	520.99	0.0
01-Jan-20	2:00	0.21	19.0	1455.1	521.08	0.0
01-Jan-20	2:10	0.21	19.0	1466.5	521.16	0.0
01-Jan-20	2:20	0.21	18.9	1477.8	521.25	0.0
01-Jan-20	2:30	0.22	18.9	1489.2	521.33	0.0
01-Jan-20	2:40	0.22	18.9	1500.5	521.42	0.0
01-Jan-20	2:50	0.22	18.9	1511.9	521.50	0.0
01-Jan-20	3:00	0.23	18.9	1523.3	521.58	0.0
01-Jan-20	3:10	0.23	18.9	1534.6	521.67	0.0
01-Jan-20	3:20	0.23	18.9	1545.9	521.75	0.0
01-Jan-20	3:30	0.24	18.9	1557.3	521.84	0.0
01-Jan-20	3:40	0.24	18.9	1568.6	521.92	0.0
01-Jan-20	3:50	0.25	18.9	1579.9	522.00	0.0
01-Jan-20	4:00	0.25	18.8	1591.2	522.08	0.0
01-Jan-20	4:10	0.25	18.8	1602.5	522.16	0.0
01-Jan-20	4:20	0.26	18.8	1613.8	522.24	0.0
01-Jan-20	4:30	0.26	18.8	1625.1	522.32	0.0
01-Jan-20	4:40	0.27	18.8	1636.4	522.40	0.0
01-Jan-20	4:50	0.27	18.8	1647.6	522.47	0.0
01-Jan-20	5:00	0.28	18.7	1658.9	522.55	0.0
01-Jan-20	5:10	0.28	18.7	1670.1	522.63	0.0
01-Jan-20	5:20	0.29	18.7	1681.4	522.71	0.0
01-Jan-20	5:30	0.29	18.7	1692.6	522.79	0.0
01-Jan-20	5:40	0.30	18.7	1703.8	522.86	0.0
01-Jan-20	5:50	0.31	18.6	1715.0	522.94	0.0
01-Jan-20	6:00	0.31	18.6	1726.2	523.02	0.0
01-Jan-20	6:10	0.37	18.6	1737.3	523.09	0.0
01-Jan-20	6:20	0.38	18.6	1748.5	523.16	0.0
01-Jan-20	6:30	0.39	18.6	1759.6	523.23	0.0
01-Jan-20	6:40	0.39	18.5	1770.8	523.31	0.0
01-Jan-20	6:50	0.40	18.5	1781.9	523.38	0.0
01-Jan-20	7:00	0.41	18.5	1793.0	523.45	0.0
01-Jan-20	7:10	0.43	18.5	1804.1	523.52	0.0
01-Jan-20	7:20	0.44	18.5	1815.2	523.59	0.0
01-Jan-20	7:30	0.45	18.4	1826.2	523.67	0.0
01-Jan-20	7:40	0.46	18.4	1837.3	523.74	0.0
01-Jan-20	7:50	0.48	18.4	1848.3	523.81	0.0
01-Jan-20	8:00	0.49	18.4	1859.4	523.88	0.0
01-Jan-20	8:10	0.51	18.3	1870.4	523.95	0.0
01-Jan-20	8:20	0.53	18.3	1881.4	524.02	0.0
01-Jan-20	8:30	0.54	18.3	1892.3	524.09	0.0
01-Jan-20	8:40	0.57	18.3	1903.3	524.16	0.0
01-Jan-20	8:50	0.59	18.2	1914.3	524.22	0.0
01-Jan-20	9:00	0.61	18.2	1925.2	524.29	0.0
01-Jan-20	9:10	0.75	18.2	1936.1	524.35	0.0
01-Jan-20	9:20	0.78	18.2	1947.0	524.42	0.0

01-Jan-20	9:30	0.82	18.1	1957.9	524.49	0.0
01-Jan-20	9:40	0.86	18.1	1968.8	524.55	0.0
01-Jan-20	9:50	0.91	18.1	1979.6	524.62	0.0
01-Jan-20	10:00	0.96	18.1	1990.5	524.68	0.0
01-Jan-20	10:10	1.02	18.0	2001.3	524.75	0.0
01-Jan-20	10:20	1.09	18.0	2012.1	524.82	0.0
01-Jan-20	10:30	1.17	18.0	2022.9	524.88	0.0
01-Jan-20	10:40	1.47	18.0	2033.7	524.95	0.0
01-Jan-20	10:50	1.60	18.1	2044.6	525.01	0.0
01-Jan-20	11:00	1.76	18.2	2055.5	525.07	0.0
01-Jan-20	11:10	2.37	18.4	2066.5	525.14	0.0
01-Jan-20	11:20	2.68	18.8	2077.6	525.20	0.0
01-Jan-20	11:30	3.13	19.4	2089.1	525.27	0.0
01-Jan-20	11:40	3.78	20.5	2101.1	525.33	0.0
01-Jan-20	11:50	5.10	22.0	2113.8	525.41	0.0
01-Jan-20	12:00	13.26	24.8	2127.9	525.49	0.0
01-Jan-20	12:10	28.15	30.3	2144.4	525.58	0.0
01-Jan-20	12:20	7.88	39.4	2165.3	525.70	0.0
01-Jan-20	12:30	4.32	52.4	2192.8	525.86	0.0
01-Jan-20	12:40	3.44	70.6	2229.7	526.06	0.0
01-Jan-20	12:50	2.88	97.3	2280.1	526.33	0.0
01-Jan-20	13:00	2.51	133.5	2349.4	526.70	0.0
01-Jan-20	13:10	1.86	178.6	2443.0	527.18	0.0
01-Jan-20	13:20	1.68	231.9	2566.1	527.80	0.0
01-Jan-20	13:30	1.53	292.0	2723.3	528.55	0.0
01-Jan-20	13:40	1.22	357.0	2918.0	529.43	0.0
01-Jan-20	13:50	1.13	423.7	3152.2	530.43	0.0
01-Jan-20	14:00	1.06	488.0	3425.7	531.53	0.0
01-Jan-20	14:10	0.99	546.8	3736.1	532.69	0.0
01-Jan-20	14:20	0.93	600.1	4080.2	533.89	0.0
01-Jan-20	14:30	0.88	649.9	4454.7	535.10	17.1
01-Jan-20	14:40	0.84	697.3	4713.1	535.89	451.2
01-Jan-20	14:50	0.80	744.1	4799.5	536.14	658.7
01-Jan-20	15:00	0.77	792.1	4833.9	536.24	746.3
01-Jan-20	15:10	0.63	841.7	4857.6	536.31	808.5
01-Jan-20	15:20	0.60	891.1	4876.9	536.36	860.2
01-Jan-20	15:30	0.58	936.9	4894.6	536.41	908.7
01-Jan-20	15:40	0.55	976.6	4910.3	536.46	952.5
01-Jan-20	15:50	0.54	1009.7	4923.5	536.50	989.8
01-Jan-20	16:00	0.52	1037.0	4934.3	536.53	1020.8
01-Jan-20	16:10	0.50	1058.4	4942.9	536.55	1045.8
01-Jan-20	16:20	0.48	1072.3	4949.2	536.57	1064.0
01-Jan-20	16:30	0.47	1079.0	4952.9	536.58	1074.9
01-Jan-20	16:40	0.46	1080.5	4954.5	536.59	1079.4
01-Jan-20	16:50	0.44	1078.5	4954.5	536.59	1079.5
01-Jan-20	17:00	0.43	1073.6	4953.4	536.58	1076.2
01-Jan-20	17:10	0.42	1066.8	4951.5	536.58	1070.6
01-Jan-20	17:20	0.41	1058.8	4949.0	536.57	1063.3
01-Jan-20	17:30	0.40	1050.4	4946.2	536.56	1055.2
01-Jan-20	17:40	0.39	1042.0	4943.3	536.55	1046.8
01-Jan-20	17:50	0.38	1034.7	4940.6	536.55	1038.9
01-Jan-20	18:00	0.37	1029.1	4938.3	536.54	1032.4
01-Jan-20	18:10	0.32	1025.8	4936.7	536.54	1027.8
01-Jan-20	18:20	0.31	1025.1	4936.0	536.53	1025.6
01-Jan-20	18:30	0.30	1026.6	4936.0	536.53	1025.8
01-Jan-20	18:40	0.30	1029.6	4936.8	536.54	1027.9
01-Jan-20	18:50	0.29	1033.1	4937.9	536.54	1031.1
01-Jan-20	19:00	0.29	1036.1	4939.0	536.54	1034.4
01-Jan-20	19:10	0.28	1037.5	4939.8	536.54	1036.6
01-Jan-20	19:20	0.27	1036.7	4939.9	536.55	1037.1
01-Jan-20	19:30	0.27	1033.0	4939.2	536.54	1035.0
01-Jan-20	19:40	0.26	1026.5	4937.5	536.54	1030.1

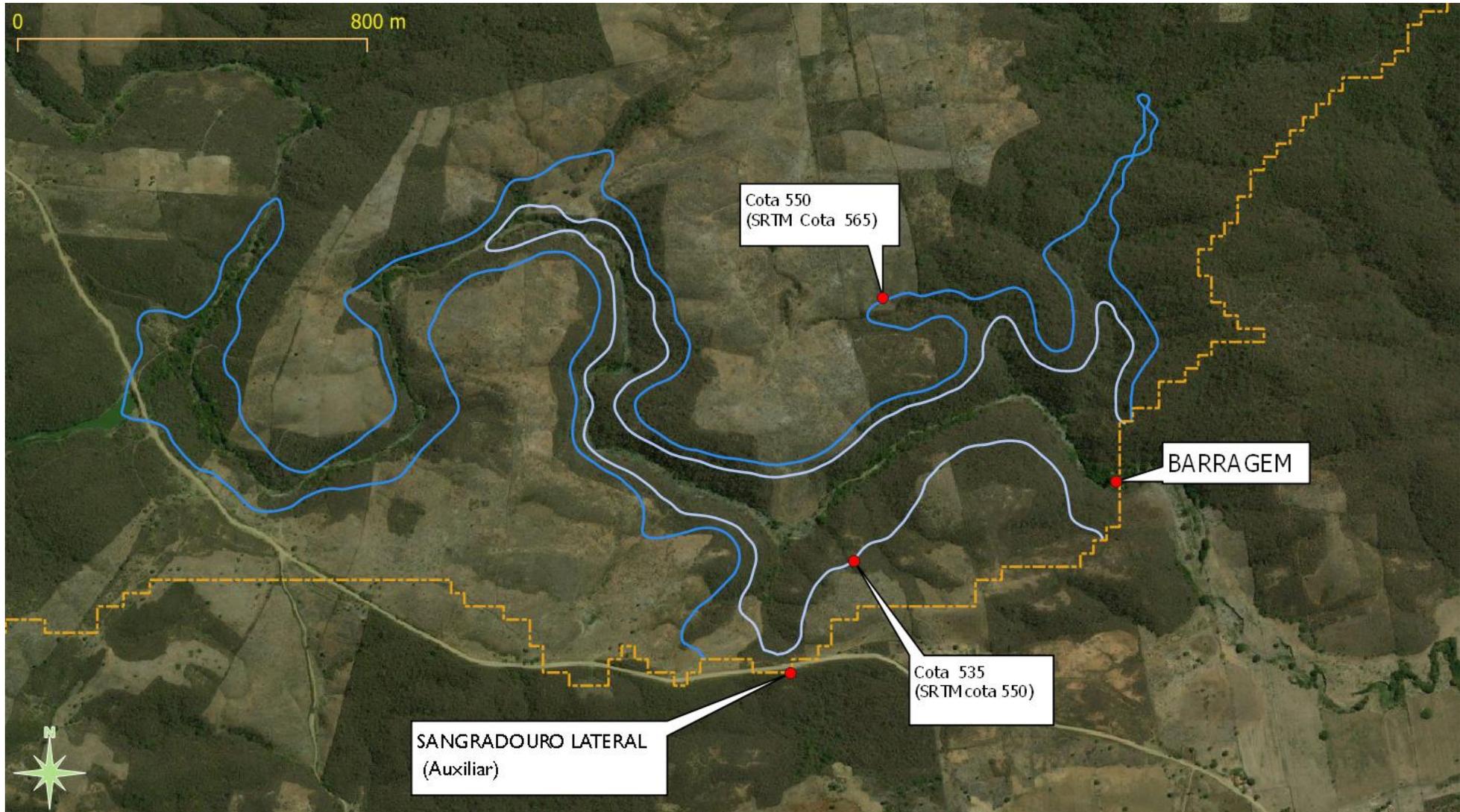
01-Jan-20	19:50	0.26	1017.5	4934.9	536.53	1022.6
01-Jan-20	20:00	0.26	1006.5	4931.5	536.52	1012.8
01-Jan-20	20:10	0.25	994.2	4927.5	536.51	1001.3
01-Jan-20	20:20	0.25	981.4	4923.1	536.50	988.9
01-Jan-20	20:30	0.24	968.5	4918.6	536.48	976.1
01-Jan-20	20:40	0.24	956.0	4914.1	536.47	963.4
01-Jan-20	20:50	0.24	944.1	4909.8	536.46	951.2
01-Jan-20	21:00	0.23	933.2	4905.7	536.45	939.8
01-Jan-20	21:10	0.23	923.3	4902.0	536.44	929.3
01-Jan-20	21:20	0.23	914.6	4898.6	536.43	919.9
01-Jan-20	21:30	0.22	906.8	4895.6	536.42	911.5
01-Jan-20	21:40	0.22	899.9	4892.9	536.41	904.1
01-Jan-20	21:50	0.22	893.8	4890.5	536.40	897.5
01-Jan-20	22:00	0.21	888.4	4888.4	536.40	891.7
01-Jan-20	22:10	0.21	883.5	4886.5	536.39	886.5
01-Jan-20	22:20	0.21	879.1	4884.8	536.39	881.8
01-Jan-20	22:30	0.20	875.0	4883.2	536.38	877.5
01-Jan-20	22:40	0.20	871.3	4881.8	536.38	873.6
01-Jan-20	22:50	0.20	867.6	4880.4	536.37	869.9
01-Jan-20	23:00	0.20	864.0	4879.1	536.37	866.2
01-Jan-20	23:10	0.19	860.2	4877.7	536.37	862.5
01-Jan-20	23:20	0.19	856.1	4876.3	536.36	858.6
01-Jan-20	23:30	0.19	851.4	4874.7	536.36	854.2
01-Jan-20	23:40	0.19	846.2	4872.9	536.35	849.4
01-Jan-20	23:50	0.19	840.3	4870.8	536.35	843.9
02-Jan-20	0:00	0.18	833.8	4868.6	536.34	837.8
02-Jan-20	0:10	0.00	826.5	4866.0	536.33	831.0
02-Jan-20	0:20	0.00	818.3	4863.2	536.32	823.3
02-Jan-20	0:30	0.00	809.2	4860.0	536.32	814.8
02-Jan-20	0:40	0.00	799.1	4856.4	536.31	805.3
02-Jan-20	0:50	0.00	788.0	4852.5	536.29	794.9
02-Jan-20	1:00	0.00	776.0	4848.2	536.28	783.5
02-Jan-20	1:10	0.00	763.2	4843.5	536.27	771.3
02-Jan-20	1:20	0.00	749.6	4838.5	536.25	758.2
02-Jan-20	1:30	0.00	735.3	4833.2	536.24	744.4
02-Jan-20	1:40	0.00	720.5	4827.6	536.22	730.0
02-Jan-20	1:50	0.00	705.2	4821.8	536.21	715.1
02-Jan-20	2:00	0.00	689.5	4815.8	536.19	699.7
02-Jan-20	2:10	0.00	673.6	4809.6	536.17	684.1
02-Jan-20	2:20	0.00	658.1	4803.3	536.15	668.4
02-Jan-20	2:30	0.00	643.3	4797.3	536.14	653.3
02-Jan-20	2:40	0.00	628.8	4791.3	536.12	638.6
02-Jan-20	2:50	0.00	614.1	4785.4	536.10	624.1
02-Jan-20	3:00	0.00	599.5	4779.4	536.08	609.5
02-Jan-20	3:10	0.00	585.1	4773.4	536.07	595.1
02-Jan-20	3:20	0.00	570.6	4767.4	536.05	580.7
02-Jan-20	3:30	0.00	556.0	4761.3	536.03	566.2
02-Jan-20	3:40	0.00	541.2	4755.1	536.01	551.6
02-Jan-20	3:50	0.00	526.5	4748.9	536.00	536.9
02-Jan-20	4:00	0.00	511.9	4742.7	535.98	521.9
02-Jan-20	4:10	0.00	497.5	4736.8	535.96	507.4
02-Jan-20	4:20	0.00	483.6	4730.9	535.94	493.3
02-Jan-20	4:30	0.00	470.3	4725.2	535.92	479.7
02-Jan-20	4:40	0.00	457.6	4719.7	535.91	466.6
02-Jan-20	4:50	0.00	445.4	4714.3	535.89	454.1
02-Jan-20	5:00	0.00	433.6	4709.1	535.88	442.1
02-Jan-20	5:10	0.00	422.3	4704.1	535.86	430.5
02-Jan-20	5:20	0.00	411.4	4699.2	535.84	419.4
02-Jan-20	5:30	0.00	400.9	4694.5	535.83	408.7
02-Jan-20	5:40	0.00	390.7	4689.8	535.82	398.3
02-Jan-20	5:50	0.00	380.8	4685.3	535.80	388.3
02-Jan-20	6:00	0.00	371.1	4680.9	535.79	378.5

02-Jan-20	6:10	0.00	361.6	4676.5	535.78	368.9
02-Jan-20	6:20	0.00	352.1	4672.1	535.76	359.4
02-Jan-20	6:30	0.00	342.8	4667.7	535.75	350.0
02-Jan-20	6:40	0.00	333.6	4663.4	535.74	340.8
02-Jan-20	6:50	0.00	324.7	4659.1	535.72	331.8
02-Jan-20	7:00	0.00	315.9	4654.8	535.71	322.9
02-Jan-20	7:10	0.00	307.5	4650.7	535.70	314.4
02-Jan-20	7:20	0.00	299.5	4646.7	535.68	306.1
02-Jan-20	7:30	0.00	291.9	4642.8	535.67	298.2
02-Jan-20	7:40	0.00	284.7	4639.1	535.66	290.7
02-Jan-20	7:50	0.00	277.9	4635.5	535.65	283.7
02-Jan-20	8:00	0.00	271.5	4632.2	535.64	277.0
02-Jan-20	8:10	0.00	265.4	4629.0	535.63	270.7
02-Jan-20	8:20	0.00	259.6	4625.9	535.62	264.6
02-Jan-20	8:30	0.00	254.0	4622.9	535.61	258.9
02-Jan-20	8:40	0.00	248.7	4620.0	535.60	253.3
02-Jan-20	8:50	0.00	243.5	4617.3	535.60	248.1
02-Jan-20	9:00	0.00	238.7	4614.6	535.59	243.0
02-Jan-20	9:10	0.00	234.1	4612.1	535.58	238.2
02-Jan-20	9:20	0.00	229.7	4609.6	535.57	233.7
02-Jan-20	9:30	0.00	225.5	4607.3	535.57	229.4
02-Jan-20	9:40	0.00	221.4	4605.0	535.56	225.2
02-Jan-20	9:50	0.00	217.4	4602.8	535.55	221.1
02-Jan-20	10:00	0.00	213.4	4600.6	535.54	217.0
02-Jan-20	10:10	0.00	209.4	4598.4	535.54	213.1
02-Jan-20	10:20	0.00	205.5	4596.2	535.53	209.1
02-Jan-20	10:30	0.00	201.7	4594.1	535.52	205.2
02-Jan-20	10:40	0.00	197.9	4591.9	535.52	201.4
02-Jan-20	10:50	0.00	194.2	4589.8	535.51	197.7
02-Jan-20	11:00	0.00	190.6	4587.8	535.51	194.1
02-Jan-20	11:10	0.00	187.1	4585.7	535.50	190.5
02-Jan-20	11:20	0.00	183.7	4583.7	535.49	187.0
02-Jan-20	11:30	0.00	180.3	4581.7	535.49	183.6
02-Jan-20	11:40	0.00	177.0	4579.8	535.48	180.2
02-Jan-20	11:50	0.00	173.7	4577.8	535.48	176.9
02-Jan-20	12:00	0.00	170.5	4575.9	535.47	173.7
02-Jan-20	12:10	0.00	167.5	4574.1	535.46	170.5
02-Jan-20	12:20	0.00	164.5	4572.2	535.46	167.5
02-Jan-20	12:30	0.00	161.7	4570.5	535.45	164.6
02-Jan-20	12:40	0.00	159.0	4568.8	535.45	161.7
02-Jan-20	12:50	0.00	156.4	4567.1	535.44	159.1
02-Jan-20	13:00	0.00	153.9	4565.6	535.44	156.5
02-Jan-20	13:10	0.00	151.6	4564.1	535.43	154.0
02-Jan-20	13:20	0.00	149.4	4562.6	535.43	151.7
02-Jan-20	13:30	0.00	147.3	4561.3	535.42	149.5
02-Jan-20	13:40	0.00	145.2	4559.9	535.42	147.4
02-Jan-20	13:50	0.00	143.3	4558.7	535.42	145.4
02-Jan-20	14:00	0.00	141.4	4557.4	535.41	143.4
02-Jan-20	14:10	0.00	139.6	4556.3	535.41	141.5
02-Jan-20	14:20	0.00	137.9	4555.1	535.41	139.8
02-Jan-20	14:30	0.00	136.3	4554.0	535.40	138.0
02-Jan-20	14:40	0.00	134.8	4553.0	535.40	136.4
02-Jan-20	14:50	0.00	133.4	4552.0	535.40	134.9
02-Jan-20	15:00	0.00	132.1	4551.1	535.39	133.5
02-Jan-20	15:10	0.00	131.0	4550.3	535.39	132.3
02-Jan-20	15:20	0.00	130.0	4549.6	535.39	131.1
02-Jan-20	15:30	0.00	129.1	4548.9	535.39	130.1
02-Jan-20	15:40	0.00	128.4	4548.4	535.39	129.3
02-Jan-20	15:50	0.00	127.7	4547.9	535.38	128.5
02-Jan-20	16:00	0.00	127.1	4547.4	535.38	127.8
02-Jan-20	16:10	0.00	126.7	4547.1	535.38	127.2
02-Jan-20	16:20	0.00	126.3	4546.7	535.38	126.8

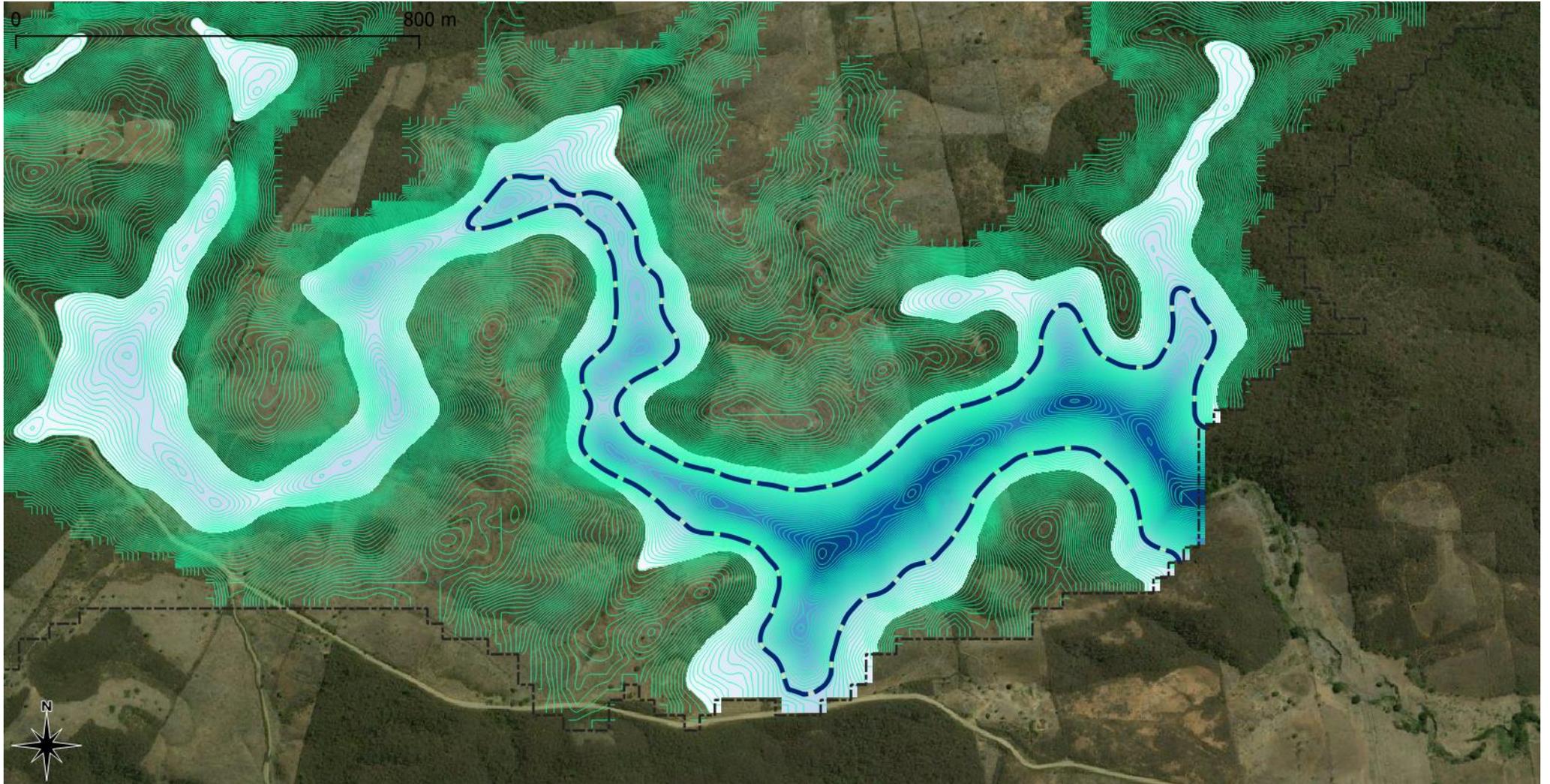
02-Jan-20	16:30	0.00	125.9	4546.5	535.38	126.4
02-Jan-20	16:40	0.00	125.7	4546.2	535.38	126.0
02-Jan-20	16:50	0.00	125.4	4546.1	535.38	125.7
02-Jan-20	17:00	0.00	125.2	4545.9	535.38	125.5
02-Jan-20	17:10	0.00	125.1	4545.8	535.38	125.3
02-Jan-20	17:20	0.00	124.9	4545.6	535.38	125.1
02-Jan-20	17:30	0.00	124.7	4545.5	535.38	124.9
02-Jan-20	17:40	0.00	124.5	4545.4	535.38	124.7
02-Jan-20	17:50	0.00	124.4	4545.3	535.38	124.6
02-Jan-20	18:00	0.00	124.2	4545.2	535.38	124.4
02-Jan-20	18:10	0.00	124.0	4545.1	535.38	124.2
02-Jan-20	18:20	0.00	123.9	4544.9	535.38	124.0
02-Jan-20	18:30	0.00	123.7	4544.8	535.37	123.9
02-Jan-20	18:40	0.00	123.5	4544.7	535.37	123.7
02-Jan-20	18:50	0.00	123.3	4544.6	535.37	123.5
02-Jan-20	19:00	0.00	123.2	4544.5	535.37	123.4
02-Jan-20	19:10	0.00	123.0	4544.4	535.37	123.2
02-Jan-20	19:20	0.00	122.8	4544.3	535.37	123.0
02-Jan-20	19:30	0.00	122.7	4544.2	535.37	122.9
02-Jan-20	19:40	0.00	122.5	4544.0	535.37	122.7
02-Jan-20	19:50	0.00	122.3	4543.9	535.37	122.5
02-Jan-20	20:00	0.00	122.2	4543.8	535.37	122.3
02-Jan-20	20:10	0.00	122.0	4543.7	535.37	122.2
02-Jan-20	20:20	0.00	121.8	4543.6	535.37	122.0
02-Jan-20	20:30	0.00	121.7	4543.5	535.37	121.8
02-Jan-20	20:40	0.00	121.5	4543.4	535.37	121.7
02-Jan-20	20:50	0.00	121.3	4543.3	535.37	121.5
02-Jan-20	21:00	0.00	121.2	4543.1	535.37	121.3
02-Jan-20	21:10	0.00	121.0	4543.0	535.37	121.2
02-Jan-20	21:20	0.00	120.8	4542.9	535.37	121.0
02-Jan-20	21:30	0.00	120.7	4542.8	535.37	120.8
02-Jan-20	21:40	0.00	120.5	4542.7	535.37	120.7
02-Jan-20	21:50	0.00	120.3	4542.6	535.37	120.5
02-Jan-20	22:00	0.00	120.2	4542.5	535.37	120.3
02-Jan-20	22:10	0.00	120.0	4542.4	535.37	120.2
02-Jan-20	22:20	0.00	119.8	4542.3	535.37	120.0
02-Jan-20	22:30	0.00	119.7	4542.1	535.37	119.8
02-Jan-20	22:40	0.00	119.5	4542.0	535.37	119.7
02-Jan-20	22:50	0.00	119.3	4541.9	535.37	119.5
02-Jan-20	23:00	0.00	119.2	4541.8	535.37	119.4
02-Jan-20	23:10	0.00	119.0	4541.7	535.37	119.2
02-Jan-20	23:20	0.00	118.8	4541.6	535.36	119.0
02-Jan-20	23:30	0.00	118.7	4541.5	535.36	118.9
02-Jan-20	23:40	0.00	118.5	4541.4	535.36	118.7
02-Jan-20	23:50	0.00	118.4	4541.3	535.36	118.5



Curvas de nível interpoladas do MNT (SRTM v4.1, resolução horizontal de 30m).



Arranjo esquemático do posicionamento da barragem e do(s) sangradouro(s).



Área inundável da cota 560 (cota 575 do SRTM). Área tracejada corresponde à cota 535 (550 do SRTM).

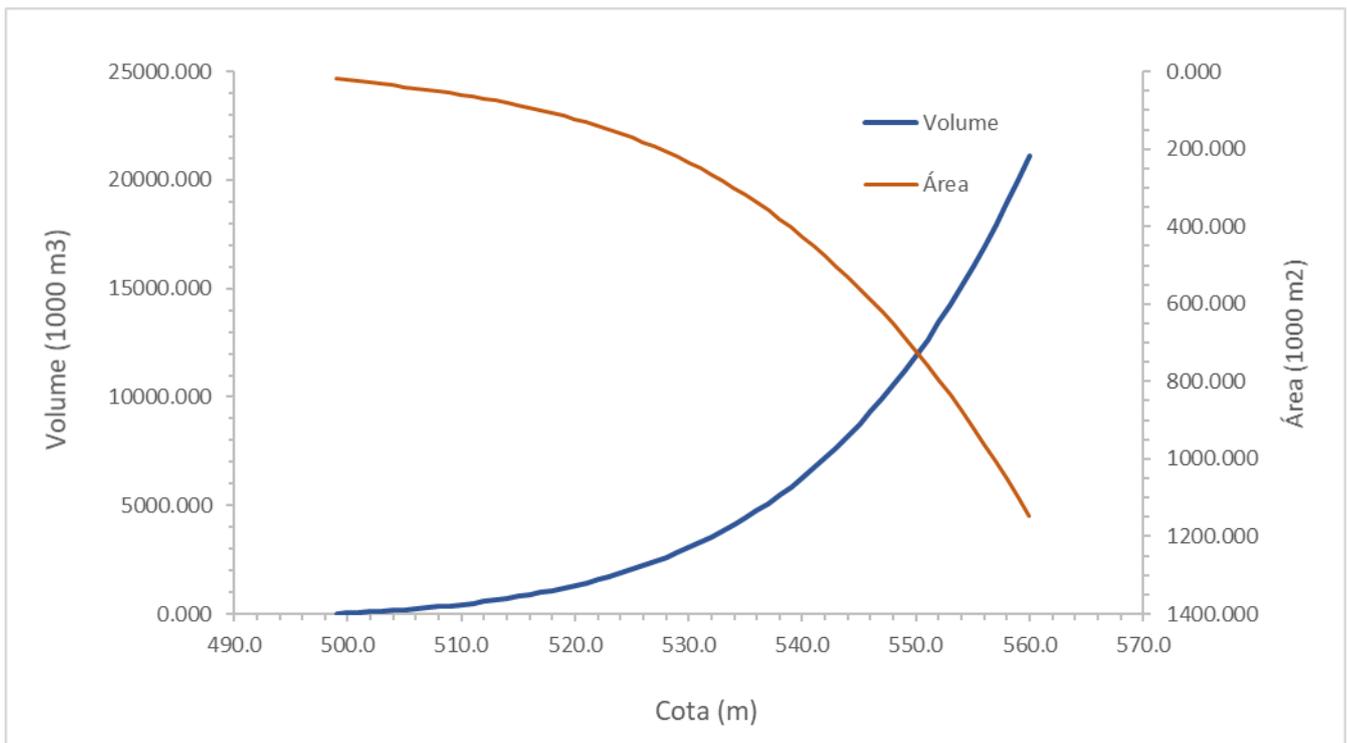
### Tabela cota-área-volume

Cota (m)	Área (m2)	Volume (m3)
496	0	0
498	4924	3847
499	18431	20508
500	21949	40709
501	25437	64406
502	28922	91583
503	32430	122249
504	35990	156443
505	39628	194229
506	43370	235698
507	47244	280968
508	51278	330186
509	55496	383523
510	59928	441178
511	64600	503378
512	69538	570377
513	74770	642454
514	80324	719917
515	86225	803101
516	92500	892366
517	99177	988100
518	106284	1090720
519	113845	1200667
520	121890	1318410
521	130444	1444446
522	139535	1579298
523	149190	1723516
524	159435	1877677
525	170298	2042386
526	181806	2218273
527	193985	2405997
528	206863	2606243
529	220466	2819722
530	234823	3047175
531	249959	3289367
532	265901	3547092
533	282676	3821168
534	300313	4112444
535	318837	4421793
536	338276	4750117
537	358656	5098344
538	380004	5467428
539	402348	5858351
540	425714	6272123
541	450130	6709779
542	475623	7172383
543	502219	7661024
544	529945	8176820
545	558828	8720913
546	588897	9294476

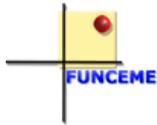
\*\*\*

\*\*\*

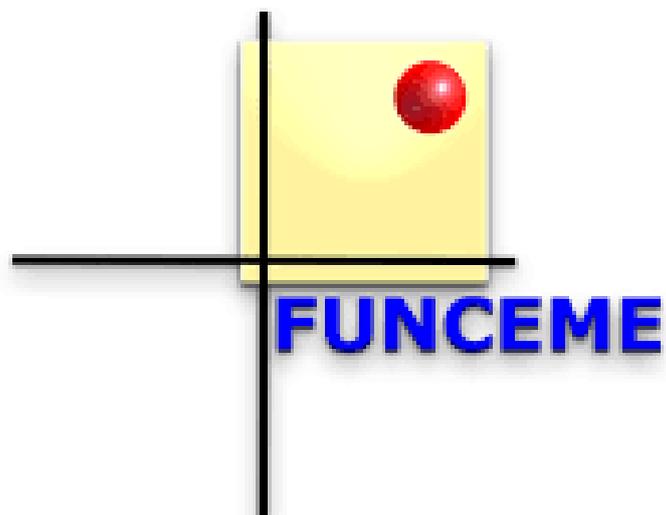
Cota (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
547	620176	9898706
548	652694	10534828
549	686477	11204094
550	721553	11907782
551	757948	12647200
552	795689	13423678
553	834804	14238578
554	875319	15093285
555	917261	15989215
556	960658	16927807
557	1005536	17910530
558	1051922	18938878
559	1099889	20014373
560	1147807	21138656



**Curva cota-área-volume**



FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA  
E RECURSOS HÍDRICOS  
*Governo do Estado do Ceará*



**FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE  
METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**

**AVALIAÇÃO DAS CHEIAS À JUSANTE DO EIXO PROJETADO DA BARRAGEM BERÊ**

## AVALIAÇÃO DAS CHEIAS À JUSANTE DO EIXO PROJETADO DA BARRAGEM BERÊ

### 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem o objetivo de fornecer dados adicionais referentes à avaliação das cheias a jusante do eixo proposto no relatório “Estudos Hidrológicos da Barragem Berê”, conforme solicitado no Ofício No. 317 / 2021 /GS-CE, datado de 25 de agosto de 2021.

As informações aqui apresentadas resultaram de uma análise completa da bacia hidrográfica que drena o riacho Jardim até chegar à seção da ponte de Jati, situada sobre a BR116, contígua à sede do município homônimo (Figura 1).

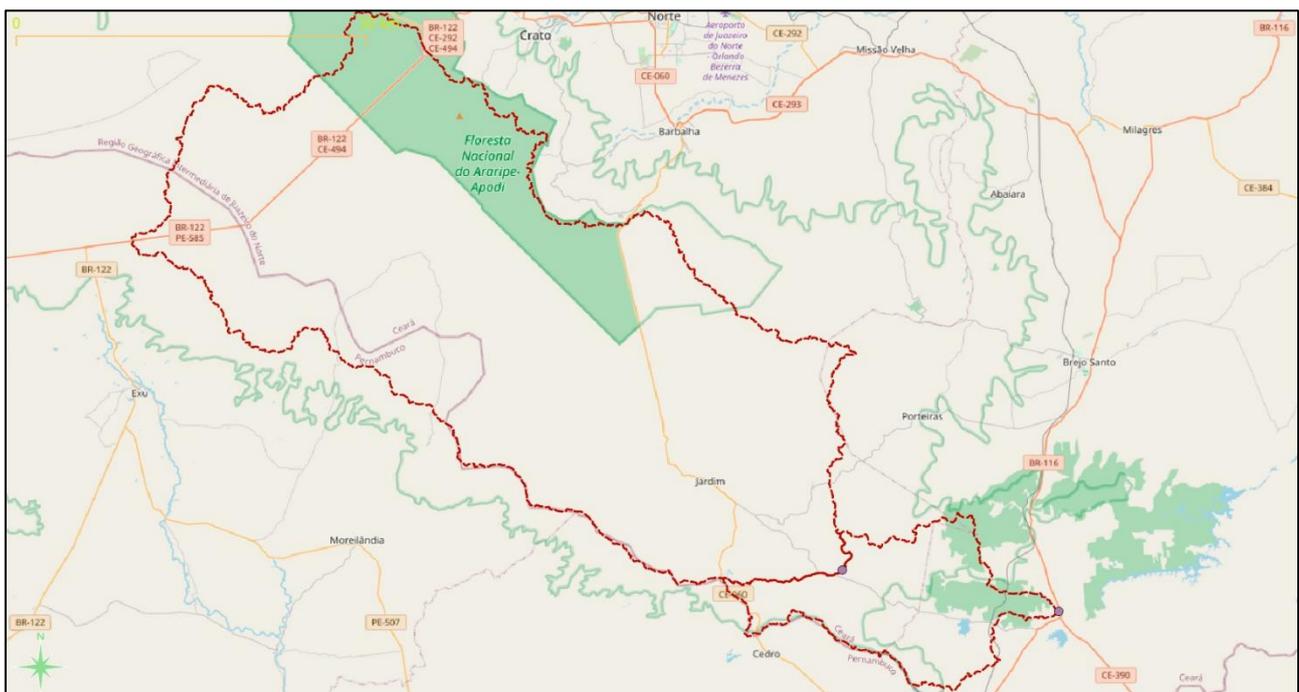


Figura 1: Localização da seção de controle da ponte de Jati e respectivas bacias hidrográficas (Berê e Jati)

### 2. DADOS E PARÂMETROS UTILIZADOS

Foram utilizados os dados provenientes do estudo hidrológico já efetuado. Além disso, foram levantadas as informações da bacia incremental à montante da seção Jati, a partir do eixo projetado da barragem Berê. A seção de Jati está à aproximadamente 25km da seção Berê, com um caminhamento ao longo do curso natural do riacho Jardim. A área incremental drenada de Jati é de 194 km<sup>2</sup>.

A figura 2 ilustra a situação das sub-bacias que serviram de base para as determinações produzidas neste relatório. A tabelas 1 apresentam os principais dados fisiográficos e parâmetros de entrada para a estimativa da cheias milenar e centenárias nas duas seções de interesse: Berê e Jati.

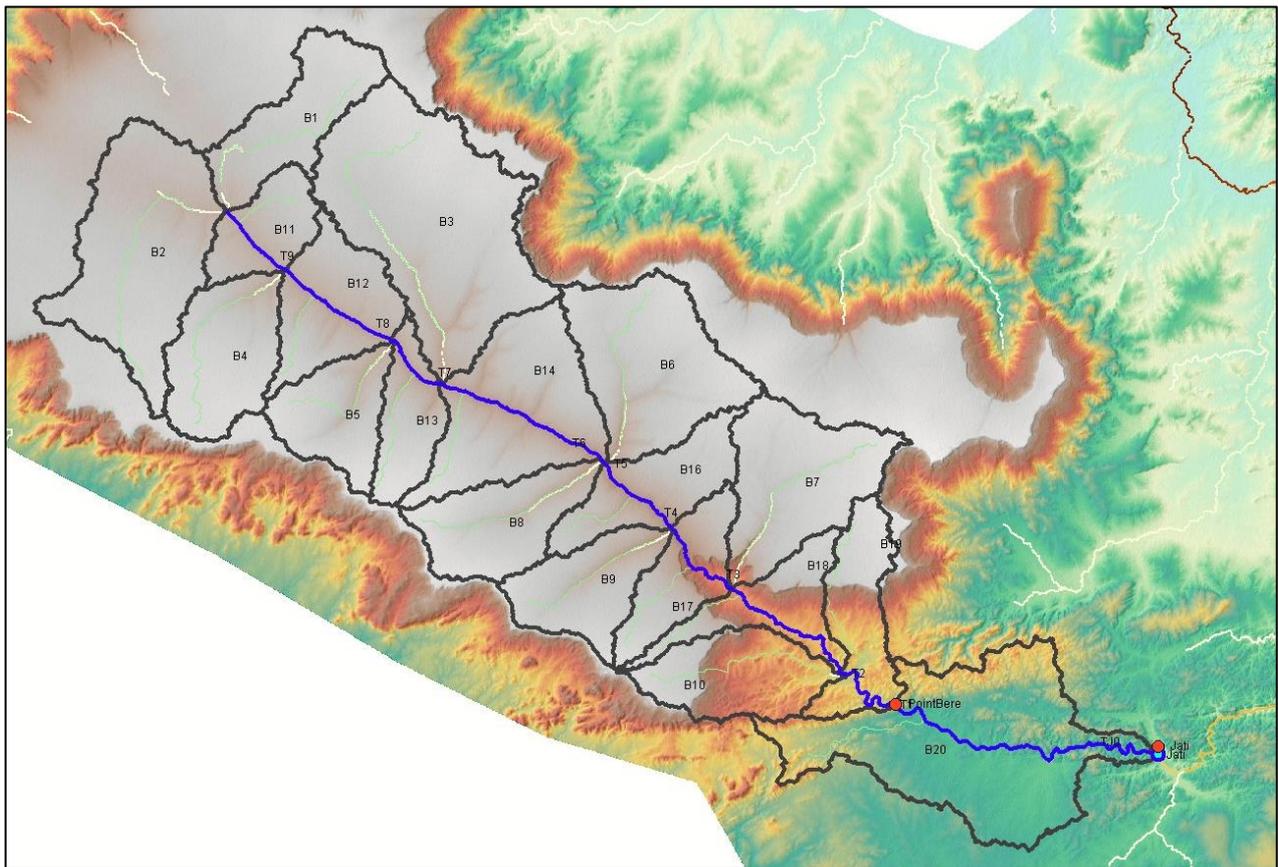


Figura 2: Sub-bacias utilizadas para a simulação das cheias

Tabela 1: Dados fisiográficos e parâmetros hidrológicos utilizados para o estudo de vazões máximas

Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Comprimento Max. do fluxo (km)	Declividade do talvegue (m/m)	Declividade média da bacia (m/m)	Tempo de concentração (h)	CN
B2	140.53	26.843	0.0036	0.0257	7.32	56
B1	69.239	23.577	0.0040	0.0258	6.33	54
B4	75.281	20.670	0.0049	0.0279	5.29	55
B11	42.991	12.948	0.0052	0.0287	3.62	53
B12	70.443	17.098	0.0061	0.0305	4.22	56
B5	55.829	14.635	0.0075	0.0327	3.45	55
B3	195.26	32.860	0.0036	0.0288	8.56	54
B13	44.205	14.931	0.0086	0.0334	3.33	54
B14	115.67	24.814	0.0059	0.0346	5.70	54
B6	112.81	19.369	0.0068	0.0326	4.44	54
B8	68.124	18.925	0.0077	0.0338	4.17	54
B9	61.974	16.181	0.0093	0.0353	3.43	56
B16	60.011	13.736	0.0080	0.0354	3.21	55
B7	98.776	21.147	0.0164	0.0385	3.39	64
B17	51.819	16.089	0.0206	0.0578	2.52	66
B18	67.448	24.248	0.0163	0.0764	3.78	73
B10	52.347	21.070	0.0187	0.0948	3.21	73
B19	60.766	25.571	0.0180	0.0858	3.79	76
B20	193.95	39.046	0.0068	0.0908	7.63	72

### 3. RESULTADOS

Além dos dados geométricos, foram estimados os parâmetros que do complexo solo - usos da terra, os quais, de acordo a metodologia do NCRS, determinam o comportamento da transformação chuva-vazão no caso de eventos de chuvas intensas. O hietograma da cheia milenar foi o mesmo utilizado no estudo da barragem Berê. O cálculo do hietograma da cheia centenária seguiu exatamente a mesma metodologia, mudando, é claro, a frequência da cheia máxima, agora com o tempo de retorno de 100 anos. Os detalhes do processo para estimar os hidrogramas afluentes com o método do SCS constam do estudo hidrológico da barragem Berê, acima citado. No apêndice é possível ver um resumo dos resultados, por sub-bacia, dos cálculos das vazões de máximas para as duas frequências de cheia, 100 e 1000 anos.

Como foi solicitada a avaliação da afluência à seção da ponte em Jati, foram obtidos dados geométricos da seção da estação fluviométrica mantida pela ANA, provenientes do banco de dados HIDROWEB. A figura 3 mostra uma ilustração do perfil da seção transversal do riacho Jardim. A partir destes dados, foram estimadas as características hidráulicas representativas do trecho do riacho Jardim.

Estes dados serviram para parametrizar o modelo de propagação da cheia no trecho do rio Jardim, à montante da ponte de Jati. Foi utilizado o método de Pulls modificado, utilizando como pontos de partida as curvas de armazenamento versus vazão. Estes parâmetros foram estimados a partir da geometria do canal natural e dos dados da curva de descarga em Jati. Como se pode ver na figura 3, o amortecimento da cheia neste trecho é muito pequeno em termos de volumes e vazões de pico. A defasagem do hidrograma afluente também é pequena, já que o trecho percorrido é relativamente curto (25.5 km).

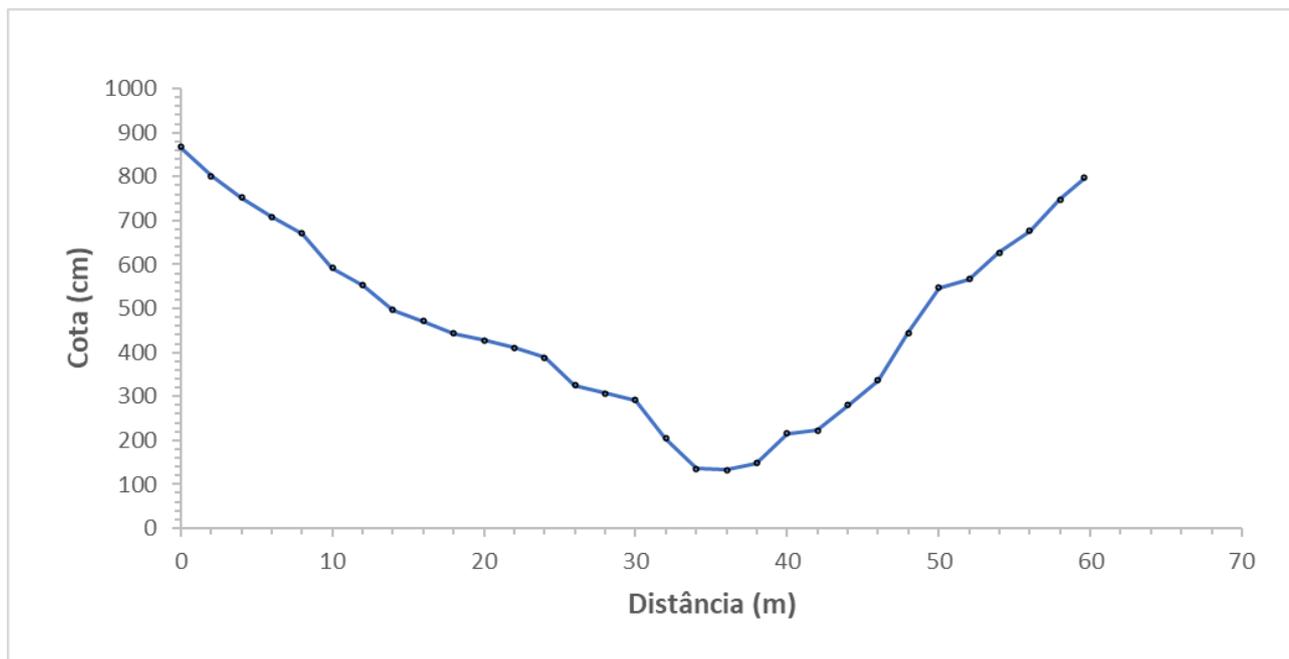
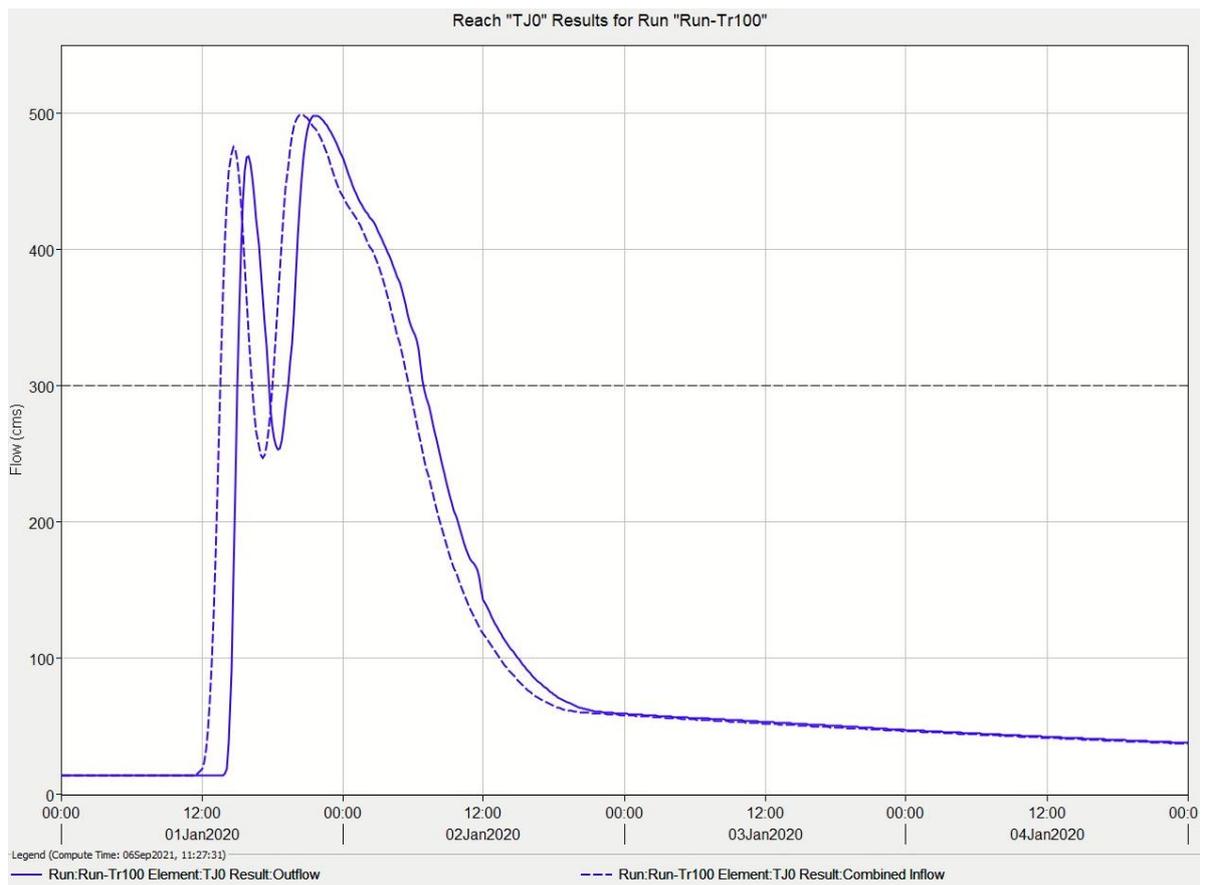
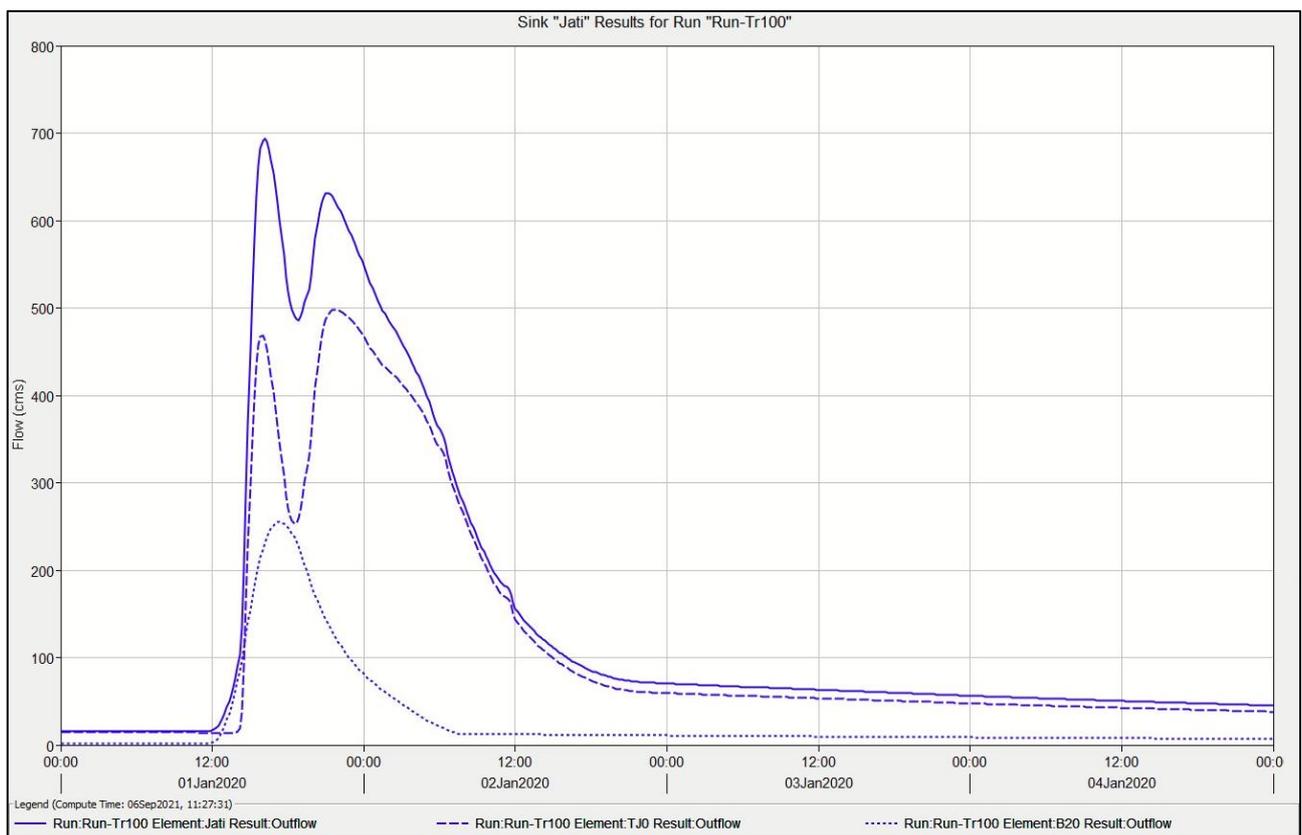


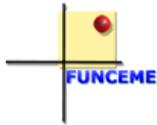
Figura 3: Seção transversal do riacho Jardim à montante da ponte de Jati (HIDROWEB – ANA)



**Figura 4: Amortecimento da cheia centenária desde a seção Berê até a ponte de Jati (BR116)**



**Figura 5: Composição dos hidrogramas afluentes da cheia centenária para a seção Jati**



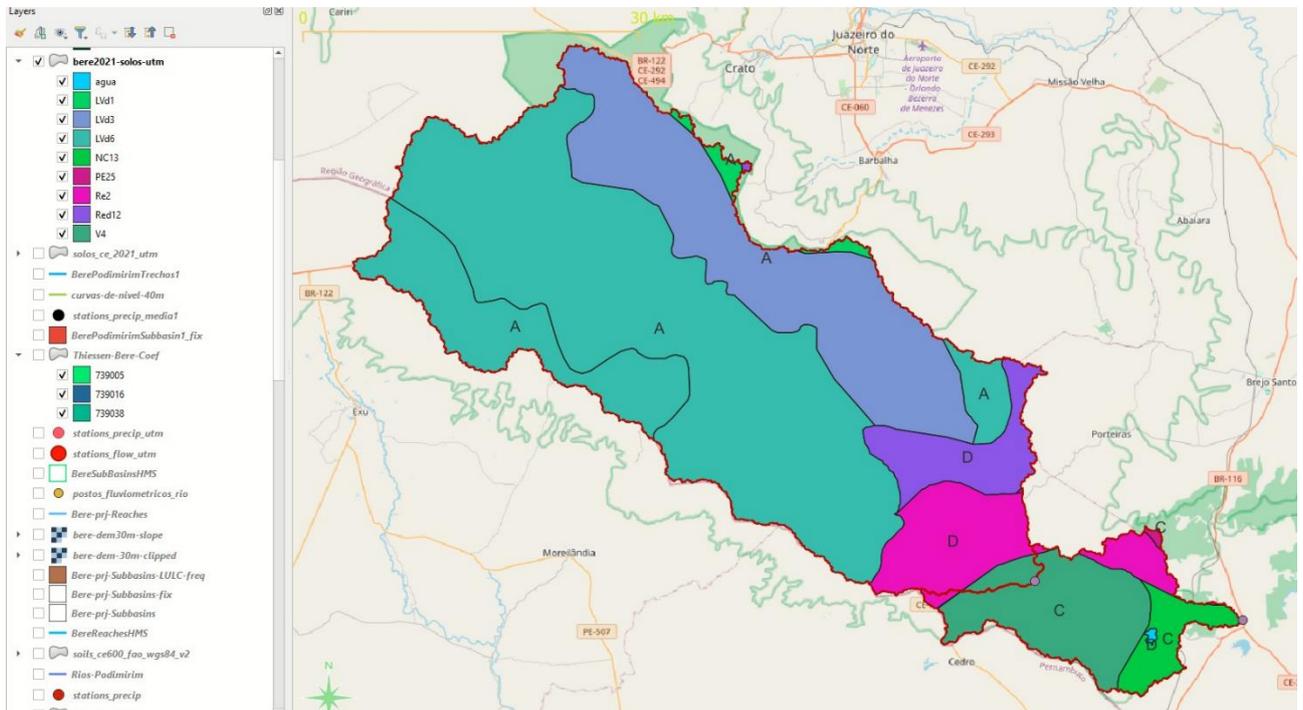
A figura 5 apresenta a composição dos hidrogramas afluentes, calculados para o tempo de retorno de 100 anos na seção Jati. Em seguida é mostrado um resumo geral (Tabela 2), com os principais resultados referentes às cheias de 100 anos. É importante notar que a reavaliação da cheia milenar resultou em uma vazão de pico praticamente idêntica ao valor da vazão milenar do estudo hidrológico do projeto da Barragem Berê. O valor da vazão máxima milenar recalculada foi de 1057 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão que consta no projeto é de 1085 m<sup>3</sup>/s. Os resultados para a vazão afluente centenária são apresentados na tabela 2, representando também a afluência a seção Berê e o deflúvio gerado na bacia incremental. O valor calculado da vazão afluente máxima à seção Jati, com tempo de retorno de 100 anos, foi de 693.9 m<sup>3</sup>/s.

**Tabela 2: Vazões máximas centenárias à montante da seção Jati**

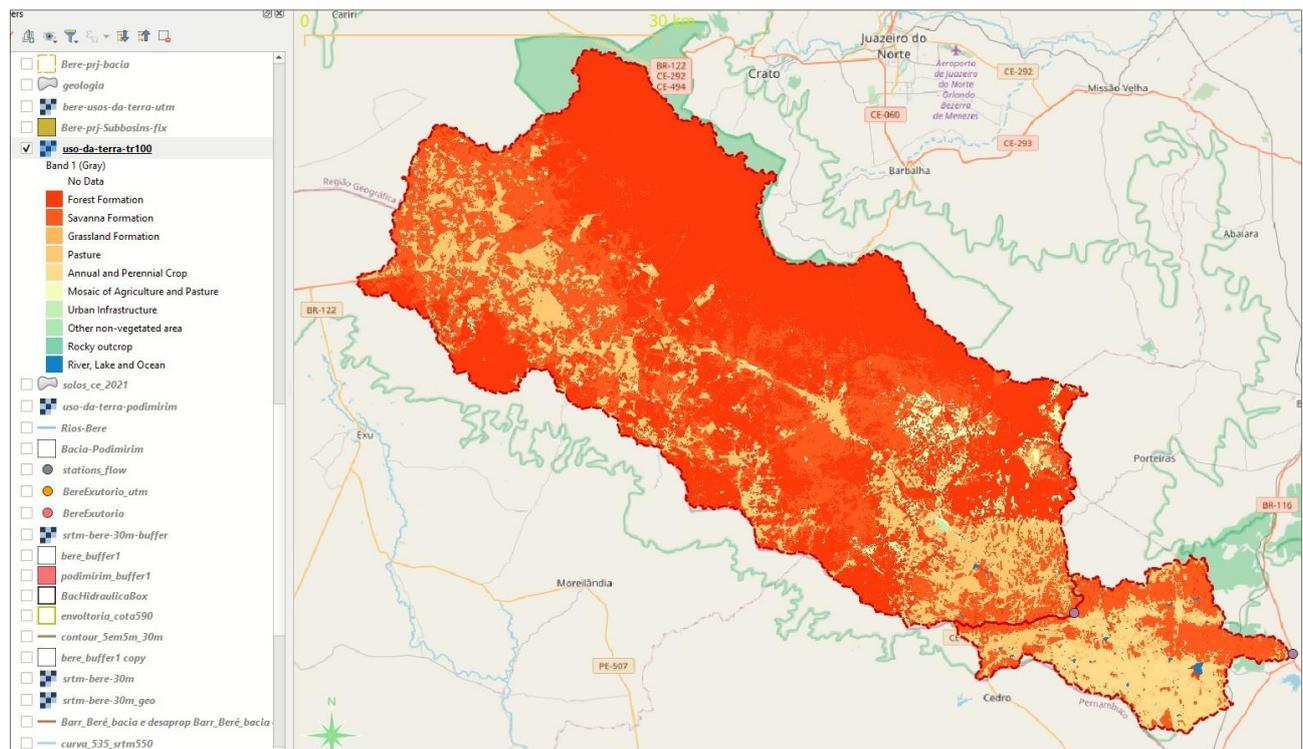
<b>Sub-bacia</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>BERE (Barragem projetada)</b>	1443.5	<b>498.3</b>
<b>B20 (incremental)</b>	194.0	<b>255.4</b>
<b>Jati (Seção à montante da Ponte)</b>	1637.473	<b>693.9</b>

## 4. APÊNDICE

### 4.1 GRUPOS DE SOLOS HIDROLÓGICOS



### 4.2 USOS DA TERRA



#### 4.3 CHUVAS INTENSAS PARA CONTRUÇÃO DOS HIETOGRAMAS

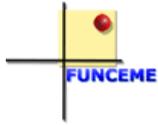
DURAÇÃO (h)	DURAÇÃO (min)	Chuvas de Projeto	
		100 anos	1000 anos
0.08	5	11.9	16.0
0.17	10	21.9	29.0
0.25	15	27.7	36.6
0.50	30	37.7	49.5
1.00	60	47.7	62.5
2.00	120	59.9	79.5
3.00	180	67.1	89.4
4.00	240	72.2	96.5
6.00	360	79.4	106.4
12.00	720	91.6	123.4
24.00	1440	103.9	140.4
<b>Diária</b>		94.4	127.6

#### 4.4 REAVALIAÇÃO DA CHEIA MILENAR

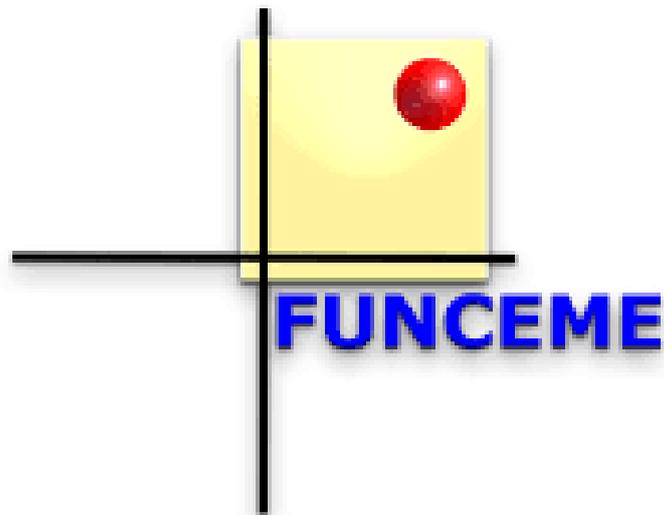
Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	Volume (mm)
B2	140.5	156.7	43.91
B1	69.2	75.6	40.32
T9	209.8	230.9	42.67
B4	75.3	99.6	44.26
B11	43.0	64.5	42.67
T8	328.0	340.4	42.86
B12	70.4	116.6	49.21
B5	55.8	99.5	48.73
T7	454.3	410.5	44.51
B3	195.3	171.6	38.21
B13	44.2	75.4	46.29
T6	693.8	595.1	42.72
B14	115.7	136	41.15
T5	809.4	656.8	42.49
B6	112.8	157.9	43.33
B8	68.1	99.7	43.95
T4	990.4	737.2	42.64
B9	62.0	123.9	52.55
B16	60.0	107.3	48.79
T3	1112.4	800.4	43.50
B7	98.8	296.6	77.04
B17	51.8	210.9	91.29
T2	1263.0	963.8	47.51
B18	67.4	307.1	110.70
B10	52.3	211.9	105.83
T1	1382.8	1024	52.76
B19	60.8	272.4	116.74
TJ0	1443.5	1057.5	55.10

#### 4.5 CÁLCULO DA CHEIA CENTENÁRIA NA SEÇÃO DE JATI

Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	Volume (mm)
B2	140.5	69.3	20.64
B1	69.2	31.5	18.11
T9	209.8	100.4	19.80
B4	75.3	42.3	20.18
B11	43.0	25.2	18.30
T8	328.0	147.3	19.66
B12	70.4	50.2	22.73
B5	55.8	41.2	21.87
T7	454.3	181	20.39
B3	195.3	72.9	17.35
B13	44.2	30.2	20.28
T6	693.8	260.9	19.50
B14	115.7	56.4	18.41
T5	809.4	289.2	19.35
B6	112.8	64.5	19.21
B8	68.1	40.5	19.43
T4	990.4	327	19.33
B9	62.0	52.6	24.04
B16	60.0	44.5	21.90
T3	1112.4	349	19.73
B7	98.8	150.6	40.59
B17	51.8	110.4	49.27
T2	1263.0	433.1	22.41
B18	67.4	178.9	65.33
B10	52.3	123.6	62.51
T1	1382.8	473.9	26.00
B19	60.8	165	71.18
TJ0	1443.5	<b>498.3</b>	27.75
B20	194.0	<b>255.4</b>	50.63
Jati	1637.473	<b>693.9</b>	30.46



FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA  
E RECURSOS HÍDRICOS  
*Governo do Estado do Ceará*



**FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE  
METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**

**CURVA DE GARANTIA ATUALIZADA DA BARRAGEM BERÉ**

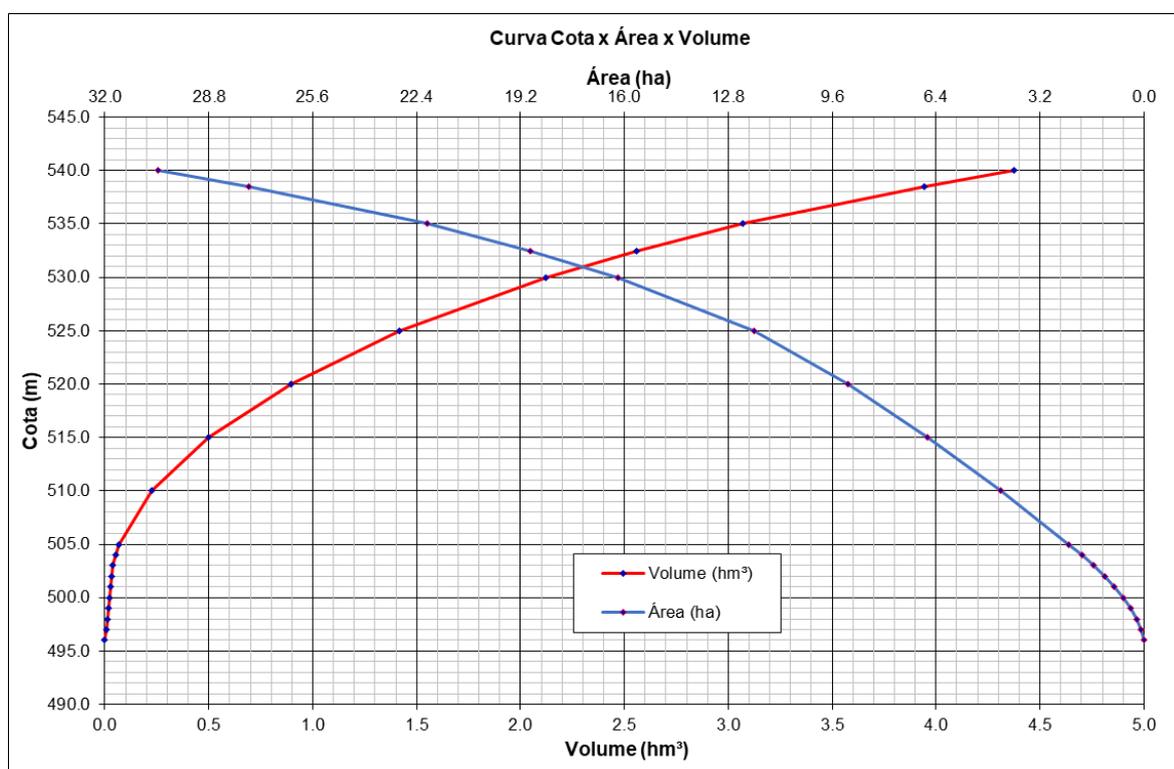
# AÇUDE BERÉ – EIXO 02

22/fev/2022

## COTA-ÁREA-VOLUME

Cota (m)    Área (ha)    Volume (hm<sup>3</sup>)

496.00	-	-	
497.00	0.089	0.006	
498.00	0.221	0.011	
499.00	0.406	0.017	
500.00	0.638	0.022	
501.00	0.909	0.028	
502.00	1.216	0.031	
503.00	1.553	0.039	
504.00	1.914	0.051	
505.00	2.297	0.068	
510.00	4.395	0.225	
515.00	6.675	0.501	
520.00	9.115	0.895	
525.00	11.993	1.419	
530.00	16.208	2.123	
532.50	18.883	2.560	soleira
535.00	22.065	3.072	
538.50	27.559	3.942	coroamento
540.00	30.369	4.378	



# PARÂMETROS

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA: 1443,5 km<sup>2</sup>

DEFLÚVIO MÉDIO: 31,25 mm

CV DOS DEFLÚVIOS: 1,3

EVAPORAÇÃO NA ESTAÇÃO SECA: 1116 mm

$V = 281,15 H^{2,5383}$  (morfologia da bacia hidráulica - curva altura-volume)

## CURVA DE GARANTIA

Garantia (%)	70	75	80	85	90	95	90
<b>Vazão regularizada (litros/segundo)</b>	73,4 (±3.7)	73,4 (±3.7)	73,4 (±3.7)	73,4 (±3.7)	53,8 (±2.7)	40,5 (±2.0)	34,7 (±1.7)
<b>Volume regularizado (hm<sup>3</sup>/ano)</b>	2.3133 (±0.116)	2.3133 (±0.116)	2.3133 (±0.116)	2.3133 (±0.116)	1.6964 (±0.085)	1.2757 (±0.0638)	1.0949 (±0.0547)

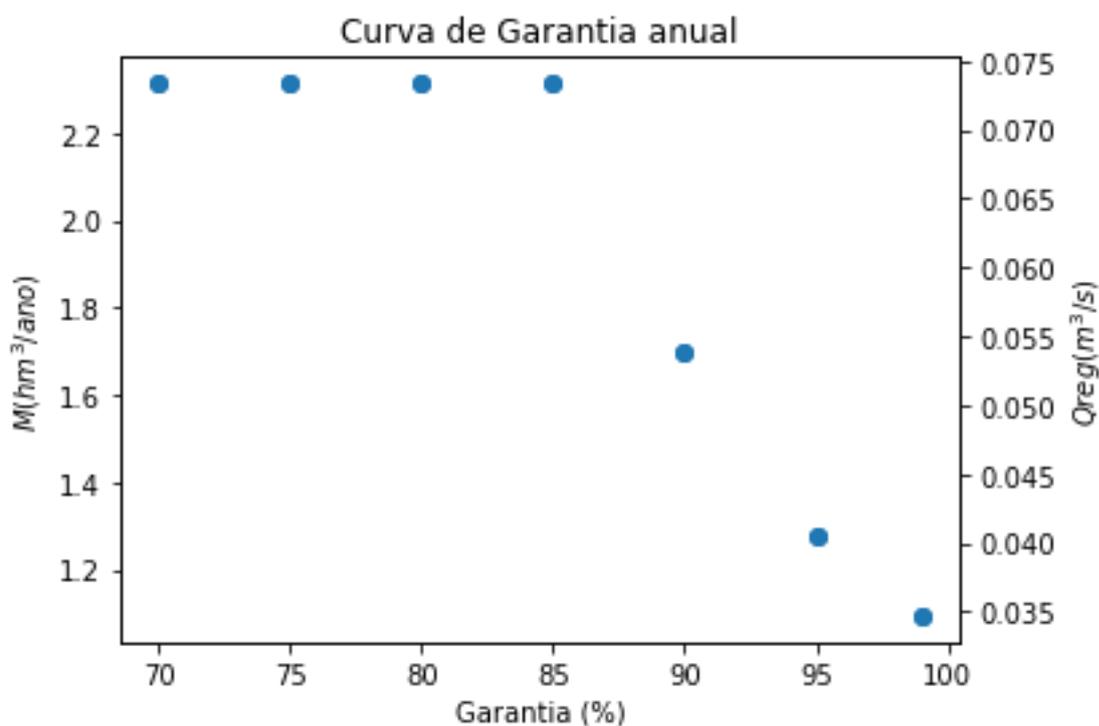


Figura 1 – Curva de garantia anual do açude Beré – Eixo 02

## FREQUÊNCIA DE SANGRIA

Garantia (%)	70	75	80	85	90	95	90
Frequência de sangria (%)	85,6	85,3	85,5	85,7	87,3	89,0	90,0

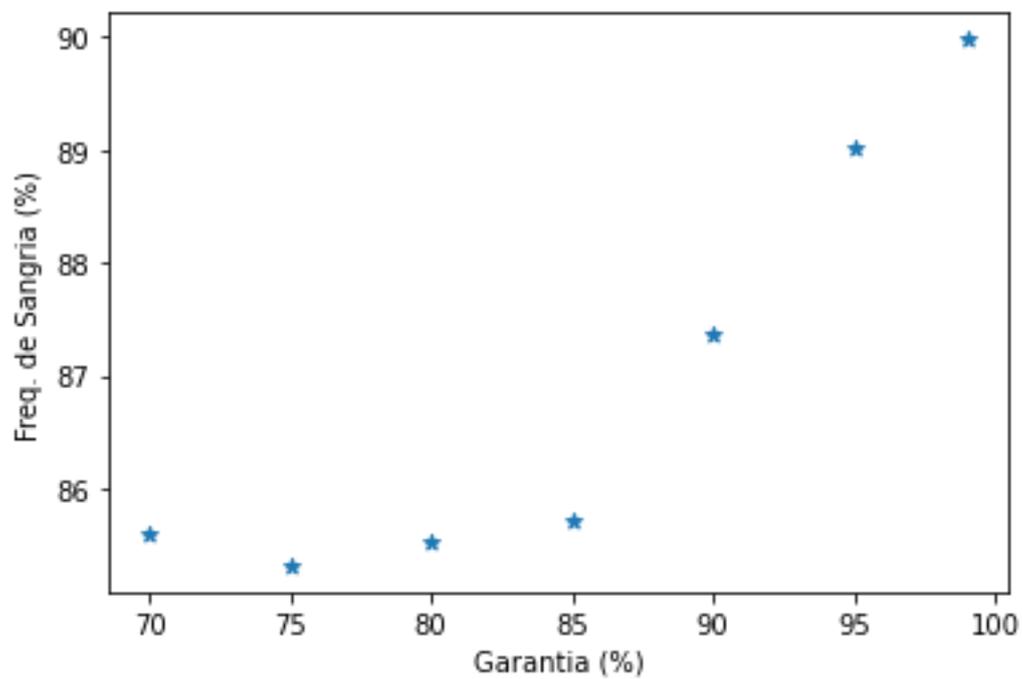


Figura 2 - Frequência de sangria por nível de regularização anual do açude Beré – Eixo 02