



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS
DE VIABILIDADE, ESTUDOS
AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL,
PLANO DE REASSENTAMENTO
E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO
NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA, NO
ESTADO DO CEARÁ**

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

**ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA
BARRAGEM**

VOLUME 1 - ESTUDOS BÁSICOS

Tomo 3 – Hidrologia



MAIO / 2020

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

VOLUME 1 – ESTUDOS BÁSICOS

TOMO 3 – HIDROLOGIA

MAIO/2020

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
03	25/05/2020	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Atendimento a solicitação da COGERH
02	05/05/2020	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Atendimento a solicitação da COGERH
01	10/02/2020	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Atendimento a solicitação da COGERH
00	10/09/2019	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Emissão Inicial

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O Consórcio IBI/TPF, com sede à Rua Silva Jatahy, 15 – 7º andar, na cidade de Fortaleza-Ceará, contratada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, através do Contrato Nº 009/2019/COGERH/CE, que tem por finalidade a “ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ”.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Partes, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são apresentados na sequência:

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

ETAPA A1 – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM – RELATÓRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA OBRA – RIO E ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL (EVA)

- Volume 1 - Relatório de Identificação de Obras – RIO
 - Tomo 1 – Estudos de Alternativas de Localização da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos
 - Tomo 2 – Estudos de Viabilidade Ambiental da Barragem Poço Comprido – EVA

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

- **Volume 1 – Estudos Básicos**
 - Tomo 1 – Topografia – Textos
 - Tomo 1A – Topografia – Desenhos
 - Tomo 2 – Cartografia – Textos
 - **Tomo 3 – Hidrologia – Textos**
 - Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos
 - Tomo 4.1 – Estudo dos Materiais Construtivos - Texto
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Sondagens e Ensaio Barragem e Vertedouro – Anexos I
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Ensaio das Jazidas – Anexos II.
- Volume 2 – Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1 – Relatório do Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos e Plantas
 - Tomo 1B – Memória de Cálculos

- Tomo 1C – Anexos

ETAPA A3 – RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE (RFV)

- Volume 1 – Relatório Final de Viabilidade

FASE B – ESTUDOS AMBIENTAIS, LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

ETAPA B1 – ESTUDOS DOS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE (EIA/RIMA)

- Volume 1 – Estudo de Impacto Ambiental – EIA
 - Tomo 1 – Relatório dos Estudos Básicos
 - Tomo 2 – Relatório do Diagnóstico Ambiental
 - Tomo 3 – Relatório da identificação a avaliação dos impactos ambientais
 - Tomo 4 – Minuta do Relatório Final do EIA/RIMA
 - Tomo 5 – Relatório Final do EIA/RIMA aprovado pela SEMACE

ETAPA B2 – LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

- Volume 1 – Levantamento Cadastral
 - Tomo 1 – Relatório Geral
 - Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação
 - Tomo 3 – Levantamentos Topográficos
- Volume 2 – Plano de Reassentamento
 - Tomo 1 – Diagnóstico
 - Tomo 2 – Relatório contendo a identificação e seleção de áreas destinadas a relocação da população e levantamento das infraestruturas atingidas
 - Tomo 3 – Relatório do Projeto Básico das Infraestruturas a ser relocadas – Plano de Relocação
 - Tomo 4 – Relatório Final da Relocação, Remanejamento da População e Infraestruturas

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto
- Tomo 2 – Desenhos
- Tomo 3 – Memória de Cálculo
- Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento
- Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento
- Tomo 6 – Relatório Síntese

ETAPA C2 – INSTRUIR A ELABORAÇÃO DO CERTIFICADO DA SUSTENTABILIDADE DE OBRA HÍDRICA – CERTOH

O presente relatório refere-se ao **Relatório de Estudos Básicos - TOMO 3 Hidrologia – Texto**; da Barragem Poço Comprido.

Este relatório tem como principal objetivo apresentar os estudos hidrológicos realizados para o local do eixo escolhido da barragem.

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 - GENERALIDADES.....	13
1.2 - PREMISSAS ADOTADAS NOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS – RISCOS, INCERTEZAS E IMPRECISÕES.....	13
2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
2.1 - BACIA HIDROGRÁFICA	16
2.2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA	18
2.3 - TOPOGRAFIA DA BACIA HIDRÁULICA (CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA)	20
2.4 - SOLOS	21
2.5 - VEGETAÇÃO.....	29
2.6 - GEOLOGIA GERAL	33
2.7 - GEOMORFOLOGIA (RELEVO)	36
2.8 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA	38
2.8.1 - Temperatura	39
2.8.2 - Umidade Relativa	40
2.8.3 - Insolação Média	41
2.8.4 - Nebulosidade	42
2.8.5 - Evaporação Total Média	42
2.8.6 - Evapotranspiração Potencial	43
2.8.7 - Intensidade dos Ventos	50
2.9 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER	51
2.10 - CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	52
3 - O REGIME DE CHUVAS INTENSAS NA BACIA	58
3.1 - OS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS POTENCIALMENTE UTILIZÁVEIS.....	58
3.2 - METODOLOGIA PARA CÁLCULO DAS CHUVAS INTENSAS.....	59
3.3 - SELEÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES E ESTIMATIVAS DOS VALORES DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS ANUAIS	62
3.4 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÕES DE 24 HORAS	63
3.5 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÃO DE 1 HORA.....	64
3.6 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÃO DE 1 HORA E DE 24 HORAS SOBRE A ÁREA DA BACIA.....	65
3.7 - CHUVA DE PROJETO.....	67
4 - ESTUDOS DE REGIME FLUVIAL	69
4.1 - DADOS FLUVIOMÉTRICOS DISPONÍVEIS	69
4.2 - ESTUDO DE VAZÕES AFLUENTES.....	73
4.3 - DADOS NECESSÁRIOS.....	76
5 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	81
5.1 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO POÇO COMPRIDO SEM INTERFERÊNCIA DE RESERVATÓRIOS A MONTANTE	81
5.1.1 - Simulação da série histórica.....	82
5.1.2 - Simulação das séries sintéticas	83
5.1.3 - Diagrama Triangular	85
5.2 - IMPACTO DOS RESERVATÓRIOS À MONTANTE E JUSANTE	86

5.3 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO POÇO COMPRIDO COM INTERFERÊNCIA DO RESERVATÓRIO CARMINA.....	88
5.3.1 - Impacto nas vazões afluentes do reservatório Carmina.....	88
5.3.2 - Impacto nas vazões regularizadas com interferência do reservatório Carmina.....	89
5.4 - AVALIAÇÃO DO CUSTO DAS ALTERNATIVAS	95
6 - ESTUDO DE CHEIAS.....	98
6.1 - O MÉTODO CURVA - NÚMERO	98
6.2 - O MÉTODO CHUVA-DEFLÚVIO ADOTADO.....	101
6.3 - DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA (PE)	102
6.4 - REPRESENTAÇÃO DA BACIA NO HEC-HMS	103
6.5 - IMPACTO DO RESERVATÓRIO DE MONTANTE (BARRAGEM CARMINA)	105
7 - DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO	112
7.1 - EQUAÇÃO DO VERTEDOURO.....	112
7.2 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO.....	112
7.3 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO – AMORTECIMENTO DAS CHEIAS MILENAR E DECAMILENAR	112
7.4 - IMPACTO DO RESERVATÓRIO DE MONTANTE	114
8 - ESTUDOS ADICIONAIS	116
8.1 - ESTUDO DE PROBABILIDADE DE ENCHIMENTO	116
8.2 - ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO	117
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Dados Físicos da Bacia do Açude (Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido).....	17
Quadro 2.2 - Dados Físicos da Bacia do Açude (Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido).....	19
Quadro 2.3 - Cota x Área x Volume	20
Quadro 2.4 - Síntese das principais unidades pedológicas da Bacia do Acaraú	21
Quadro 2.5 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C).....	40
Quadro 2.6 - Umidade Relativa Média	40
Quadro 2.7 - Insolação Média.....	41
Quadro 2.8 - Nebulosidade.....	42
Quadro 2.9 - Evaporação total média.	42
Quadro 2.10 – Evapotranspiração potencial mensal.....	43
Quadro 2.11 – Evapotranspiração potencial mensal - Hargreaves.....	45
Quadro 2.12 – Evapotranspiração potencial mensal - Penman-Monteith	49
Quadro 2.13 – Intensidade e direção média mensal dos ventos	50
Quadro 2.14 - Postos pluviométricos na região da bacia hidrográfica.....	52
Quadro 2.15 - Precipitação média mensal dos postos pluviométricos.....	53
Quadro 2.16 - Influência dos Postos na Bacia Hidrográfica do açude da barragem de Poço Comprido.....	54
Quadro 2.17 - Precipitação média mensal dos postos pluviométricos.....	55

Quadro 3.1 – Área de influência dos postos na bacia hidrográfica do açude Poço Comprido.	58
Quadro 3.2 – Resultados dos testes de aderência das distribuições testadas.	63
Quadro 3.3 - Precipitação máxima (mm) com durações de 1 dia para os períodos de retorno de 1.000 anos e 10.000 anos.	63
Quadro 3.4 - Precipitações máximas com duração de 24 horas (em milímetros).	64
Quadro 3.5 - Precipitações máximas intensas com duração de 1 hora (mm) associadas aos períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos	65
Quadro 3.6 - Precipitações máximas intensas com duração de 6 minutos, 1 hora e de 24 horas (mm) associadas aos períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos	66
Quadro 3.7 - Distribuição acumulada da chuva sobre a bacia da Barragem Poço Comprido.	66
Quadro 4.1 - Série histórica de vazões médias mensais (m ³ /s) no posto fluviométrico de Trapiá	70
Quadro 4.2 - Série histórica de precipitações mensais (mm) na bacia de contribuição do posto fluviométrico de Trapiá	71
Quadro 4.3 - Série histórica de precipitações mensais (mm) na bacia hidrológica	72
Quadro 4.4 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido em m ³ /s.	78
Quadro 5.1 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias na simulação da série histórica	82
Quadro 5.2 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%	83
Quadro 5.3 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias	84
Quadro 5.4 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%	84
Quadro 5.5 – comparativo do método de simulação x diagrama triangular	86
Quadro 5.6 – Reservatórios na sub bacia do rio Macacos	87
Quadro 5.7 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido considerando o açude Carmina em m ³ /s.	88
Quadro 5.8 – CAV do reservatório Carmina	90
Quadro 5.9 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao Carmina em m ³ /s	91
Quadro 5.10 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias na simulação da série histórica considerando o reservatório de montante(Carmina)	93
Quadro 5.11 – Impacto dos Vertimentos do Carmina	93
Quadro 5.12 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%	93
Quadro 5.13 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias considerando o reservatório a montante(Carmina)	94
Quadro 5.14 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90% considerando o reservatório a montante(Carmina)	94
Quadro 5.15 – custo de construção de cada alternativa e de volume regularizado anualmente	96
Quadro 6.1 – Características Fisiográficas da Bacia do Carmina	106
Quadro 6.2 – Vazões de projeto	108
Quadro 7.1 - Resultados dos estudos de cheia Tr=1.000 anos	113
Quadro 7.2 - Resultados dos estudos de cheia Tr=10.000 anos	113
Quadro 7.3 - Resultados dos estudos de cheia Tr=1.000 anos(com a barragem Carmina)	114
Quadro 7.4 - Resultados dos estudos de cheia Tr=10.000 anos(Com a barragem Carmina)	114
Quadro 8.1 – Determinação da taxa de assoreamento (ϕ)	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Exemplo da metodologia utilizada para delimitação da bacia hidrográfica	16
Figura 2.2 -Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem.....	17
Figura 2.3 - Mapa hipsométrico	18
Figura 2.4 - Curva Hipsométrica da bacia.....	20
Figura 2.5 - Curva Cota x Área x Volume - Barragem Poço Comprido.....	21
Figura 2.6 - Mapa de Solos (6A) Mapa de Vegetação (6B).....	32
Figura 2.7 - Província Borborema: principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento. (BIZZI et al, 2003).....	34
Figura 2.8 - Mapa Geológico (8A) Mapa Geomorfológico (8B).....	37
Figura 2.9 – Localização das estações meteorológicas (INMET) próximas - Barragem Poço Comprido.....	39
Figura 2.10 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.....	40
Figura 2.11 - Umidade Relativa Média.....	41
Figura 2.12 - Insolação total média.....	41
Figura 2.13 - Nebulosidade.....	42
Figura 2.14 - Evaporação total média.....	43
Figura 2.15 – Evapotranspiração potencial mensal – Normais climatológicas	43
Figura 2.16 – Evapotranspiração potencial mensal (máxima, mínima e média) – Hargreaves	46
Figura 2.17 – Evapotranspiração potencial mensal (máxima, mínima e média) – Penman-Monteith.....	50
Figura 2.18 - Intensidade média mensal dos ventos (m/s)	51
Figura 2.19 - Classificação climática de Köppen-Geiger para a Bacia hidrográfica da barragem Poço Comprido. (Alvares et. al, 2013)	51
Figura 2.20 - Estações Pluviométricas próximas ao açude da barragem de Poço Comprido.....	53
Figura 2.21 - Polígono de Thiessen realizado para a região do açude da barragem de Poço Comprido.....	54
Figura 2.22 - O regime de chuvas no posto Catunda.....	55
Figura 2.23 - O regime de chuvas na bacia por Thiessen	56
Figura 3.1 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos na bacia da barragem Poço Comprido.....	59
Figura 3.2 - Isozonas de igual relação. (Fonte: Torrico, 1975)	61
Figura 3.3 - Isozonas do estado do Ceará. (Fonte: Batista, 2018)	64
Figura 3.4 - Chuvas intensas espaciais.....	65
Figura 3.5 – Hietograma para $Tr = 1.000$ anos.....	67
Figura 3.6 – Hietograma para $Tr = 10.000$ anos.....	67
Figura 4.1 - Localização dos postos fluviométricos na região de estudo em destaque o posto fluviométrico Trapiá (35240000)	69
Figura 4.2– Sobreposição das bacias: bacia de contribuição do posto fluviométrico Trapiá (branco) e bacia hidrológica do eixo barrável (cinza).....	70
Figura 4.3 - Esquema do modelo SMAP mensal.....	74
Figura 4.4 - Comparativo entre as vazões calculadas pelo modelo SMAP e vazões medidas no rio	77
Figura 4.5 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido em m^3/s	77

Figura 4.6 – Boxplot das vazões pseudo-histórica anuais afluentes ao reservatório Poço Comprido, em m ³ /s	78
Figura 5.1 – Volume anual regularizado para uma garantia de 90%	85
Figura 5.2 – Comparativo entre os métodos (S – Simulação; T – Diagrama Triangular) para uma garantia de 90% e diferentes cotas (eixo x)	86
Figura 5.3 – Bacias hidrográficas dos açudes monitorados pela COGERH.	87
Figura 6.1 – Mapa de CN da Bacia do Reservatório Poço Comprido.....	101
Figura 6.2 – Hidrograma unitário sintético do soil conservation servisse.....	102
Figura 6.3 – Representação da bacia do Poço Comprido no HEC-HMS.....	103
Figura 6.4 – Vazão de projeto para TR = 1.000 anos.....	104
Figura 6.5 – Vazão de projeto para TR = 10.000 anos.....	105
Figura 6.6 – Esboço das Bacias Hidrográficas.....	106
Figura 6.7 – Representação da bacia do Poço Comprido no HEC-HMS.....	108
Figura 6.8 – Vazão de projeto para TR = 1.000 anos.....	108
Figura 6.9 – Vazão de projeto para TR = 10.000 anos.....	109
Figura 6.10 – Cheia na Bacia do Poço Comprido para período de retorno de 1.000 anos .	109
Figura 6.11 – Cheia na Bacia do Poço Comprido para período de retorno de 10.000 anos	110
Figura 8.1 – Curva de Probabilidade de Enchimento	117

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O presente documento é parte integrante da Fase A dos estudos de viabilidade, e compõe um dos produtos dos estudos básicos da Barragem Poço Comprido, a ser construída no Município de Santa Quitéria, no Estado do Ceará, objeto do Contrato Nº009/2019/COGERH/CE, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido, no Município de Santa Quitéria, no Estado do Ceará”, firmado entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e o CONSÓRCIO IBI/TPF, como decorrência da citada empresa ter sido vencedora do processo licitatório previsto no Edital de Concorrência Pública Nº 20170001/COGERH/CCC.

1.1 - GENERALIDADES

O presente documento apresenta o **Estudo Hidrológico da Barragem de Poço Comprido**, situada no rio Macacos, município de Santa Quitéria, Estado do Ceará. Os Estudos Hidrológicos objetivam fornecer os elementos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas de descarga da referida obra.

Os estudos iniciaram-se com a caracterização da área, tendo-se coletado e analisado informações de estações climáticas próximas. O uso do solo na bacia hidrográfica foi objeto de avaliação, baseado em estudos desenvolvidos anteriormente.

Em seguida, nos estudos pluviométricos, coletaram-se e analisaram-se as informações de estações próximas à região. Foram elaborados dois estudos a partir dos dados de chuvas:

- Estudo de caracterização do regime pluviométrico;
- Estudos de chuvas intensas.

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais utilizando um método chuva-deflúvio calibrado para o posto fluviométrico imediatamente à montante do eixo barrável.

No capítulo seguinte, são apresentados os estudos de cheias de 1.000 anos e 10.000 anos de período de retorno afluentes à barragem. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se modelo hidrológico baseado no método do SCS (Soil Conservation Service), o modelo HEC-HMS desenvolvido pela US Army Corps of Engineers.

1.2 - PREMISSAS ADOTADAS NOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS – RISCOS, INCERTEZAS E IMPRECISÕES

Dentre as diversas disciplinas que compõem os diferentes escopos das áreas de

engenharia, certamente a hidrologia de águas superficiais é a que apresenta maior dependência das análises de risco e incerteza dos eventos de interesse, no caso específico, da previsão das chuvas que se constitui na principal entrada de dados do ciclo hidrológico natural.

A hidrologia é cercada de riscos, incertezas e imprecisões. Raftery (1994) difere a noção de riscos e incertezas pela natureza de seus atributos: o risco tem atributos quantificáveis, enquanto que a incerteza não os tem. Ao risco poderia sempre ser associada uma função densidade de probabilidade, enquanto que a incerteza não permitiria esta associação (VIEIRA, 2005).

Por seu lado, as imprecisões são concernentes à descrição do significado semântico dos eventos, fenômenos ou das próprias afirmações, os quais Zimmermann (1991) denominou de difusibilidade.

Segundo McCuen (1996), a variabilidade espacial e temporal das precipitações torna impossível a previsão de longo prazo da ocorrência de chuvas em um determinado local e em uma determinada quantidade, com exatidão.

As imprecisões são decorrentes da alta complexidade dos processos hidrológicos, tais como as chuvas e o escoamento superficial que, em função da variabilidade de escalas temporal e espacial dos estudos, não permitem a construção de uma teoria completa e unificada dos mesmos.

Ademais, mesmo que tivéssemos uma informação hidrológica perfeita, o custo econômico para construção de obras que contemplassem uma otimização da disponibilidade de água em toda sua variabilidade, desde as secas até as inundações, seria ainda assim proibitivo.

Assim, estes três fatores (incertezas, imprecisões e limitações econômicas) são justamente a razão pela qual não podemos oferecer soluções para todos os problemas decorrentes da variabilidade espacial e temporal das chuvas (McCUEN, 1996).

Para lidar com esta problemática dos estudos hidrológicos, lançamos a mão de modelos estatísticos e determinísticos para mimetizar e simplificar a complexidade dos processos físicos reais envolvidos, cientes de que os mesmos representam uma forma idealizada daquela realidade e que, portanto, guardam incertezas e imprecisões. No entanto, se for possível quantificar objetivamente os riscos envolvidos nos estudos, poderemos “domar” as incertezas e imprecisões minimizando a subjetividade de julgamento destas dentro de nosso juízo de valores.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 - BACIA HIDROGRÁFICA

Por definição, uma bacia hidrográfica é determinada espacialmente por divisores topográficos (cotas elevadas), de forma que a água, precipitada internamente nesses divisores, obrigatoriamente irá escoar através da sua seção exutória. Para a delimitação da bacia, se faz necessário o conhecimento prévio do relevo ou topografia da região.

Para esta avaliação morfológica do local de estudo, utilizou-se a imagem de um modelo digital de elevação (MDE) derivado da imagem SRTM, obtida pelo projeto Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata) em escala 1:250.000, com curvas de nível a cada 30 metros. O MDE é um arquivo tipo raster, formado por pixels com informações de coordenadas e elevação, possibilitando a representação contínua das superfícies.

Empregou-se a ferramenta computacional Qgis versão 3.8.0 (www.qgis.org) junto ao plug in Grass na versão 7.0, onde, primeiramente, a imagem foi reprojetaada, passando do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas; esse procedimento foi necessário para determinação de área e perímetro.

O mapeamento das regiões de declividades do terreno propiciou uma maior precisão para a delimitação da bacia de contribuição, como pode-se observar na **Figura 2.1**, que apresenta o exemplo de um determinado local do contorno da bacia, no qual é possível verificar o traçado dos limites sobre os divisores de declividade gerado automaticamente pelo Qgis.

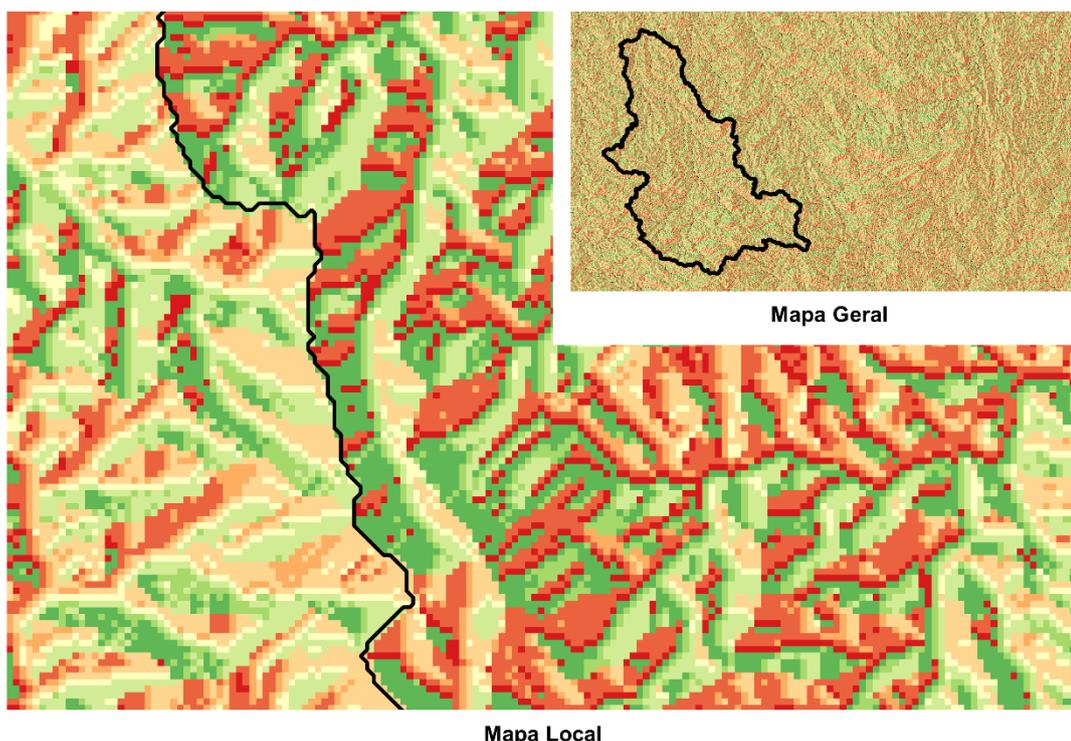


Figura 2.1 - Exemplo da metodologia utilizada para delimitação da bacia hidrográfica

Na **Figura 2.2** são apresentados o traçado da bacia e a rede de drenagem classificada segundo o critério de Strahler (1952). Na **Figura 2.3** tem-se ilustrado o mapa hipsométrico da área de estudo em conformidade com os limites hidrográficos estabelecidos.

No **Quadro 2.1** a seguir é apresentado um resumo das características físicas da bacia.

Quadro 2.1 - Dados Físicos da Bacia do Açude (Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido)

Área da bacia hidrográfica (km ²)	Perímetro da bacia hidrográfica (km)	Comprimento do rio (km)	Cota do talvegue à montante (m)	Cota do talvegue à jusante (m)
1.461,20	283,95	91,88	690	160

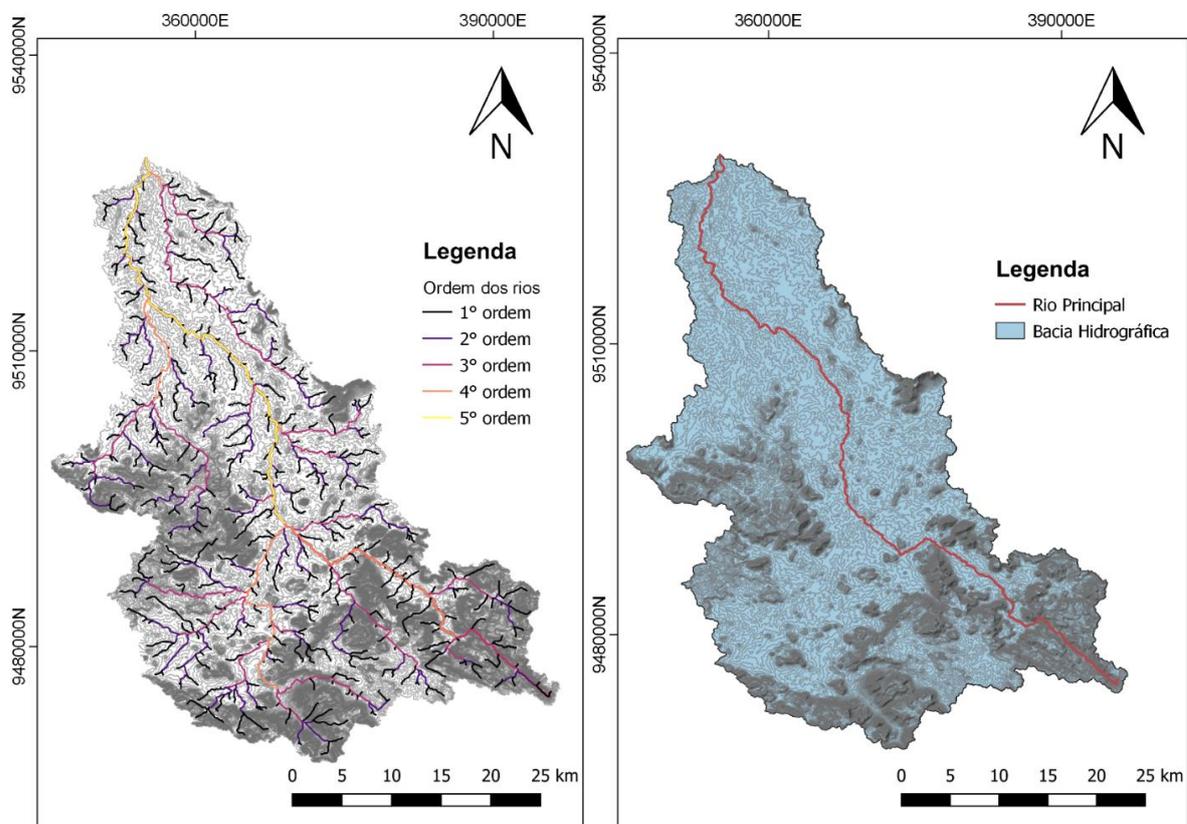


Figura 2.2 -Bacia Hidrográfica e Rede de Drenagem

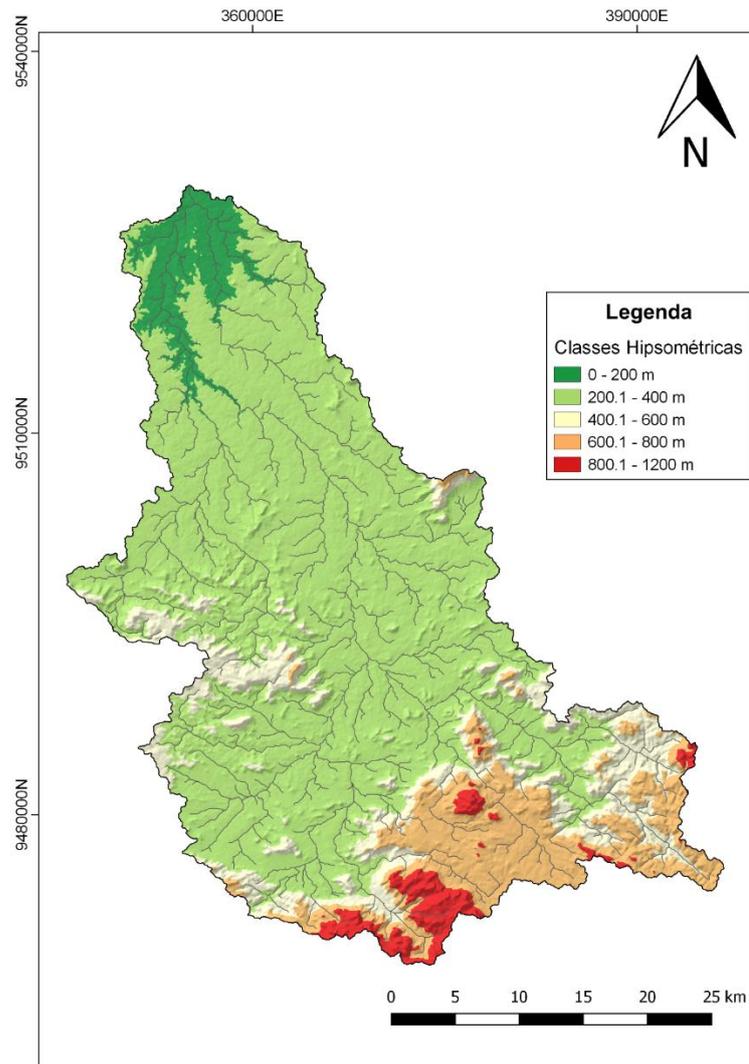


Figura 2.3 - Mapa hipsométrico

2.2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA

As características físicas e morfológicas de uma bacia hidrográfica têm grande importância em seu comportamento hidrológico, existindo uma correlação entre o regime hidrológico e estes elementos que permitem conhecer a variação no espaço do regime hidrológico.

Estas características podem afetar variáveis como o tempo de concentração (Equação 2.4), ou seja, o tempo do início da precipitação para que toda a bacia contribua no seu exutório, podendo assim servir como um indicativo de tendência para enchentes de uma bacia.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compactidade (Equação 2.1) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Enquanto o fator de forma (Equação 2.2) relaciona a forma da bacia com um retângulo, sendo calculado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Tem-se

a densidade de drenagem (Equação 2.3) que fornece uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. O tempo de concentração é calculado por meio da fórmula de Kirpich modificada (DNIT, 2005), fórmula adaptada e recomendada pelo DNIT para bacias grandes com área maior que 100 hectares (Equação 2.4, em minutos). Assim, cada bacia pode ser caracterizada por estes índices calculados da seguinte forma:

$$K_c = 0,28 \frac{P_{bacia}}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

$$K_f = \frac{A}{L_x^2} \quad (2.2)$$

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (2.3)$$

$$t_c = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (2.4)$$

A bacia de contribuição é traçada segundo os critérios mencionados, apresentado uma área de abrangência de $A= 1461,2 \text{ km}^2$ e um perímetro de $P=283,95 \text{ km}$. Possui ainda um comprimento do curso principal de $L=91,88 \text{ km}$ e seu comprimento axial de $66,4 \text{ km}$ para um desnível de $H=530$ metros, resultando numa declividade média de $5,77 \text{ m/km}$. Aplicando esses dados nas equações supracitadas, obtém-se os resultados apresentados no **Quadro 2.2**.

Quadro 2.2 - Dados Físicos da Bacia do Açude (Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido)

Fator de compacidade (K_c)	Fator de forma (K_f)	Densidade de drenagem (D_d)	Tempo de concentração (horas) (t_c)
2,08	0,33	0,73	23,49

De acordo com os resultados do valor de K_c , pode-se afirmar que a bacia hidrográfica mostra-se pouco suscetível à enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade. O fator de forma apresentou um valor baixo, caracterizando a bacia com uma forma mais alongada. No anexo digital deste relatório, está sendo apresentado o shape que deu origem aos estudos aqui apresentados.

A **Figura 2.4** mostra a representação da curva hipsométrica, que é a representação gráfica do relevo médio da bacia hidrográfica em estudo. Esta representa a variação da elevação dos vários terrenos da bacia em relação ao nível médio do mar. Essa variação é indicada em um gráfico que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações, planimetrando-se as áreas entre as curvas de nível da bacia. O uso da curva hipsométrica com valores em percentuais é mais vantajoso pois permite que a curva obtida seja comparada com outras curvas de bacias hidrográficas com tamanhos, formas e altitude diferentes.

Pode-se perceber que, aproximadamente, 50% da área da bacia encontra-se abaixo da cota de 400 metros e menos de 20% encontra-se entre 600 e 1200 metros.

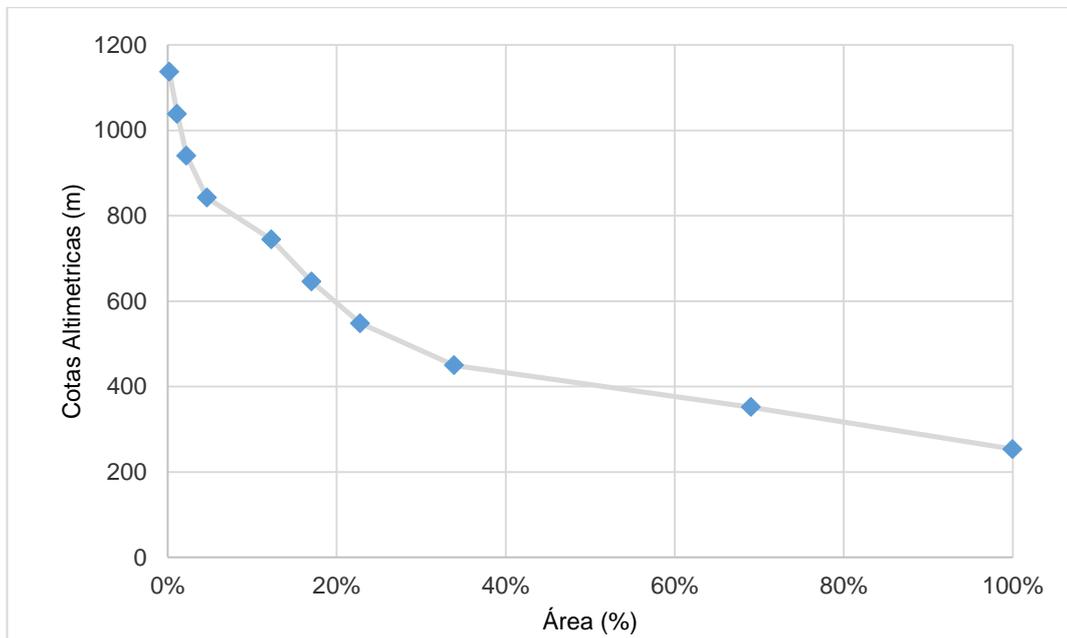


Figura 2.4 - Curva Hipsométrica da bacia

2.3 - TOPOGRAFIA DA BACIA HIDRÁULICA (CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA)

A caracterização morfológica da bacia hidráulica corresponde basicamente a determinação do diagrama cota x área x volume, fundamental para os estudos de cheia que serão apresentados posteriormente.

Através da cartografia realizada durante o estudo básico deste projeto, foi definida a bacia hidráulica da área do estudo, apresentada no Anexo 2 deste relatório, a partir da qual permite-se observar a relação do diagrama detalhado no **Quadro 2.3** e na **Figura 2.5**.

Quadro 2.3 - Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
156	0.01	0.01
157	0.25	0.14
158	0.49	0.52
159	0.74	1.13
160	0.99	2.00
161	1.40	3.19
162	1.81	4.79
163	2.60	7.00
164	3.40	10.00
165	4.30	13.85
166	5.21	18.61
167	6.41	24.42
168	7.60	31.42
169	9.43	39.94
170	11.26	50.28

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
171	12.95	62.39
172	14.64	76.18
173	16.65	91.82
174	18.66	109.48
175	20.79	129.20
176	22.92	151.05
177	25.07	175.04
178	27.23	201.19
179	29.71	229.66
180	32.20	260.61
181	34.49	293.95
182	36.78	329.59
183	39.39	367.67
184	42.00	408.36
185	44.91	451.81
186	47.82	498.18

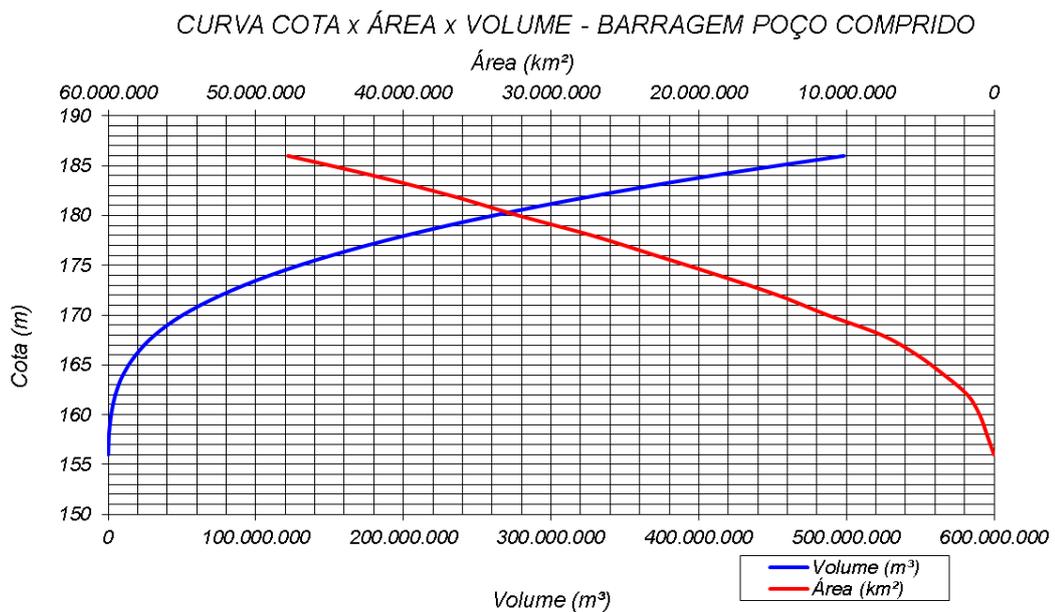


Figura 2.5 - Curva Cota x Área x Volume - Barragem Poço Comprido

2.4 - SOLOS

O **Quadro 2.4** apresenta a síntese das principais unidades pedológicas existentes na Bacia do Acaraú, com os solos associados às mesmas (tipologia dos solos não atualizada).

Quadro 2.4 - Síntese das principais unidades pedológicas da Bacia do Acaraú

Classe do Solo	Símbolo	Solos Associados
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO E VERMELHO ESCURO	Lvd7	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A moderado textura média + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A proeminente textura argilosa e média, ambos fase floresta subperenifólia relevo plano e suave ondulado.

Classe do Solo	Símbolo	Solos Associados
PODZÓLITO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO E DISTRÓFICO PODZÓLITO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO E DISTRÓFICO	PV6	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abrupático plinítico textura arenosa/argilosa + LATERITA HIDROMÓRFICA EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média, todos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
	PV7	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abrupático plinítico textura arenosa/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média + PODZÓLICO ACINZENTADO DISTRÓFICO com fragipan textura média, todos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerófila e floresta/caatinga relevo plano e suave ondulado.
	PE1	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta caducifolia relevo suave ondulado.
	PE5	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A chernozêmico, ambos textura argilosa cascalhenta fase floresta subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	PE8	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa fase floresta caducifolia + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta fase caatinga hipoxerófila + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila substrato gnaisse e granito, todos A fraco e moderado fase relevo forte ondulado e montanhoso.
	PE12	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco e moderado textura argilosa + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS INDISCRIMINADOS fase pedregosa é rochosa, ambos fase floresta/caatinga relevo forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	PE13	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco e moderado textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO ESCURO EUTRÓFICO podzólico A fraco textura argilosa e média, ambos fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
	PE14	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa fase relevo plano e suave ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO abrupático textura média/argilosa cascalhenta fase relevo suave ondulado, ambos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerófila.
	PE22	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco e moderado textura argilosa fase relevo ondulado e forte ondulado + SOLOS LITÓLICOS A fraco e moderado textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito + BRUNOS NÃO CÁLCICOS INDISCRIMINADOS fase relevo suave ondulado e ondulado, todos fase caatinga hipoxerófila.
	PE27	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa fase relevo ondulado e forte ondulado + BRUNO NÃO CÁLCICO textura argilosa fase relevo suave ondulado e ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo ondulado e forte ondulado substrato gnaisse e granito, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
PE28	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO abrupático textura média/argilosa cascalhenta + LATOSSOLO VERMELHO ESCURO EUTRÓFICO podzólico textura média, todos A fraco fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.	

Classe do Solo	Símbolo	Solos Associados
	PE38	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO raso textura argilosa e média cascalhenta + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta + BRUNO NÃO CÁLCICO textura média cascalhenta, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.
	PE39	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO raso abrupto textura média/argilosa cascalhenta fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO abrupto textura arenosa/argilosa cascalhenta fase relevo suave ondulado, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
AREIAS QUARTZOSAS	AQd2	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS fase relevo plano e suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média fase relevo plano e suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS textura arenosa fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato arenito, todos A fraco e moderado fase floresta/caatinga.
BRUNO NÃO-CÁLCICO BRUNO NÃO-CÁLCICO	NC7	BRUNO NÃO CÁLCICO textura argilosa fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + BRUNO NÃO CÁLCICO vértico textura argilosa fase pedregosa relevo suave ondulado, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
	NC14	BRUNOS NÃO CÁLCICOS INDISCRIMINADOS fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
	NC15	BRUNOS NÃO CÁLCICOS INDISCRIMINADOS fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + PLANOSOL SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa fase relevo plano e suave ondulado + SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
PLANOSSOLO SOLÓDICO	PL3	PLANOSSOLO SOLÓDICO + SOLONETZ SOLODIZADO, ambos A fraco textura arenosa/média e argilosa fase caatinga hiperxerófila relevo plano + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	PL4	PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito + SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média e argilosa, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila e campo xerófilo relevo plano e suave ondulado.
	PL6	PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa fase relevo plano e suave ondulado + SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média e argilosa fase relevo plano e suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado substrato gnaisse a granito, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
SOLONETZ SOLONÉTICO	Sk2	SOLONCHAK SOLONÉTICO A fraco fase campo halófilo de várzea e floresta ciliar de carnaúba + SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUES, todos textura indiscriminada fase relevo plano.

Classe do Solo	Símbolo	Solos Associados
SOLOS ALUVIAIS	Ae3	SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS + SOLOS HALOMÓRFICOS INDISCRIMINADOS + PLANOSSOLO SOLÓDICO, todos A fraco textura indiscriminada fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hiperxerófila relevo plano.
REGOSSOLOS EUTRÓFICOS E DISTRÓFICOS	REd2	REGOSSOLO DISTRÓFICO com fragipan textura arenosa fase relevo plano e suave ondulado + SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média, fase relevo plano, ambos A fraco fase caatinga hiperxerófila + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	REe3	REGOSSOLO EUTRÓFICO A fraco textura arenosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS E DISTRÓFICOS	Re3	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco, moderado e chernozêmico textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTOS DE ROCHA + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco, moderado e chernozêmico textura argilosa cascalhenta fase floresta/caatinga relevo forte ondulado e montanhoso.
	Re7	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco e moderado textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito + BRUNO NÃO CÁLCICO textura argilosa fase pedregosa relevo ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO raso A fraco e moderado textura argilosa cascalhenta fase relevo ondulado e forte ondulado, todos fase caatinga hipoxerófila.
	Re8	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco e moderado textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito + BRUNO NÃO CÁLCICO textura argilosa fase pedregosa, ambos fase caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	Re14	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa, média e argilosa fase pedregosa e rochosa substrato arenito, argilito e siltito + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa + PLANOSSOLO SOLÓDICO vértico textura média/argilosa, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.
	Re15	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa, média e argilosa fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito, argilito e siltito + PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa fase caatinga hiperxerófila e floresta ciliar de carnaúba relevo plano, ambos A fraco.
	Re16	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito + BRUNO NÃO CÁLCICO textura argilosa fase pedregosa, ambos fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA
	Re19	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + BRUNOS NÃO CÁLCICOS INDISCRIMINADOS fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa fase relevo plano e suave ondulado, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.
	Re23	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta fase pedregosa relevo forte ondulado, ambos A fraco fase caatinga hiperxerófila + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	Re26	Associação complexa de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e- montanhoso substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Classe do Solo	Símbolo	Solos Associados
	Red4	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS e DISTRÓFICOS A fraco e moderado textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado substrato gnaisse, granito e quartzito + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
	Red11	REGOSSOLO EUTRÓFICO A fraco textura arenosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Fonte: SUDENE (1973)

Analisando a **Figura 2.6B**, verifica-se que a região em estudo possui aproximadamente quatro variações de solos, sendo eles: podzólico vermelho-amarelo eutrófico, planossolo solódico, regossolos eutróficos e bruno não cálcico. Segue descrição de cada um abaixo.

– Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico

Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade baixa. Diferem da classe Podzólico Vermelho-Amarelo, essencialmente, por apresentar, além de média a alta saturação de bases (V%), baixa saturação com alumínio, menor acidez, bem como conteúdo mineralógico que encerra, comumente, quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas. São, por conseguinte, solos de média a alta fertilidade natural. Apresentam sequência de horizontes A, B_t e C, com profundidade do A + B_{t2}, na maioria dos perfis, superior a 150 cm, exceto nos solos rasos.

Na Bacia do Acaraú, apresentam perfis bem diferenciados, comumente profundos (poucas vezes rasos), textura normalmente arenosa ou média, no horizonte A, e argilosa ou média no B, frequentemente cascalhenta ou com cascalho. Os tipos de horizonte A que ocorrem nestes solos são chernozêmico, moderado e fraco. A coloração, quando úmida, varia de bruno-escuro a cinzento-escuro, estrutura, normalmente, granular, moderada a fracamente desenvolvida, de consistência ligeiramente duro a duro, quando seco e friável, quando úmido. Transita, normalmente, de maneira plana ou ondulada e clara ou gradual, para o B_t.

O horizonte B apresenta coloração, normalmente, variando do vermelho-amarelado ao vermelho, estrutura, geralmente, em blocos sub-angulares, moderada a fracamente desenvolvida, consistência ligeiramente duro a duro, quando seco, e friável, quando úmido; geralmente apresenta cerosidade que varia de fraca a forte e de pouca a abundante. Na Bacia do Acaraú, a ocorrência desse tipo de solo se dá mais a sudoeste, ocorrendo também ao sul e sudeste.

Nos solos distróficos há uma limitação da fertilidade e, além disso, podem apresentar problemas com a eficiência da adubação e da calagem se estiverem localizados em relevos de ondulados a forte-ondulados. Os problemas podem ser mais graves ainda se o solo for cascalhento.

São moderadamente ou bem drenados, excetuando-se os solos rasos ou com plinthite, que apresentam drenagem moderada/imperfeita. São moderadamente ácidos a ácidos, raramente neutros, ou mesmo alcalinos, como nota-se em alguns perfis de solos rasos.

O material originário é constituído, predominantemente, de saprólito de gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano Indiviso, de granitos e anortositos (Plutônicas Ácidas) e de micaxistos do Pré-Cambriano (A), entre outras rochas menos frequentes.

Muitas vezes, este material é influenciado por cobertura de material retrabalhado. Os solos da zona do Litoral são, geralmente, oriundos de um recobrimento pouco espesso de materiais arenoargilosos ou argilo-arenosos, possivelmente do Terciário sobre o Pré-Cambriano.

São, de modo geral, solos com elevado potencial agrícola, apresentando, entretanto, em determinadas áreas, problemas de relevo, principalmente onde as precipitações pluviométricas são mais elevadas (serras).

Possuem média e alta fertilidade natural, prestando-se para culturas de ciclo ou adaptadas às condições de pouca umidade.

– Planossolo Solódico

Esta classe compreende solos com horizonte B textural, normalmente com argila de atividade alta, saturação com sódio ($100.Na+/T$) entre 6 e 15% nos horizontes B_t e/ou C, mostrando estes horizontes sub-superficiais feições associadas com umidade (mosqueado e/ou cores de redução), em face da drenagem imperfeita, apresentando problemas de encharcamento durante o período chuvoso e ressecamento e fendilhamento durante a época seca.

São solos moderadamente profundos a rasos, raramente profundos, tendo, de modo geral, seqüência de horizontes A, B_t e C, com espessura do A + B_t , comumente, entre 35 e 120 cm ou pouco mais. São imperfeitamente drenados, de baixa permeabilidade e muito susceptíveis à erosão, em geral, moderadamente ácidos a, praticamente, neutros (raramente alcalinos), com alta saturação de bases (V%), contendo, nos horizontes subsuperficiais B_t e C, principalmente neste último, elevados teores de minerais primários facilmente decomponíveis, fontes de nutrientes às plantas.

Apresentam, em geral, textura arenosa no horizonte A e média ou argilosa, no B_t , com transição normalmente plana e abrupta ou clara, do A para o B_t , relação textural de 4,5 a 10,4 (quando de textura arenosa/argilosa) e de 2,5 a 3,7 (quando de textura arenosa/média).

O horizonte A é, comumente, fraco (podendo ser moderado), com espessura de 30 a 100 cm, exceto em áreas onde a erosão é mais intensa, quando variam de 10 a 18 cm. A

coloração mais frequente (úmido) varia de bruno escuro a bruno-amarelado escuro; a estrutura apresenta-se maciça, pouco a muito pouco coesa ou em grãos simples, de consistência solto, macio ou ligeiramente duro (seco) e muito friável ou friável, quando úmido.

É característico destes solos apresentar um horizonte bastante lavado (eluvial) A2, de coloração clara, muitas vezes com mosqueados ou mesmo coloração variegada. O horizonte Bt caracteriza bem estes solos, por sua cor e estrutura. Apresenta espessura que varia de 25 a 70 cm, com coloração frequentemente variegada ou com mosqueados. A estrutura é moderada ou forte, prismática ou colunar, composta de moderada ou forte, média a grande, blocos angulares ou subangulares, de consistência extremamente duro (seco) e extremamente firme, quando úmido.

O material originário é constituído, principalmente, por saprolito de gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano Indiviso e de micaxistos do Pré-Cambriano (A), quase sempre influenciados, superficialmente, por uma delgada cobertura de material pedimentar. Na Bacia do Acaraú, esse tipo de solo ocorre de forma dispersa em toda a região central.

São solos bastante susceptíveis à erosão, apresentando ligeiro excesso d'água no curto período chuvoso e um grande ressecamento no período seco, tendo o horizonte Bt condições físicas pouco favoráveis à penetração das raízes.

São fortemente limitados pela falta d'água em áreas semi-áridas, devendo-se considerar, também, a saturação com sódio elevada, nos horizontes subsuperficiais, fator de restrição importante para a maioria das culturas.

– Solos Litólicos Eutróficos

Compreende solos pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, possuindo, apenas, um horizonte A assente, diretamente, sobre a rocha (R), ou sobre materiais desta rocha em grau mais adiantado de intemperização, constituindo um horizonte C, com muitos materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizados, de diversos tamanhos, sobre a rocha subjacente, muito pouco intemperizada ou compacta (R).

Nestes solos pode-se constatar, pois, sequência de horizontes A-C-R ou A-R e, por vezes, o início da formação de um horizonte (B) incipiente. Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochiosidade na superfície.

O horizonte A apresenta-se, comumente, fraco ou moderado, com pequena ocorrência de A chernozêmico e a textura pode ser arenosa, média, siltosa ou argilosa, com cascalho ou cascalhenta, ou, mesmo, muito cascalhenta. A espessura varia de 15 a 40 cm, de coloração

diversa, sendo que os tipos moderado e chernozêmico são, naturalmente, melhor estruturados, apresentado estrutura granular e/ou em blocos sub-angulares, variando de forte a fraca, enquanto o A fraco possui estrutura fraca a muito fraca, granular e/ou em blocos sub-angulares ou maciça pouco coesa ou, ainda, em grãos simples. Segue-se ao horizonte A, a rocha (R) muito pouco intemperizada ou um horizonte C com muitos materiais primários sobre a rocha subjacente.

Possuem drenagem variando de moderada a acentuada e são, comumente, bastante susceptíveis à erosão, em decorrência de sua reduzida espessura. Os de caráter eutrófico possuem, no horizonte A ou AC, reação moderadamente ácida a praticamente neutra (pH 5,4 - 7,2), soma de bases trocáveis (S) entre 2,4 a 27,1 mE, saturação de bases (V) de 63 a 100% e com alumínio trocável, por vezes, ausente.

Alguns solos eutróficos derivados de filitos têm perfis que apresentam reação fortemente ácida, valor V em torno de 50% e alumínio trocável alto. Ocorrem principalmente na porção sudeste da Bacia do Acaraú, na forma de diversas manchas, e no médio curso do Rio Acaraú, em porção oeste.

O material originário, em grande parte, corresponde ao saprolito de gnaisses, migmatitos e de granitos, ocorrendo, também, solos derivados de quartzito, arenito, filito e xisto, bem como áreas menores, onde são derivados de siltito, argilito, calcário, filonito, folhelho, ardósia e diorito, pertencentes a diversos períodos geológicos.

São solos de baixo potencial para uso agrícola, apresentando, porém, problemas relacionados com suas condições físicas, fortemente associados ao conteúdo de argila 2:1.

Estas condicionam um comportamento extremo a estes solos, em relação aos períodos de chuva e de seca: quando na estiagem, ressecam-se e fendilham-se, tornando-se extremamente duros, enquanto que, quando úmidos, tornam-se encharcados, muito plásticos e muito pegajosos, dificultando o manejo e uso de máquinas agrícolas.

Acrescente-se a elevada susceptibilidade a erosão, principalmente, nas áreas de relevo mais movimentado, limitação por falta d'água e risco de salinização.

– Bruno Não Cálculo

Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade alta. São de alta fertilidade natural, com alta saturação e soma de bases, reação moderadamente ácida a, praticamente, neutra, ou mesmo moderadamente alcalina, bem como conteúdo mineralógico que encerra quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas.

São solos moderadamente profundos a rasos, tendo, de modo geral, sequência de horizontes A, B_t e C, com espessura do A + B_t, entre 30 e 90 cm, textura arenosa ou média, no horizonte A e média ou argilosa, no B_t, mudança textural abrupta do A para o B_t (transições planas e abruptas ou claras), relação textural de 1,5 a 4,0 e, freqüentemente, apresentado descontinuidade quanto à natureza do seu material originário, entre os horizontes superficiais e sub-superficiais.

O horizonte A é fraco, coloração mais frequente (úmido) que varia de bruno-acinzentado escuro a cinzento-avermelhado escuro; estrutura maciça ou fraca a moderada, pequena a média, granular, de consistência duro a extremamente duro (seco) e muito friável a firme, quando úmido.

O horizonte B_t destes solos é bastante característico. Possui coloração mais frequente (úmido) de vermelho-escuro a vermelho-amarelado, estrutura moderada a forte, média a grande, prismática, composta de moderada a forte, média a grande, blocos angulares ou sub-angulares, de consistência extremamente duro a duro (seco) e firme a muito friável, quando úmido. Quando vértico possui, sempre, estrutura prismática e consistência extremamente dura (seco). É muito comum nas áreas destes solos, a presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e, por vezes, matacões, de quartzo, caracterizando um pavimento desértico.

A erosão laminar muitas vezes chega a ser severa ou em sulcos repetidos ocasionalmente ou com frequência, principalmente quando vérticos. São os tipos solos predominantes na Bacia do Acaraú, ocorrendo principalmente em sua porção central e sul, na região do sertão semiárido.

O material originário é constituído, principalmente, por saprolito de micaxisto (Pré-Cambriano A) e gnaisses escuros (Pré-Cambriano Indiviso. O relevo varia de plano a forte ondulado, com predomínio dos relevos suave ondulado e ondulado.

Não obstante constituírem solos de alta fertilidade natural e com bastante reserva mineral, apresentam forte limitação ao uso agrícola, pela falta d'água, além de serem muito susceptíveis à erosão, mostrando, freqüentemente, pedregosidade superficial e, muitas vezes, dentro da massa do solo, dificultando, em muito, a mecanização.

Igualmente, destaque-se a ocorrência e teores bastante significativos de sódio em profundidade, principalmente, nos Brunos vérticos, quando da utilização com irrigação.

2.5 - VEGETAÇÃO

Tendo em vista as diferenças litológicas, a estrutura geológica, a compartimentação topográfica, o clima regional, os mesoclimas e especialmente os solos, registram-se para a

Bacia do Acaraú oito unidades fitoecológicas diferentes:

- Complexo Vegetacional da Zona Litorânea;
- Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Matas Úmidas);
- Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas);
- Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea);
- Caatinga Arbustiva Densa;
- Caatinga Arbustiva Aberta;
- Floresta Perenifólia Paludosa Marítima;
- Floresta Mista Dicotilo-Palmacea (Mata Cilfar com carnaúba).

Estas unidades atuais são resultantes, por um lado, da evolução dos "stocks" antigos da vegetação e da flora que se encontravam nesta região, por outro, da evolução do ambiente físico global, cujas modificações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e especialmente climáticas tiveram importância fundamental no estabelecimento e na distribuição da vida vegetal e na florística, principalmente nas últimas épocas geológicas, com o estabelecimento da caatinga. O mapa da **Figura 2.6B** mostra as unidades fitoecológicas da região de influência da bacia do rio Macacos.

São quatro unidades fitoecológicas na região de estudo, sendo elas: floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca), floresta caducifólia espinhosa (caatinga arbórea), caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta. Apresenta-se a seguir uma breve descrição dessas unidades fitoecológicas.

- Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas)

Recobre os níveis inferiores (meia encosta) e vertentes de sotavento dos relevos cristalinos antes citados, assim como dos serrotes que se distribuem no território da Bacia do Acaraú. Ocorre em setores de declividade média a alta, com solos rasos, do tipo Litólico, onde os afloramentos rochosos são frequentes e a temperatura é mais elevada do que no ambiente da floresta úmida. Essas características são mais marcantes nas encostas voltadas para oeste (sotavento), onde o intemperismo físico é o principal processo modelador da paisagem. Trata-se de uma cobertura vegetal de porte arbóreo, intermediária entre floresta úmida e caatinga que circunda esses relevos. A maioria das espécies apresenta queda de folhas nos períodos de estiagem.

Essas áreas têm sido exploradas agricolamente, embora hajam restrições de uso devido aos riscos de erosão. Em consequência dos desmatamentos, alguns setores das vertentes secas estão sendo amplamente ocupados pela vegetação de caatinga, a qual já atinge níveis topográficos elevados.

- Caatingas (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta)

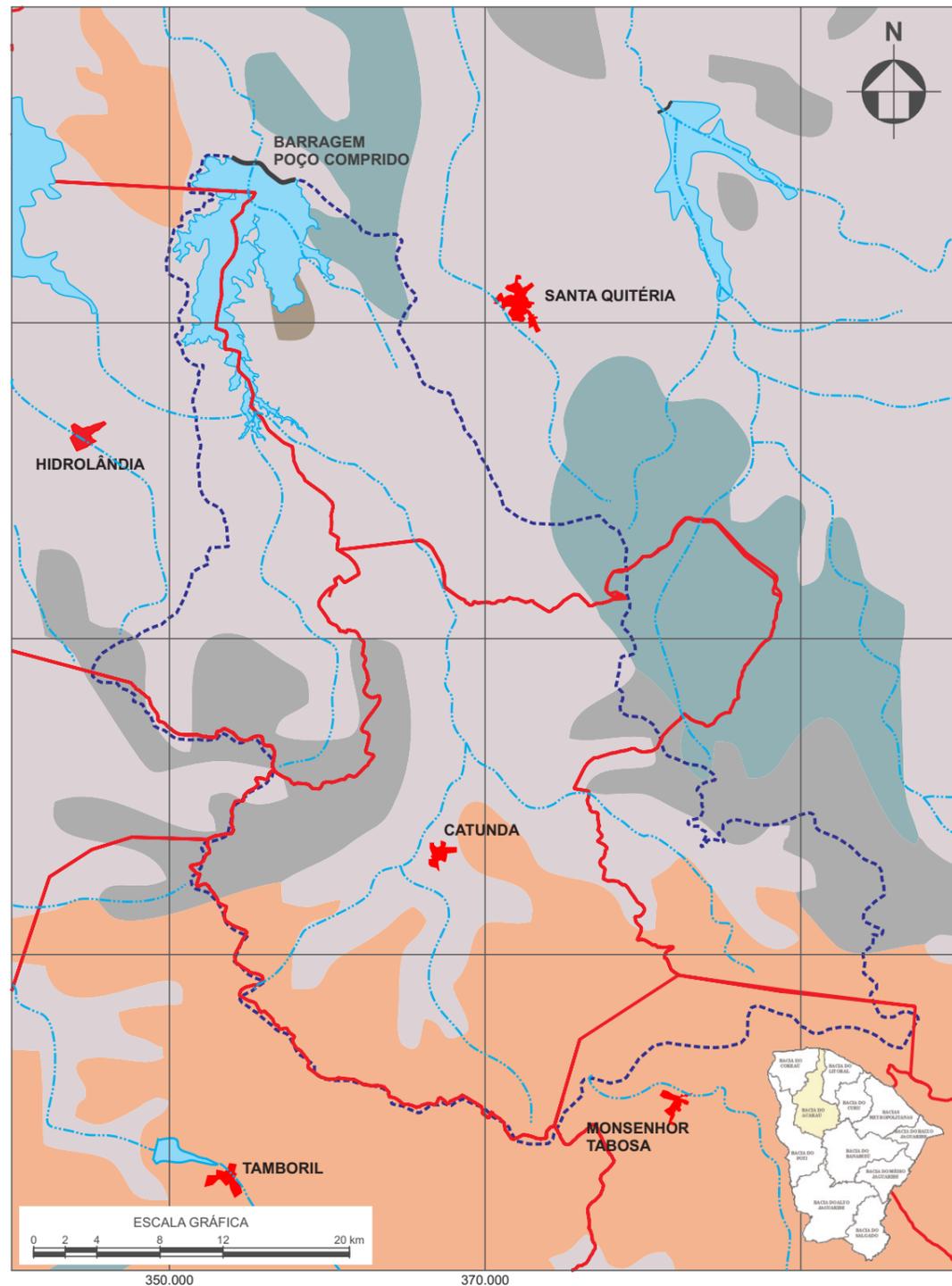
É a unidade fitoecológica predominante do território da Bacia do Acaraú, associando-se aos domínios dos terrenos cristalinos da Depressão Sertaneja, onde a deficiência hídrica é a característica mais marcante, juntamente com solos de pouca profundidade, frequentemente revestidos por pavimentos detríticos (seixos).

Constitui a vegetação típica dos sertões nordestinos, ostentando padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos, e faixas de transição para outras unidades fito-ecológicas. Apresenta espécies arbóreas e arbustivas, podendo ser densa ou aberta, refletindo as relações mútuas entre os componentes do meio físico, tais como: relevo, tipo de rocha, tipo de solo e grau de umidade.

Encontra-se bastante descaracterizada, tanto pela interferência antrópica, através da agricultura, pecuária e retirada de lenha, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. a degradação da floresta caducifólia espinhosa (caatinga arbórea) determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Tendo em vista os fatores limitantes para a atividade agrícola (clima, profundidade do solo, pedregosidade superficial, deficiência hídrica e erosão), tem-se praticado nesses ambientes uma agricultura nômade, em que, após dois ou três anos, a área é abandonada, favorecendo o aparecimento de uma vegetação secundária (capoeira) que não oferece nenhuma proteção ao solo e não possui nenhum valor econômico.

A caatinga arbustiva tem porte mais baixo do que a arbórea, com caules retorcidos e espinhosos, perdendo a folhagem nas estações secas. A exemplo da caatinga arbórea, a densidade maior ou menor dos indivíduos determina a fisionomia do conjunto, que pode ser classificado como caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.

Atualmente, as áreas onde a vegetação típica da caatinga predomina são intercaladas por áreas de pastagens e lavouras e outras áreas modificadas pelo homem, como assentamentos e rodovias. A vegetação nativa apresenta sinais de uso, devido, por exemplo, à exploração da madeira e ao pisoteio pelo gado bovino e caprino.



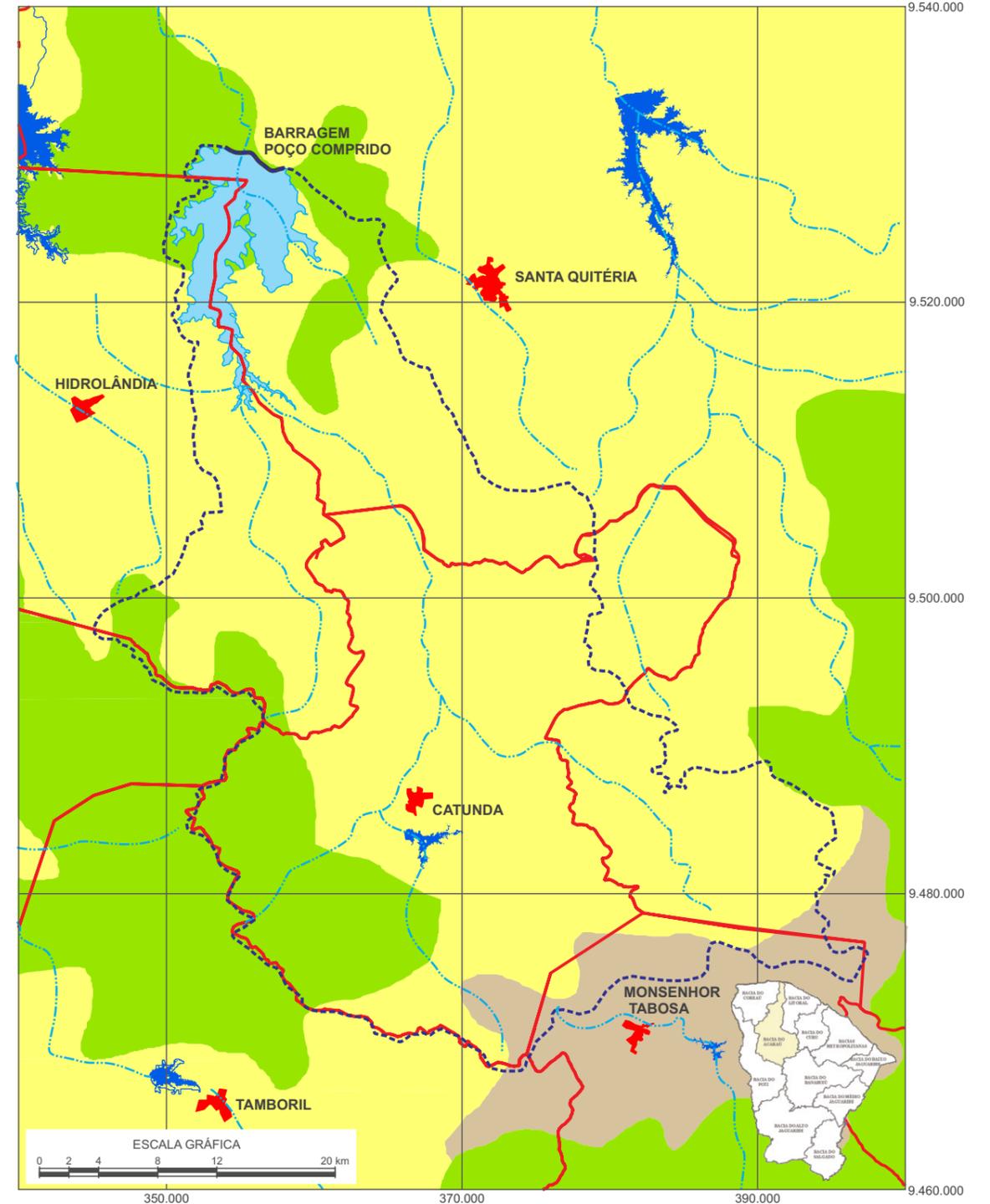
LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

CLASSES DE SOLOS

- PE - Podzólico Vermelho - Amarelo Distrófico
- PL - Planossolo Solódico
- NC - Bruno Não - Cálxico
- Re - Solos Litólicos Eutróficos

MAPA DE SOLOS (A)



LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

CLASSES UNIDADES FITOECOLÓGICAS

- MS - Floresta subcaducifolia tropical plúvio-nebular (mata seca)
- CA - Floresta caducifolia espinhosa (caatinga arbórea)
- CAA - Caatinga arbustiva aberta

MAPA DE VEGETAÇÃO (B)

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

ESTUDO BÁSICO DE HIDROLOGIA

Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

FIGURA 2.6
MAPA DE SOLOS (A)
MAPA DE VEGETAÇÃO (B)

Y&I
ENGENHARIA CONSULTORIA S.A.
ENGENHARIA

Encontra-se bastante descaracterizada, tanto pela interferência antrópica, através da agricultura, pecuária e retirada de lenha, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. a degradação da floresta caducifolia espinhosa (caatinga arborea) determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Tendo em vista os fatores limitantes para a atividade agrícola (clima, profundidade do solo, pedregosidade superficial, deficiência hídrica e erosão), tem-se praticado nesses ambientes uma agricultura nômade, em que, após dois ou três anos, a área é abandonada, favorecendo o aparecimento de uma vegetação secundária (capoeira) que não oferece nenhuma proteção ao solo e não possui nenhum valor econômico.

A caatinga arbustiva tem porte mais baixo do que a arborea, com caules retorcidos e espinhosos, perdendo a folhagem nas estações secas. A exemplo da caatinga arborea, a densidade maior ou menor dos indivíduos determina a fisionomia do conjunto, que pode ser classificado como caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.

Atualmente, as áreas onde a vegetação típica da caatinga predomina são intercaladas por áreas de pastagens e lavouras e outras áreas modificadas pelo homem, como assentamentos e rodovias. A vegetação nativa apresenta sinais de uso, devido, por exemplo, à exploração da madeira e ao pisoteio pelo gado bovino e caprino.

2.6 - GEOLOGIA GERAL

A área em estudo está inserida na Província Borborema (Almeida et. al. 1977 e 1981), mais especificamente no Domínio Ceará Central, cobrindo aproximadamente 450.000 km² do Nordeste Brasileiro (Almeida et. al., 1977), onde afloram terrenos pré-cambrianos de idade variando entre o Arqueano e o Neoproterozóico.

Tendo como base as características geológicas, os extensos lineamentos transcorrentes, informações isotópicas, entre outras, Brito Neves *et al.* (2000) subdividiram a PB em cinco domínios tectônicos principais, a saber: i) Domínio Tectônico Médio Coreaú (DTMC) – localizado a norte do Lineamento Transbrasiliano e a sul da margem retrabalhada do Cráton São Luís; ii) Domínio Tectônico Ceará Central (DTCC) – onde está inserida a área de estudo e está situada entre os lineamentos Transbrasiliano e Senador Pompeu; iii) Domínio Tectônico Rio Grande do Norte (DTRGN) – localizado entre os lineamentos Senador Pompeu e Patos; iv) Domínio Tectônico Zona Transversal (DTZT) – limitada pelos lineamentos Patos e Pernambuco; e v) Domínio Tectônico Meridional (DMT) – situado entre o lineamento Pernambuco e a borda norte do Cráton São Francisco (**Figura 2.7**).

Dentre outras propostas de compartimentação para a PB, devem ser ressaltados os trabalhos de Van Schmus et al. (1995 e 1998). Para estes autores a PB é constituída por um

sistema complexo de domínios tectônicos, geralmente balizados por grandes zonas de cisalhamento, compostos por núcleos arqueanos menores e grande volume de embasamento gnáissico paleoproterozóico. Ainda, a PB seria constituída por três Subprovíncias (SP), a saber: a) SP1 : localizada entre o lineamento Patos e a borda norte do Cráton são Francisco; SP2: subprovíncia localizada entre os lineamentos Patos e Transbrasiliano; e SP3: localizada a norte do lineamento Transbrasiliano estendendo-se até a borda retrabalhada do Cráton São Luís. Arthuad et al.(1998). compartimentou o pré – Cambriano do Estado do Ceará em cinco Domínios Tectônicos: NW Ceará, Ceará Central. Orós-Jaguaribe, Granjeiro e Piancó-Alto Brígida. Dentre esta divisão, a área está inteiramente contida no Domínio Ceará Central.

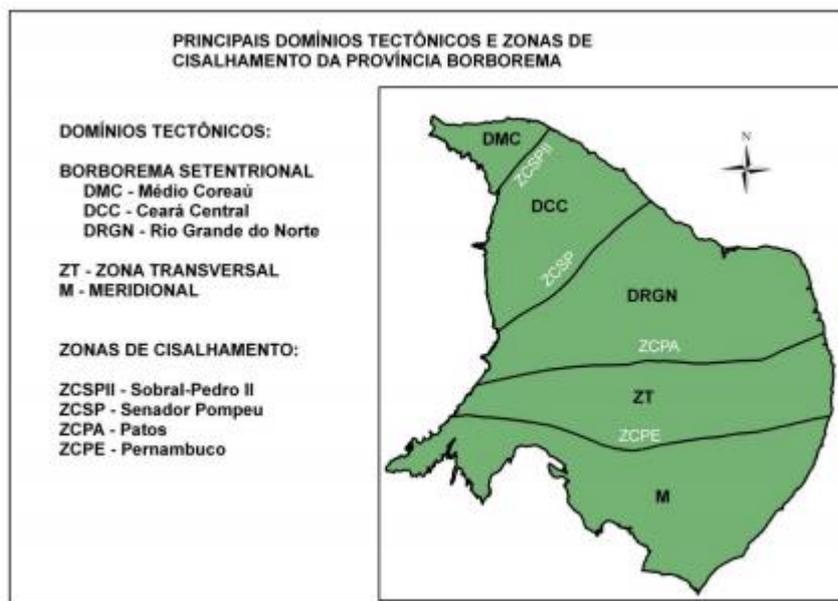


Figura 2.7 - Província Borborema: principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento. (BIZZI et al, 2003).

O Domínio Ceará Central onde está inserida a barragem, possui 80.000 km² de superfície, sendo considerada a mais ampla unidade geotectônica da porção norte da Província Borborema e alcança quase a totalidade do estado do Ceará. É delimitado a NW pela zona de cisalhamento Sobral-Pedro II (lineamento transbrasiliano) e a SE pela zona de cisalhamento Senador Pompeu, sendo encoberto a SW-W pelas rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba.

O Domínio Ceará Central é dividido em quatro unidades geotectônicas que serão descritas separadamente a saber: embasamento arqueano (ortognaisses, granodioritos e tonalitos); terrenos do Paleoproterozóico, constituídos por rochas metassedimentares, com quartzitos basais seguidos de xistos, orto e paragnaisses e carbonatos; coberturas Neoproterozóicas, composta por um pacote de rochas psamito-péltico-carbonáticas organizadas em diferentes arranjos lito-estratigráficos e; complexo Tamboril-Santa Quitéria constituído por rochas

graníticas migmatizadas, com composição tonalítica e granodiorítica migmatizadas, situado a leste da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II e recobrimdo quase 20% da área do Domínio Ceará Central.

O Domínio Ceará Central é produto de longa e complexa história geológica, iniciada nos tempos arqueanos. Vários episódios de acreção crustal e vários ciclos orogenéticos deixaram seus registros magmáticos, metamórficos e deformacionais.

O Embasamento Arqueano aflora na porção sudeste do Domínio Ceará Central e está balizado a leste pela zona de cisalhamento Senador Pompeu e a oeste e norte pelos gnaisses do embasamento Paleoproterozóico. O complexo é seccionado pela zona de cisalhamento Sabonete-Inharé, que o divide em duas unidades litológicas distintas, Mombaça a sudeste, e Pedra Branca a noroeste, ambas de afinidade tonalítica, trondjemítica, granodiorítica.

Os Terrenos Acrecionários Paleoproterozóicos são formados por uma sequência de rochas supracrustais metaígneas a oeste da cidade de Quixeramobim, formando o cinturão homônimo.

Rochas de idade paleoproterozóica são comuns no Domínio Ceará Central, onde representam boa parte da área exposta. As rochas do embasamento que afloram na região de Madalena/Boa Viagem até a região do Choró são representadas por gnaisses, por vezes migmatíticos, de composição diorítica a tonalítica. Essas rochas encontram-se associadas a faixas supracrustais constituídas de rochas metavulcânicas básicas (anfíbolitos com ou sem granada) e rochas metassedimentares diversas, inclusive formações ferríferas e manganesíferas bandadas.

As coberturas Neoproterozóicas são representadas por cianita-muscovita-biotita gnaiss, gnaiss granádífero, gnaisses quartzo-fedspáticos, muscovita-biotita gnaiss e biotita gnaiss, podendo ou não ocorrer granada, com contribuições de mármore e cálcio-silicáticas. Descrevem ainda sills de granitos alcalinos, derrames de riolitos alcalinos e metabasaltos.

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria apresenta como característica principal uma intensa migmatização associada a grande volume de granitos anatóticos e restitos de anfíbolíticos e caciossilicatadas. As rochas metaplutônicas do complexo Tamboril-Santa Quitéria apresentam dados indicativos de mistura de magmas juvenis Neoproterozóicos com gnaisses Paleoproterozóicos vizinho. Já as rochas metassedimentares basais, corresponderiam em parte ao produto da erosão do material juvenil. Na região estudada, segundo a CPRM 2013, afloram basicamente diatextito, sienito, monzogranito, sienogranito,

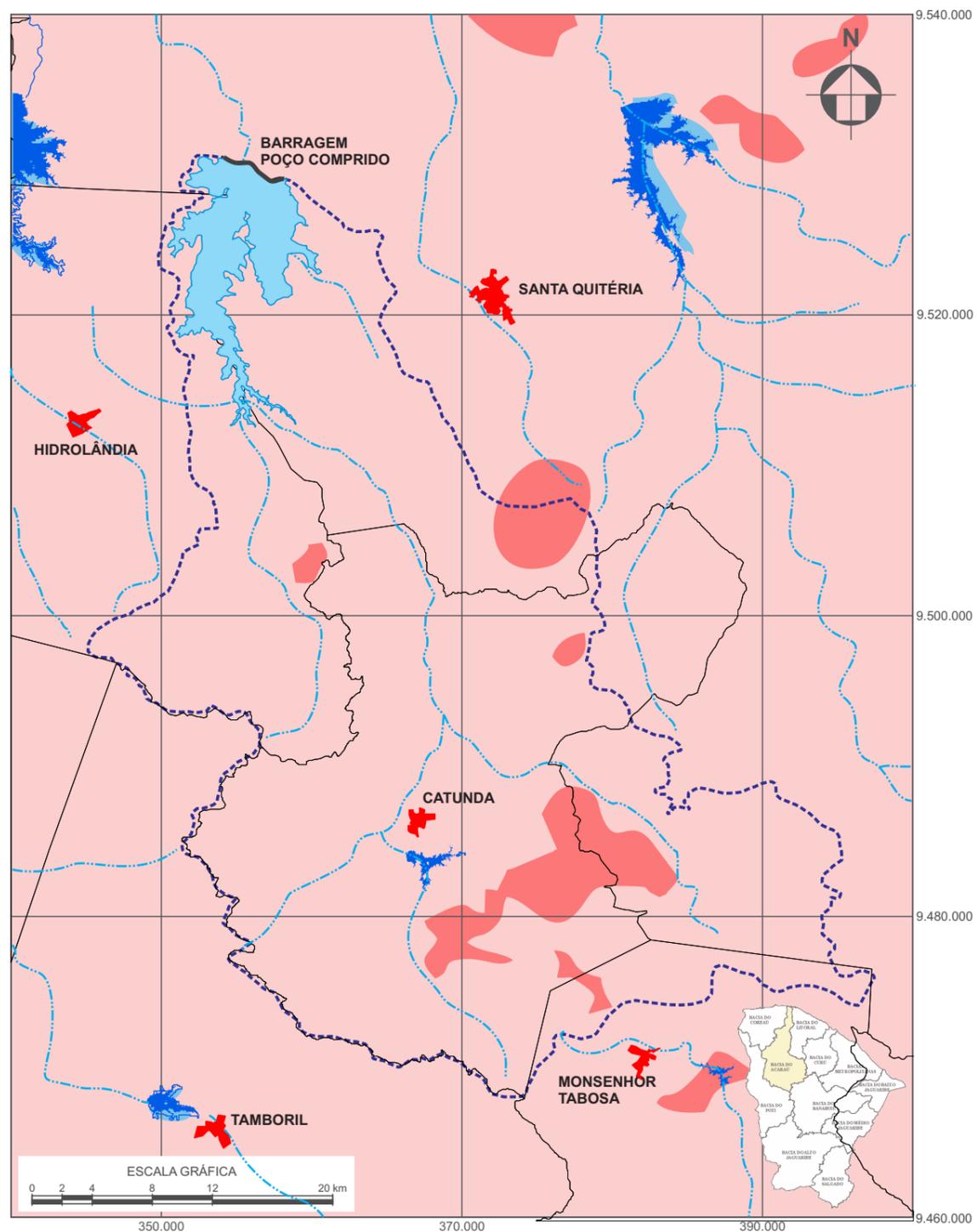
quartzo sienito e quartzo monzonito, conforme pode ser observado no mapa geológico simplificado do Ceará.

Dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais (CPRM) informam que a região dos municípios de Santa Quitéria, Hidrolândia e Catunda, região ocupada pela bacia hidrográfica do barramento, são áreas com predominância de rochas ígneas intrusivas e terrenos constituídos por rochas metamórficas, como pode ser visto na **Figura 2.8A**.

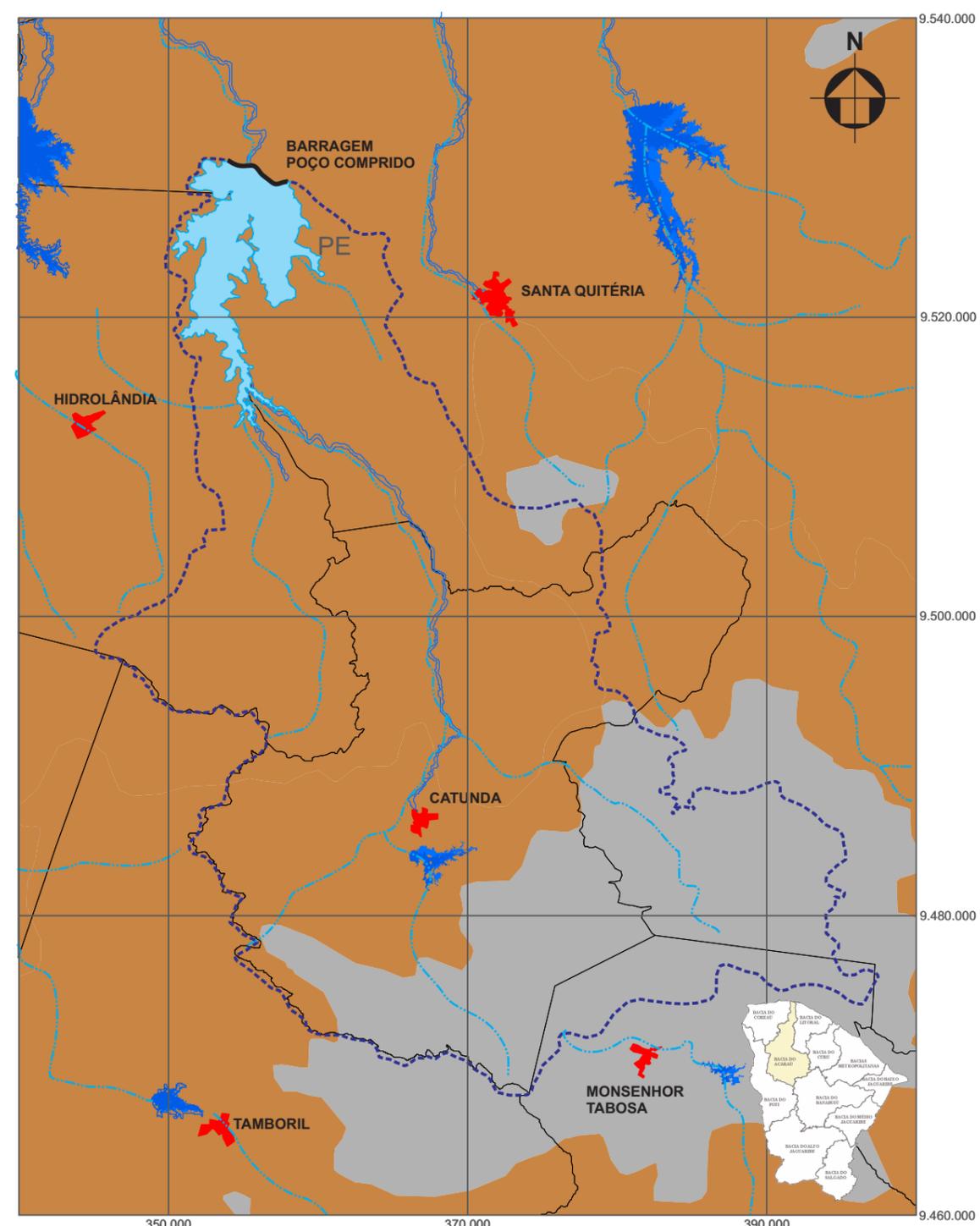
2.7 - GEOMORFOLOGIA (RELEVO)

A compartimentação do relevo do território da Bacia do Acaraú é representada, basicamente, por cinco domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos dissecados em interflúvios tabulares, Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e Planalto da Ibiapaba, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características do solo e vegetação.

Como pode ser observado na **Figura 2.8B**, a região a ser influenciada pela barragem Poço Comprido está localizada, em sua grande maioria, em áreas de depressão sertaneja. Além dessa, uma pequena porção encontra-se em maciços residuais.



MAPA GEOLÓGICO (A)



MAPA GEOMORFOLÓGICO (B)

LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

PRINCIPAIS DEPÓSITOS DO CEARÁ

- Áreas com predominância de rochas ígneas intrusivas
- Terrenos constituídos, predominantemente, por rocha metamórficas

LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- Maciços Residuais (Serras)
- Serras Secas
 - Sertões

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

ESTUDO BÁSICO DE HIDROLOGIA

COMPANHIA DE GESTÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 2.8
MAPA GEOLÓGICO (A)
MAPA GEOMORFOLÓGICO (B)

Yiti
ENGENHARIA
CONSULTORIA E S.A.

EPF
ENGENHARIA

A depressão sertaneja é o domínio geomorfológico que ocupa maior extensão de área no âmbito do território da Bacia do Acaraú. Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre as rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas pedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales e ao litoral. Verifica-se a predominância de uma topografia plana ou levemente ondulada, com altimetrias inferiores a 400 m.

As associações dos solos são bastante diversificadas, normalmente rasos ou medianamente profundos, com grande incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. A vegetação é típica dos sertões semi-áridos, onde predomina a caatinga, com seus padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos.

No território da Bacia do Acaraú, destaca-se a serra da Meruoca, que atinge níveis altimétricos superiores a 800 m. Ela caracteriza-se por apresentar condições de umidade bastante elevadas nas vertentes voltadas para o mar, onde o intemperismo químico é predominante, favorecendo o desenvolvimento de solos do tipo Podzólico Vermelho Amarelo, que sustenta uma cobertura vegetal de grande porte, formada por floresta plúvio-nebular (matas úmidas). A serra da Meruoca apresenta, nos setores de sotavento, condições ambientais agressivas, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nessas vertentes secas observa-se o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, intermediária entre a caatinga e a floresta plúvio-nebular (matas secas). As outras elevações, de menor representatividade espacial e altimétrica, possuem condições ambientais que se assemelham mais com as características físicas das superfícies rebaixadas do sertão, sendo denominadas de serras secas.

2.8 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia visa caracterizar a área de estudo nos seus mais variados elementos hidro-meteorológicos. Para caracterizar a hidro climatologia da região, foi considerada representativa a estação de Sobral - 82392 (estação disponível mais próxima da área de estudo) (**Figura 2.9**). A caracterização hidro climatológica da zona é feita utilizando-se as normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018), as quais foram obtidas a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1981 a 2010, em conjunto com os dados obtidos na plataforma de coleta de dados supracitada no período de janeiro de 1961 a abril de 2019, empregados no cálculo da evapotranspiração pelo método do Penman-Monteith-FAO56 e pela equação de Hargreaves.

A bacia apresenta características predominantes do semi-árido do Polígono das Secas, com classe de relevo suave a forte, está nas proximidades dos cursos hídricos.

A região da bacia encontra-se sob um clima de acentuada evaporação, característica do Nordeste brasileiro, com cursos d'água intermitentes, apresentando vazões mais reduzidas, coincidentes com a época em que é mais acentuado o déficit hídrico regional.

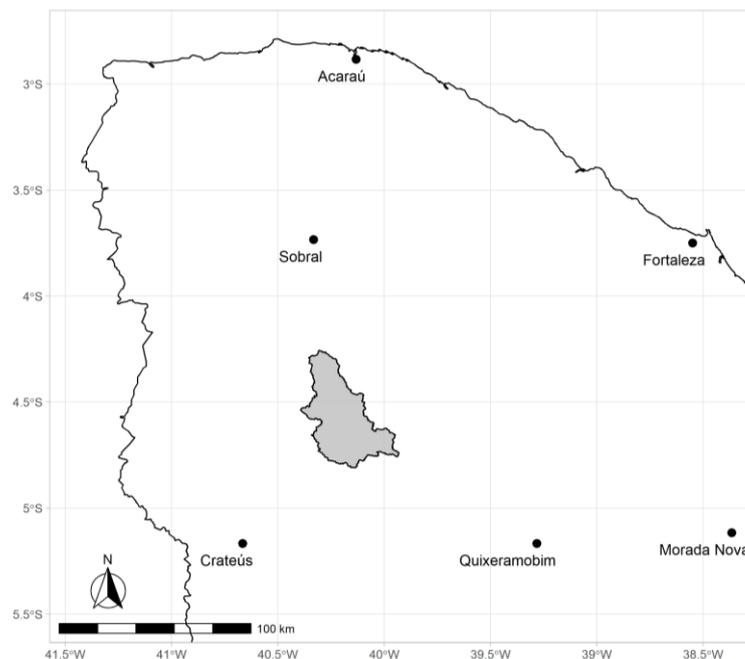


Figura 2.9 – Localização das estações meteorológicas (INMET) próximas - Barragem Poço Comprido

2.8.1 - Temperatura

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

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

$$T_{comp} = (TMÁX + TMÍN + T12 + T24)/5$$

T_{comp} = Temperatura média compensada;

T₁₂ = Temperatura observada às 12:00 TMG;

T₂₄ = Temperatura observada às 24h00min TMG;

TMÁX = Temperatura máxima do dia;

TMÍN = Temperatura mínima do dia.

As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de outubro (36,6°C) e julho (21,1°C), conforme se observa no **Quadro 2.5** e na **Figura 2.10**.

Quadro 2.5 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas (°C).

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÁXIMA	34,0	32,6	31,8	31,3	31,7	32,6	33,9	35,4	36,4	36,6	36,5	35,9
MÍNIMA	23,2	22,8	22,7	22,7	22,2	21,2	21,1	21,3	22,1	22,5	22,8	23,2
MÉDIA	27,5	26,7	26,2	26,0	26,0	26,1	26,8	27,5	28,1	28,3	28,4	28,5

Fonte: INMET (2018)

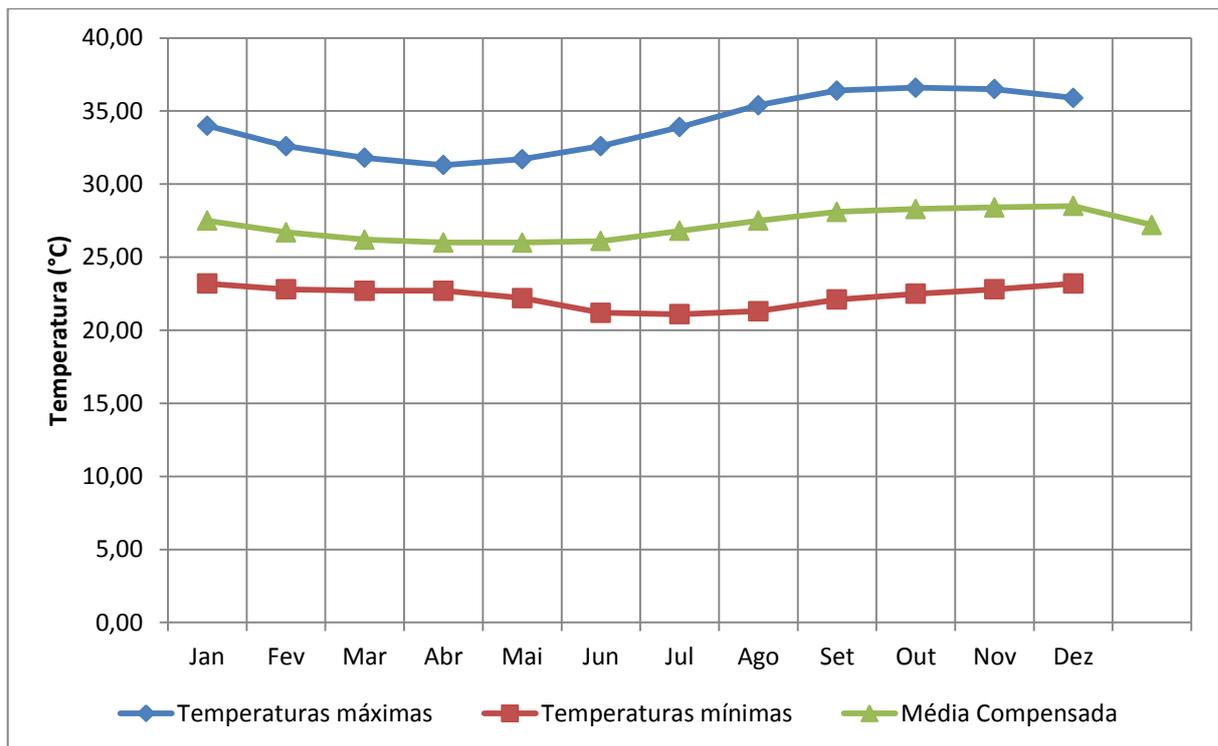


Figura 2.10 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas.

2.8.2 - Umidade Relativa

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 30% ocorrida entre os meses de Abril (85,9%) e Outubro (56,2%), como pode ser verificado no **Quadro 2.6** e na **Figura 2.11**.

Quadro 2.6 - Umidade Relativa Média

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
(%)	71,3	79,0	84,9	85,9	82,0	73,9	67,0	59,3	56,8	56,2	58,0	63,7

Fonte: INMET (2018)

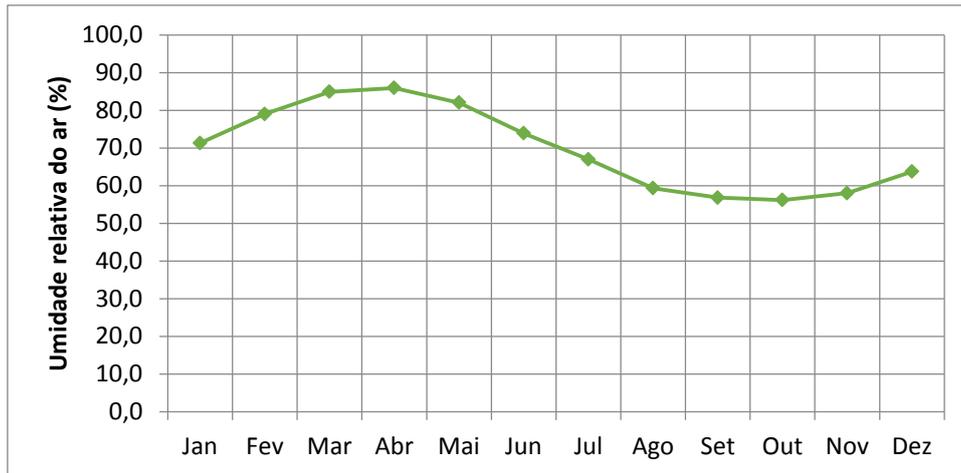


Figura 2.11 - Umidade Relativa Média.

2.8.3 - Insolação Média

O **Quadro 2.7** e a **Figura 2.12** mostram, respectivamente, o número de horas médio de exposição solar e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 2707,4 horas de exposição, podendo-se concluir que cerca de 61,81% dos dias do ano possui incidência solar direta (admitindo-se que o dia está composto por 12 horas de luz diurna e 12 horas de luz noturna). Durante o trimestre agosto/setembro/outubro ocorrem os maiores valores de horas de insolação, ao passo que os menores valores ocorrem no trimestre fevereiro/março/abril. O mês de outubro apresenta o maior índice de insolação (280,7 horas) e o mês de fevereiro o menor (169,8 horas).

Quadro 2.7 - Insolação Média.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	191,9	169,8	171,3	177,6	206,8	218,1	243,8	277,8	273,5	280,7	253,7	242,4

Fonte: INMET (2018)

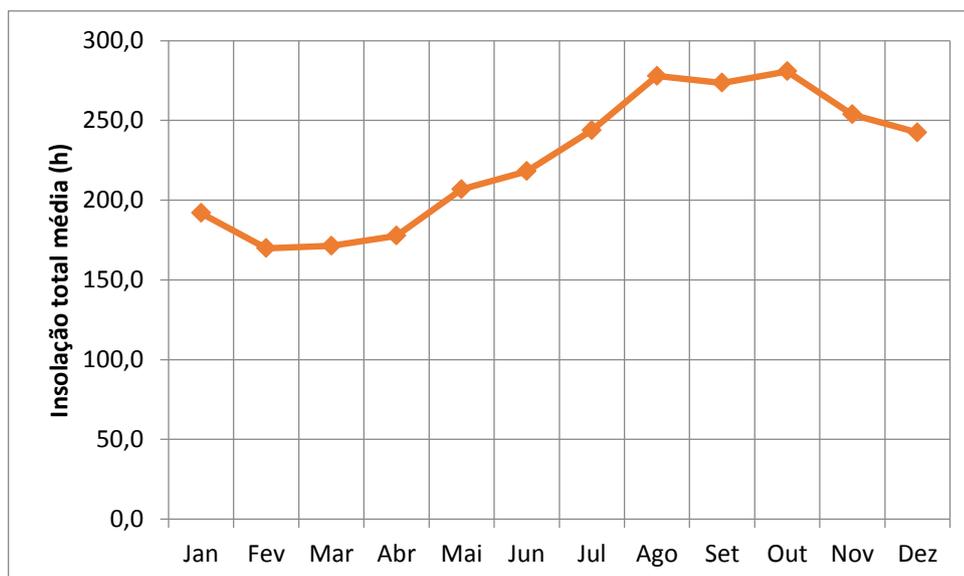


Figura 2.12 - Insolação total média.

2.8.4 - Nebulosidade

Segundo os dados utilizados, entre os meses de fevereiro a abril é apresentado maior índice de nebulosidade (0,7) e o de menor em setembro (0,30). O **Quadro 2.8** e a **Figura 2.13** permitem observar a variação temporal desta variável.

Quadro 2.8 - Nebulosidade.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Décimos	0,60	0,70	0,70	0,70	0,60	0,50	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40	0,40

Fonte: INMET (2018)

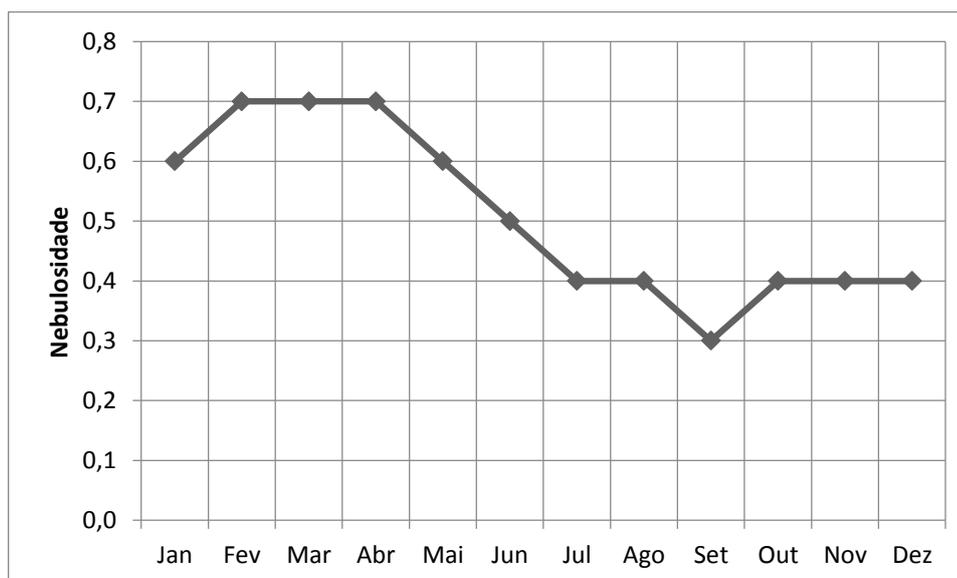


Figura 2.13 - Nebulosidade.

2.8.5 - Evaporação Total Média

A evaporação média anual na estação, medida em Evaporímetro de Piché foi superior a 2343,7 mm distribuída ao longo dos meses conforme demonstram o **Quadro 2.9** e a **Figura 2.14**. A utilização do método de Piché foi motivado pela a não existência de medição recente em tanque classe A, sendo utilizado com fator de correção 1.0 assim como utilizado pela ANA (2017).

Quadro 2.9 - Evaporação total média.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	193,3	114,4	87,7	69,9	91,5	142,5	203,2	268,5	297,9	309,0	293,8	272,0

FRONTE: INMET (2018)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (309,0 mm).

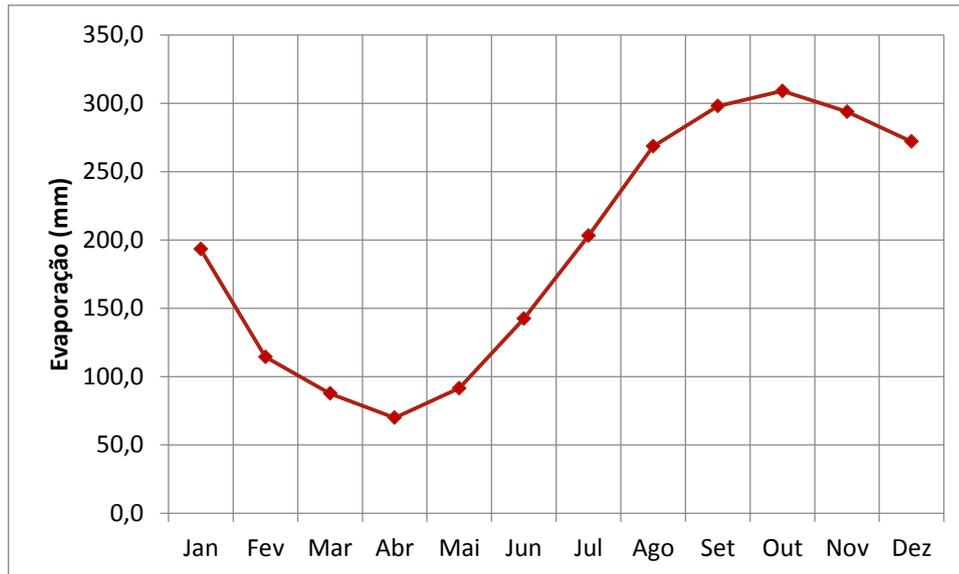


Figura 2.14 - Evaporação total média.

2.8.6 - Evapotranspiração Potencial

A evaporação potencial disponibilizada nas normais climatológicas pelo INMET (2018) foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Os valores mensais da estação de Sobral estão apresentados no **Quadro 2.10** e na **Figura 2.15**.

Quadro 2.10 – Evapotranspiração potencial mensal

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	200,9	161,2	158,9	142,4	151,7	144,3	165,8	182,4	192,9	213,6	200,6	212,3

FONTE: INMET (2018)

Os maiores valores são observados para os meses de outubro a janeiro, variando entre 200,6 a 213,6 mm. O menor valor é relativo ao mês de abril (142,4 mm).

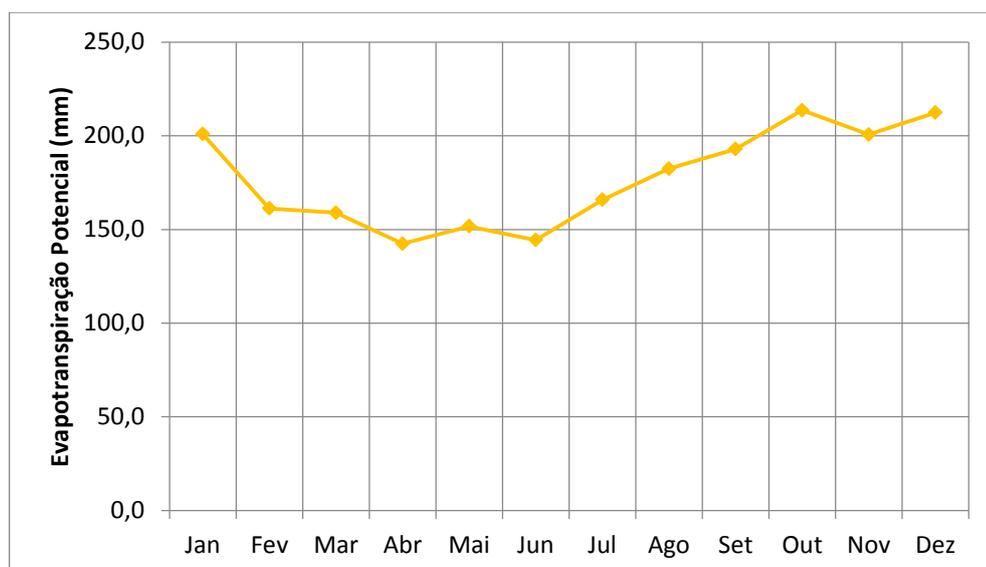


Figura 2.15 – Evapotranspiração potencial mensal – Normais climatológicas

A evapotranspiração potencial pela equação de Hargreaves-Samani (1985) é recomendada pela FAO na ausência de dados das variáveis necessárias para o cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith, sendo necessários somente dados de temperatura do ar:

$$ETO_{hg} = 0,0023Ra\sqrt{(T_{máx} - T_{mín})(T_m + 17,8)}$$

Onde:

Ra – Radiação solar no topo da atmosfera (mm/d)

T_m – Temperatura média do ar (°C)

$T_{máx}$ – Temperatura máxima do ar (°C)

$T_{mín}$ – Temperatura mínima do ar (°C)

Conforme Allen *et al.* (1998) temperatura média pode ser calculada como a média aritmética das temperaturas máximas e mínimas. A radiação solar do topo da atmosfera pode ser calculada a partir da equação a seguir, sendo necessária a divisão pelo calor latente de evaporação da água (2,45 MJ/kg a 20°C) para compatibilização das unidades.

$$Ra = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [W_s \text{sen}(\varphi) \text{sen}(\delta) + \cos(\varphi) \text{sen}(\delta) \text{sen}(W_s)]$$

Onde:

G_{sc} é a constante solar (0,0820 MJ/m²d)

d_r é o quadrado da distância relativa entre o sol e a terra, em radianos

W_s é o ângulo horário ao pôr do sol, em radianos.

φ é a latitude local, em radianos.

δ é a declinação solar, em radianos.

Os valores das variáveis d_r , W_s e δ podem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$d_r = 1 + 0,33 \cos\left(\frac{2\pi J}{365}\right)$$

$$\delta = 0,409 \text{sen}\left(\frac{2\pi J}{365} - 1,39\right)$$

$$W_s = \arccos[-\text{tg}(\varphi)\text{tg}(\delta)]$$

Onde:

J é o dia juliano.

Os resultados diários foram agregados em mensais, desprezando os meses com algum dia com falhas presentes nos dados, e estão apresentados no **Quadro 2.10** e na **Figura 2.10**. O período de 1979 a 1992 foi suprimido devido à ausência dos dados necessários e, conseqüentemente, dos resultados.

Quadro 2.11 – Evapotranspiração potencial mensal - Hargreaves

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	175,01	128,17	143,97	130,96	130,20	136,89	153,56	182,11	185,46	196,75	190,10	184,96
1962	172,42	144,84	152,71	133,51	137,50	143,81	159,98	181,43	188,55	213,99	197,22	203,46
1963	189,01	157,91	165,28	156,57	155,84							
1964	169,68	158,51	165,07	147,63								
1965	184,26	174,46	171,21		143,84	131,25	158,82	188,79			183,73	181,89
1966	180,19	151,91	159,04	139,26	130,56	130,37	141,06	172,11	176,60	192,10	173,13	176,71
1967	172,06	152,00	161,98									178,38
1968								174,46	179,28	189,78		167,24
1969	165,14	142,48	143,07	123,58	118,72	124,37	141,13	169,57			186,89	189,03
1970	174,72	161,75	142,67		149,99	143,61	159,52	174,13	178,89	192,59	167,70	181,44
1971												
1972												
1973	149,42	127,19		118,85	121,77	120,07	140,46	170,57	183,91	198,86	188,64	178,31
1974	160,00	128,80	128,63	118,76	116,43	111,41	140,77	179,93	181,06	189,80	182,60	167,16
1975	173,98	130,12	137,27	126,48	118,97	121,66	136,38	172,94	183,74	189,68	186,81	164,94
1976	170,48	134,23	142,01	131,35	141,78	138,35	163,05			181,93	174,62	187,33
1977	146,28	131,82	141,52	127,09	128,04							
1978	171,16	146,10		129,19	130,01	138,51	151,16	175,05	176,15	186,38	180,16	
1993												192,88
1994	153,65	130,60	143,24	129,45						198,09	188,24	181,00
1995	167,81	126,49	147,41	118,08	121,18	120,80	143,54	179,32	189,42	195,18	180,51	
1996			135,83	123,62	131,54	136,32	153,78	173,15	184,55	196,16	182,21	192,14
1997		171,41	169,14	125,62	129,89	157,02	164,97	174,18	188,98	199,34	184,41	185,18
1998	155,46	162,32	165,15	154,79	163,38	157,54		183,08	190,24	202,33	189,79	190,53
1999	175,89	141,81	141,55	133,44	124,34	140,19	162,94	185,79	188,38	201,64	185,69	178,08
2000	149,76	143,38	145,54	130,31	129,76	134,31						
2001											188,11	
2002					135,22	133,56	159,85		189,53		191,12	189,12
2003	176,67	124,43	140,05	128,34	134,49	142,00	166,88	186,21	195,25	203,24	190,21	178,43
2004	154,83	133,25		141,46	147,46	132,28	142,60		195,92	203,01	183,74	192,83
2005	181,71	155,86	159,27	147,26	138,05	134,29	169,10	183,97	191,63	204,91	196,22	181,47
2006	188,71		147,29	130,23	127,17	128,33	159,38	188,05	191,83	208,64	195,95	
2007	193,63	137,61	151,72	132,21	142,90	149,14	160,32	185,03	195,36	206,18	195,81	171,50
2008	158,01	151,95	142,49	127,80	127,23	132,93	149,65	178,63	185,80	208,50	197,51	
2009	172,43	136,03	135,78	124,72	119,57	119,75	130,07	173,94	194,40		198,60	183,42
2010	177,86	161,67	185,06	143,45	158,61	155,37	164,71	189,96	201,06	205,45	198,93	172,28
2011	148,15	135,35	146,10	131,22	123,99	129,92	135,60	179,71	187,58	194,29	193,68	190,05
2012	180,94	161,42	163,48	152,69	169,54	159,59	162,28	187,60	183,74		192,67	183,91
2013	176,51	162,02	177,91	146,88	140,98	139,48	147,78	184,01	191,23	206,35	187,70	185,28
2014	179,24	155,88	161,90		141,05	151,56	167,19	192,61	190,30	203,21	188,18	180,45
2015	190,85	156,05	148,87	139,07	154,87	157,10	152,09	191,92	192,51	207,79	202,25	188,63
2016	150,44	150,87	165,86	139,99	159,88	163,22	168,93	196,96	186,60	210,76	197,02	179,53
2017	173,68	139,46	140,47	134,85	136,42	141,66	156,06	190,47	194,94	203,98	195,69	183,01
2018	184,00	136,03	152,94	135,42	135,08	151,40	160,21	192,72	203,70		197,06	166,21
2019	175,95	131,47	144,83	128,60								
Média	170,81	145,29	151,84	133,79	136,56	138,47	153,87	181,88	188,60	199,69	188,94	182,02
Máxima	193,63	174,46	185,06	156,57	169,54	163,22	169,10	196,96	203,70	213,99	202,25	203,46
Mínima	146,28	124,43	128,63	118,08	116,43	111,41	130,07	169,57	176,15	181,93	167,70	164,94

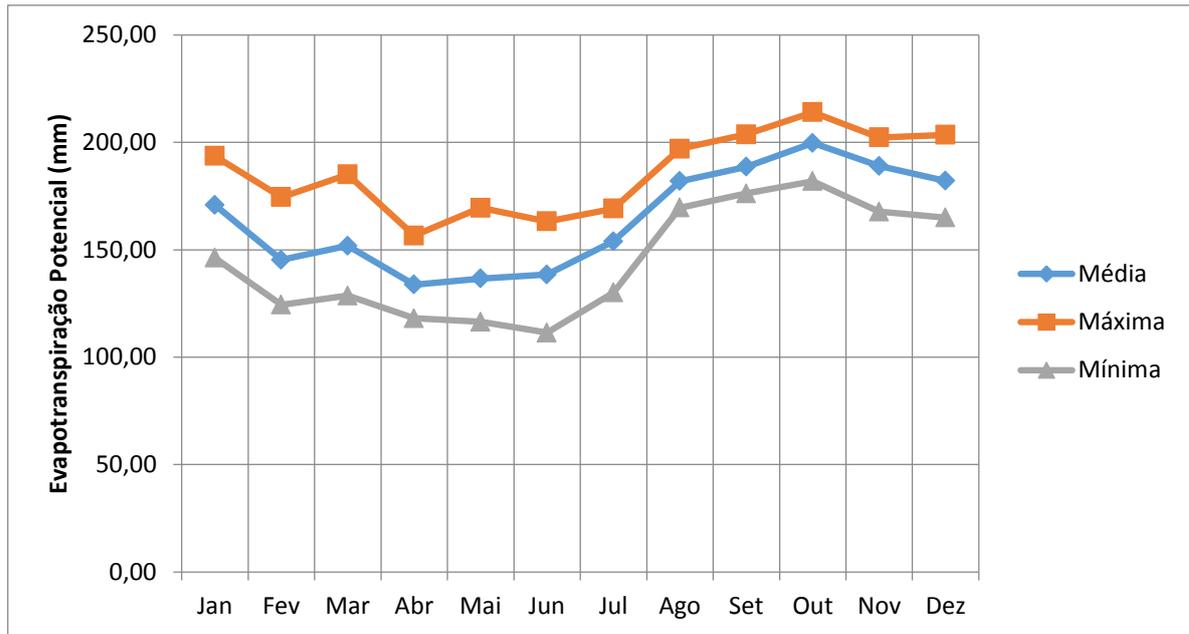


Figura 2.16 – Evapotranspiração potencial mensal (máxima, mínima e média) – Hargreaves

O cálculo da ETo diária pelo método de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN *et al.* 1998) necessita de dados das variáveis: insolação, temperatura máxima e mínima, velocidade do vento média e umidade relativa máxima e mínima, seguindo o seguinte equacionamento:

$$ETO_{pm} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Onde:

R_n é a radiação líquida total (MJ/m².dia)

G é a densidade do fluxo de calor no solo (MJ/m².dia)

T_m é a temperatura média diária do ar (°C).

u_2 é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m/s).

e_s é a pressão de saturação e vapor (kPa).

e_a é a pressão parcial de vapor (kPa).

Δ é a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa/°C).

γ é a constante psicrométrica (kPa/°C).

As variáveis necessárias podem ser calculadas a partir dos tópicos a seguir:

Declividade da curva de pressão:

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(T_m + 237,3)^2}$$

$$e_s = \frac{e^0(T_{m\acute{a}x}) + e^0(T_{m\acute{i}n})}{2}$$

$$e^0(T_{m\acute{a}x}) = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27T_{m\acute{a}x}}{T_{m\acute{a}x} + 237,3}\right)$$

$$e^0(T_{m\acute{i}n}) = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{i}n} + 237,3}\right)$$

Onde $e^0(T_{m\acute{a}x})$ e $e^0(T_{m\acute{i}n})$ é a pressão de saturação de vapor à temperatura máxima e mínima, em kPa, e \exp é referente a base do logaritmo natural e elevada ao expoente em parênteses.

1) Radiação Líquida Total:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s$$

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{m\acute{a}x, k^4} + T_{m\acute{i}n, k^4}}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right)$$

$$R_{so} = (a_s + b_s)R_a$$

$$R_s = \left(a_s + \frac{b_s n}{N} \right) R_a$$

Onde:

R_{ns} é o saldo de radiação de ondas curtas;

R_{nl} é o saldo de radiação de ondas longas;

α é o albedo, 0,23 (valor padrão para cultura de referência - grama).

R_s é a radiação solar global (MJ/m²d);

σ é a constante de Stefan-Boltzman (4,903x1e-9 MJ/k⁴m²d);

$T_{m\acute{a}x, k}$ e $T_{m\acute{i}n, k}$ são as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente, em Kelvin;

e_a é a pressão parcial de vapor;

R_{so} é a radiação solar em dias de céu claro;

a_s e b_s são a fração da radiação extraterrestre em dias claros;

R_s é a radiação solar em dias com nuvens;

n é o total de horas de insolação medidos;

N é o total de horas de insolação máximo para o dia do cálculo.

O valor de $a_s + b_s$ pode ser inferido a partir de literatura ou, na ausência de dados, calculados pela expressão $a_s + b_s = 0,75 + 2e-5z$, onde z é a altitude local em metros, o que foi adotado no presente estudo.

O valor de e_a deve ser calculado a partir de dados de umidade relativa mínima e máxima. Na ausência desses dados, como é o caso do presente estudo, onde a umidade relativa mínima não é uma variável disponibilizada para a estação de Sobral, o valor de e_a pode ser calculado a partir da umidade relativa média (UR), conforme Allen *et al.* (1998):

$$e_a = \frac{e_s UR}{100}$$

O total de horas de insolação pode ser obtido pela expressão:

$$N = \frac{24}{\pi} W_s$$

W_s e R_a seguem o mesmo equacionamento apresentado para o método de Hargreaves-Samani.

Constante Psicrométrica

$$\gamma = \frac{C_p P}{\varepsilon \lambda}$$

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26}$$

Onde:

C_p é o calor específico a pressão constante (1,013e-3 MJ/kg°C);

P é pressão atmosférica, em kPa;

ε é a relação entre o peso molecular do vapor da água e do ar seco (0,622);

λ é o calor latente de evaporação da água.

Finalmente, a densidade do fluxo de calor no solo pode ser considerada igual a zero por simplificação (Allen *et al.*, 1998).

Analogamente aos resultados por Hargreaves-Samani, os resultados diários foram agregados em mensais, desprezando os meses com algum dia com falhas presentes nos dados, e estão apresentados no **Quadro 2.12** e na **Figura 2.17**. O período de 1979 a 1993 foi suprimido devido à ausência dos dados necessários e, conseqüentemente, dos resultados.

Quadro 2.12 – Evapotranspiração potencial mensal - Penman-Monteith

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	129,62	96,47	119,22	105,96	104,51	108,73	125,89	157,70	170,91	185,80	163,42	158,30
1962	142,54	122,51	118,15	104,05	108,20	118,49	123,55	157,01	155,07	161,45	137,69	146,03
1963	131,01	105,89		106,61	105,15							
1964	110,20		102,41	88,30								
1965	129,02	140,95			109,00	94,04					185,93	153,63
1966	154,77	128,84	140,81	122,80					159,98	171,18	148,58	145,76
1967	135,57		99,94									
1968								167,40		208,06		158,07
1969	158,41		124,71	110,42		113,49	125,72	163,03			201,65	206,36
1970	181,29	179,03	124,27		146,80	141,54	163,50	200,03	225,73	227,00	189,78	214,96
1971												
1972												
1973	147,13	122,38		101,97	110,19	109,47	122,70	174,70	194,28	215,36	205,61	193,83
1974	146,95	105,38	100,85	98,68	98,16	97,90	132,13	182,22	198,02	216,11	205,52	183,94
1975	181,09	113,32			99,06	109,14	122,57	177,72	203,33	220,59	226,37	
1976	184,74	117,18	127,17	116,16	135,92	143,22	188,85			203,91	204,64	232,85
1977	138,83	122,88	127,62	114,27	122,44							
1978	179,36	153,11		112,13	119,44	132,29	148,24	192,02	212,81	232,48	209,02	
1994										241,39	222,48	191,60
1995											189,81	
1996				106,13		134,17	160,18				210,54	222,96
1997		177,82	155,84	116,66	116,28				219,51			215,72
1998	133,62	165,70										
1999					104,30		139,52	181,75	197,26	206,58	192,72	173,78
2000	134,02	118,33	119,71	117,44	113,87	111,18						
2001												
2002					119,80	110,77	125,40		178,15		174,66	184,91
2003	147,83	97,37	116,98	113,33	111,79	111,47	135,83	169,63	195,39	193,52	181,89	
2004	124,47	114,56		120,28		105,94	121,01		189,04	196,17	187,63	185,94
2005	156,39	131,16	131,93	122,75	115,91	105,46	149,27	173,61	187,78	214,52	204,97	196,99
2006	183,90			113,35	111,32	105,80	125,78	174,07	191,62	208,55	192,94	
2007	187,22	114,01	125,85	112,96	127,00	126,04	138,72	182,17	197,87	211,36	191,98	166,78
2008	129,28	129,92	113,78	108,15		103,54	119,87	170,04	205,25	214,95	202,04	
2009	156,06		110,07	104,76	98,82	106,47		156,74	194,38			188,63
2010	157,50	151,85	174,67	125,80	147,16	145,93	143,71	181,63	209,34	204,82	213,98	170,33
2011	125,00	117,09	124,73	112,71		111,43		174,15	193,52	187,40	187,17	
2012	170,57	148,19			162,76	149,31	144,06	195,59	201,81			185,79
2013	152,83	152,30	162,28	132,48	122,85	119,85		174,73	192,84	202,36	169,88	
2014	149,87	119,47	133,20			121,70		171,44	185,18	199,06		
2015	177,98	128,60	123,84	117,00	130,45	136,01		171,35	174,77	195,54	182,13	179,71
2016	125,09	122,97	138,61	117,47	125,59	124,25		168,30	176,18	191,77	181,98	149,47
2017		112,48	111,32	118,02	117,20	115,21	124,38	164,72	185,28	201,60	171,64	
2018	153,37	108,24	129,12		109,73	112,26		167,82	191,47		178,44	132,46
2019	135,10	106,60	118,47	105,35								
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	150,49	128,21	126,28	112,62	118,29	118,11	137,19	173,98	192,10	204,46	190,17	180,78
Máxima	187,22	179,03	174,67	132,48	162,76	149,31	188,85	200,03	225,73	241,39	226,37	232,85
Mínima	110,20	96,47	99,94	88,30	98,16	94,04	119,87	156,74	155,07	161,45	137,69	132,46

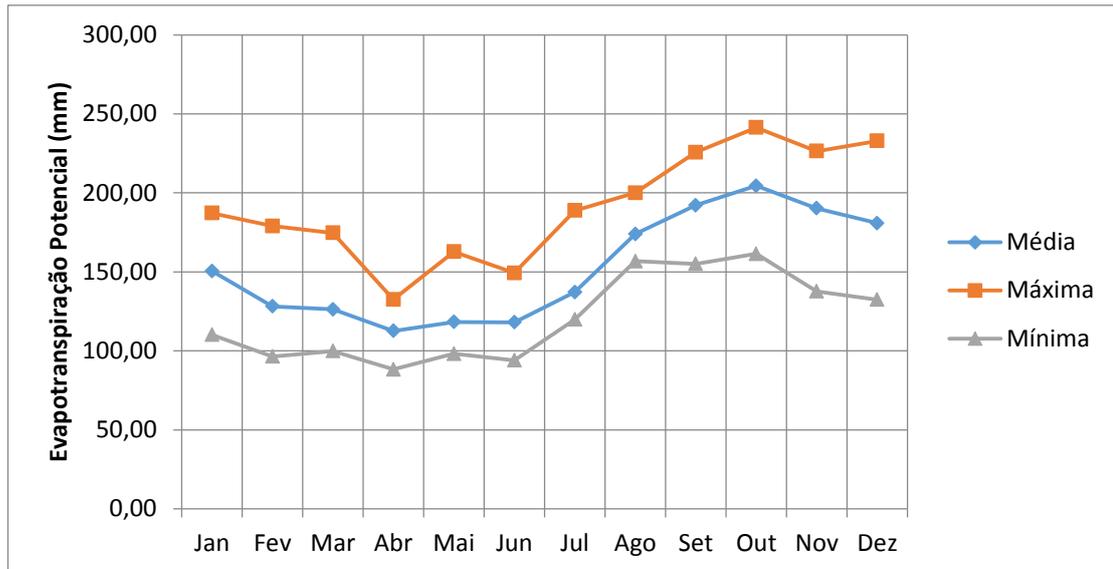


Figura 2.17 – Evapotranspiração potencial mensal (máxima, mínima e média) – Penman-Monteith

2.8.7 - Intensidade dos Ventos

As normais climatológicas do INMET (2018) fornecem os resultados de intensidade e direção dos ventos, sendo apresentadas no quadro e figura que seguem.

Observa-se a maior intensidade média dos ventos (a 10 m) para os meses de setembro a dezembro, onde dezembro apresentou o maior valor (3,3). Os menores valores ocorrem entre os meses de março a julho, onde o mês de abril apresenta uma intensidade em torno de 36% da intensidade máxima observada para dezembro.

A direção dos ventos é classificada predominantemente como Nordeste, exceto para os meses abril e maio, cujas normais classificam como Calmo, e para os meses julho e agosto, com direção leste.

No **Quadro 2.1** e na **Figura 2.18**. Apresenta os dados de intensidade e direção média mensal dos ventos.

Quadro 2.13 – Intensidade e direção média mensal dos ventos

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Intensidade (m/s)	2,2	1,8	1,5	1,2	1,3	1,3	1,4	2,2	2,7	2,7	3,0	3,3
Direção (Cardeal)	NE	NE	NE	Calmo	Calmo	NE	E	E	NE	NE	NE	NE

Fonte: INMET (2018)

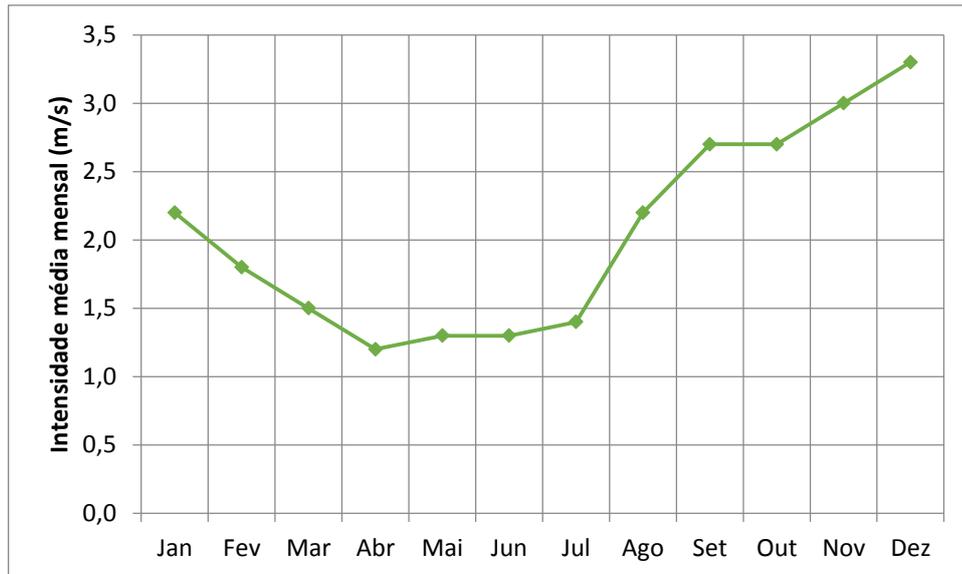


Figura 2.18 - Intensidade média mensal dos ventos (m/s)

2.9 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

A classificação climática de Köppen (1931) é universalmente uma das mais utilizadas, sendo baseada nas características térmicas e na distribuição sazonal da precipitação. Para a Barragem Poço Comprido, a classificação climática pode ser avaliada pela distribuição zoneada da **Figura 2.19**.

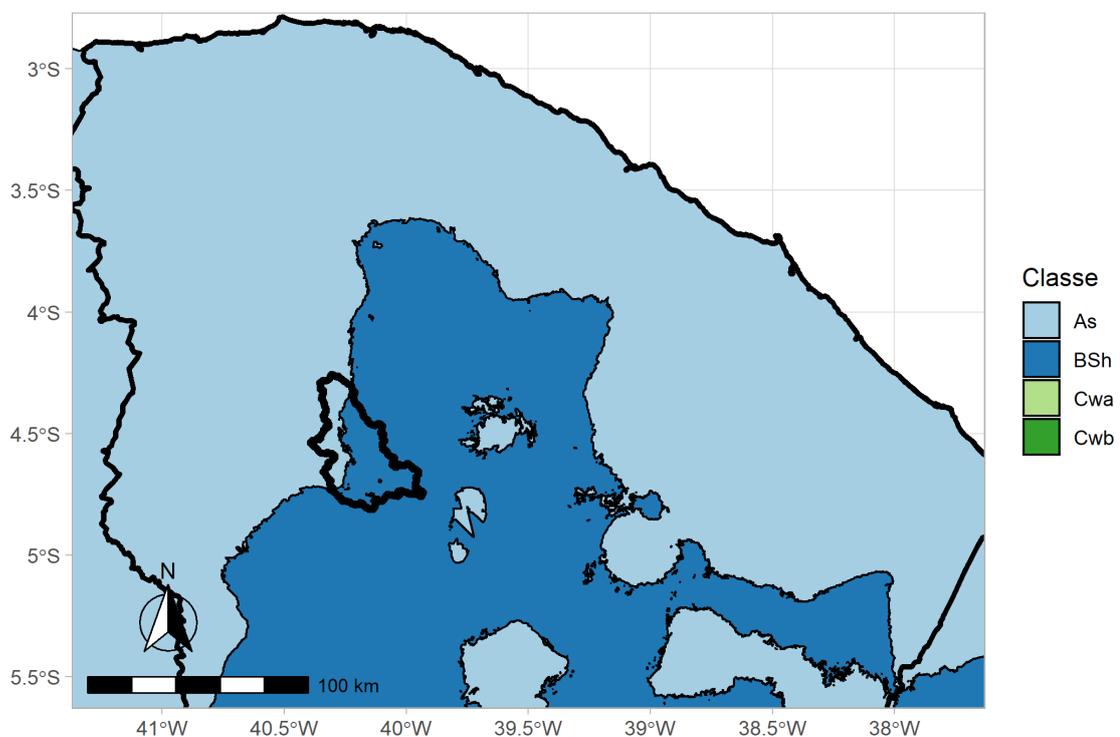


Figura 2.19 - Classificação climática de Köppen-Geiger para a Bacia hidrográfica da barragem Poço Comprido. (Alvares et. al, 2013)

Pela imagem apresentada, a bacia da barragem do Poço Comprido está inserida quase na sua totalidade na região de classificação “BSh” com parte com classificação “As”. O código “BSh” caracteriza o clima da região da bacia como “Semi-árido quente” com características como temperatura média do ano maior que 18°C, evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual e precipitação anual média abaixo de 800 mm.

2.10 - CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A caracterização pluviométrica tem como objetivo determinar a altura média de precipitação sobre a bacia do açude da barragem de Poço Comprido, devido à necessidade do conhecimento da distribuição e variação da precipitação, tanto no tempo como no espaço. Para isto, é necessário utilizar observações de estações pluviométricas dentro do limite da bacia e em sua vizinhança. Para esta estimativa será adotado o método de Thiessen, que é indicado quando não se há uma distribuição uniforme das estações pluviométricas dentro da bacia.

O método de Thiessen consiste em unir as estações por trechos retilíneos, dando origem a vários triângulos. Traçando linhas perpendiculares a mediatriz das linhas de cada triângulo, obtêm-se diferentes polígonos que são os limites das áreas de influência de cada posto. Admite-se que cada posto seja representativo daquela área onde a altura precipitada é tida como constante. Desta forma, o método gera uma média ponderada das alturas registradas pelos pluviômetros, que é diretamente proporcional à área de influência da bacia.

Ao consultar o banco de dados hidrológicos Hidroweb, da Agência Nacional de Águas, verificou-se que existem 14 postos pluviométricos nas proximidades e no interior da bacia estudada. O **Quadro 2.14** apresenta algumas características dos postos selecionados para o estudo. Dentro do sistema Hidroweb foram encontrados postos com mesmo nome e mesma localização, entretanto possuíam operadores diferentes. Para estes casos foram considerados os dados do DNOCS apenas para os períodos que não havia dados no posto operado pela FUNCEME.

Quadro 2.14 - Postos pluviométricos na região da bacia hidrográfica

CÓDIGO	POSTO	OPERADORA	MUNICÍPIO	COORDENADAS		Série Histórica	Período
				LAT	LONG		
440076	São Manoel	FUNCEME	Tamboril	4° 52' 12.00"	40° 10' 48.00"	7 Anos	2002-2007
439023	Jacampari	DNOCS	Boa Viagem	4° 43' 0.12"	39° 56' 0.00"	78 Anos	1926-2000
440009	Catunda	FUNCEME	Catunda	4° 40' 0.12"	40° 12' 0.00"	56 Anos	1962-2017
439043	Jacampari	FUNCEME	Boa Viagem	4° 46' 0.12"	39° 55' 0.12"	13 Anos	2000-2012
439062	Macaoca	FUNCEME	Madalena	4° 45' 36.00"	39° 28' 48.00"	15 Anos	1998 - 2012
440040	Paraíso	FUNCEME	Catunda	4° 30' 0.00"	40° 10' 0.12"	18 Anos	2000 - 2017
440053	Betânia	FUNCEME	Catunda	4° 31' 0.12"	40° 18' 0.00"	18 Anos	2000 - 2017
440067	Boa Esperança	FUNCEME	Tamboril	4° 38' 0.00"	40° 23' 0.00"	19 Anos	1998 - 2016
440077	Santa Quitéria	FUNCEME	Santa Quitéria	4° 20' 0.00"	40° 9' 0.00"	44 Anos	1974 - 2017
440081	Raimundo Martins	FUNCEME	Santa Quitéria	4° 38' 0.00"	40° 4' 0.12"	18 Anos	2000 - 2017
440070	Trapiá	CPRM	Santa Quitéria	4° 11' 21.84"	40° 19' 6.96"	14 Anos	2004 - 2017
440025/440029	Monsenhor Tabosa	DNOCS/FUNCEME	Monsenhor Tabosa	4° 48' 0.00"	40° 4' 0.12"	106 Anos	1912 - 2017
440002/440034	Hidrolândia	DNOCS/FUNCEME	Hidrolândia	4° 25' 0.12"	40° 24' 0.00"	75 Anos	1943 - 2017
440065	Lizie	FUNCEME	Santa Quitéria	4° 37' 48.00"	40° 11' 24.00"	9 Anos	2001 - 2009

Devido à grande proximidade entre os postos de Raimundo Martins e Lizzie, apenas o posto com maior número de dados foi considerado na realização do Thiessen. Os postos utilizados no traçado dos polígonos estão ilustrados na **Figura 2.20**.

Como é observado no **Quadro 2.14**, três postos pluviométricos apresentam uma série histórica satisfatória, entre 75 e 106 anos de dados observados.

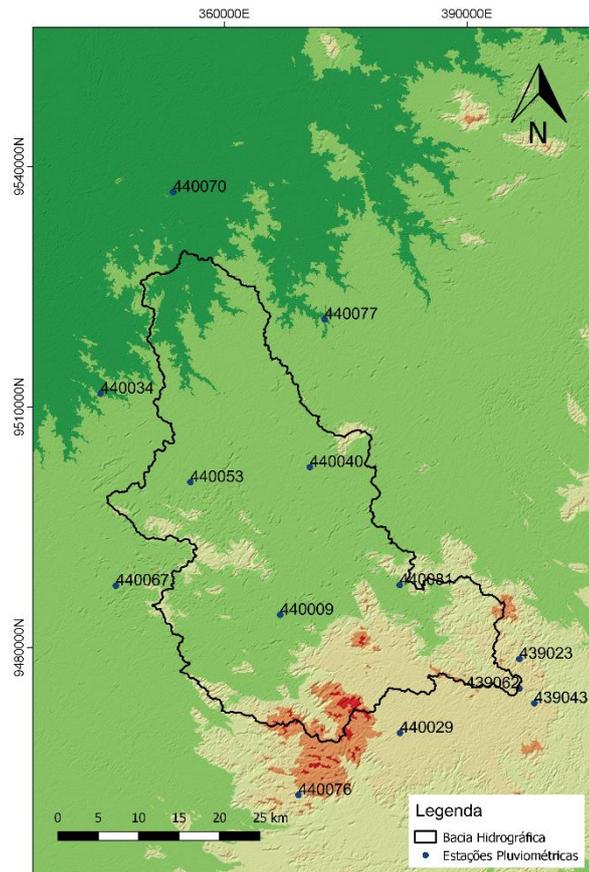


Figura 2.20 - Estações Pluviométricas próximas ao açude da barragem de Poço Comprido

O polígono de Thiessen foi traçado utilizando as séries diárias dos 12 postos ilustrados na **Figura 2.20** de acordo com a disponibilidade de dados e o resultado da distribuição mensal está presente no **Quadro 2.15**. A **Figura 2.21** apresenta o Polígono de Thiessen para a área estudada.

Quadro 2.15 - Precipitação média mensal dos postos pluviométricos

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Thiessen	77.44	113.06	189.58	164.22	79.70	24.02	11.94	3.41	0.85	2.29	5.68	23.23	695.41

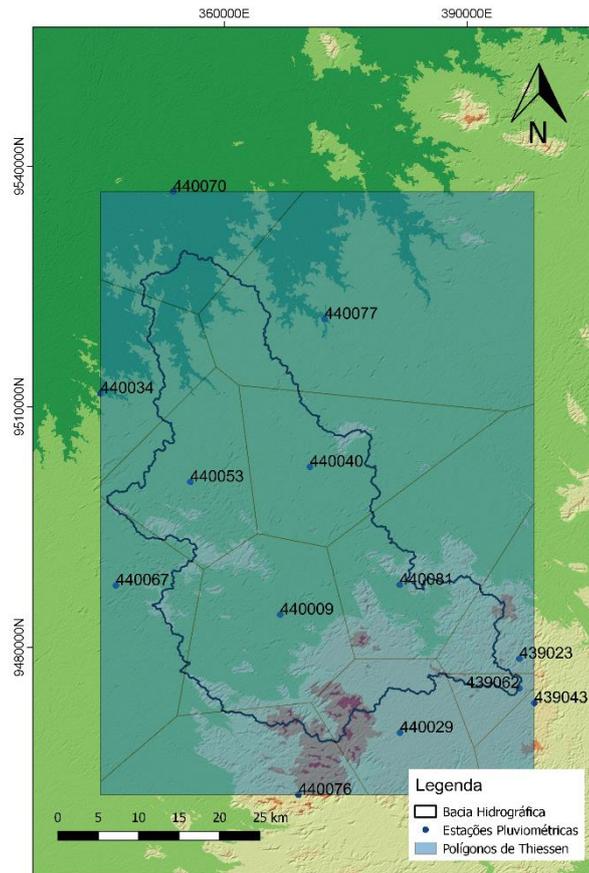


Figura 2.21 - Polígono de Thiessen realizado para a região do açude da barragem de Poço Comprido

A influência de cada posto na precipitação que ocorre na bacia de contribuição do açude da barragem de Poço comprido pode ser verificada no **Quadro 2.16**.

Quadro 2.16 - Influência dos Postos na Bacia Hidrográfica do açude da barragem de Poço Comprido

Código	Posto	Área (km ²)	Influência (%)
440076	São Manoel	24.63	1.7%
439023	Jacampari	54.58	3.7%
440009	Catunda	348.90	23.9%
439062	Macaoca	13.50	0.9%
440040	Paraíso	239.00	16.4%
440053	Betânia	246.19	16.8%
440067	Boa Esperança	40.20	2.8%
440077	Santa Quitéria	94.80	6.5%
440081	Raimundo Martins	197.69	13.5%
440070	Trapiá	48.38	3.3%
440029	Monsenhor Tabosa	78.17	5.3%
440034	Hidrolândia	75.17	5.1%
TOTAL		1461.2	100,0%

Pelo método de Thiessen, verificamos que o posto de Catunda (440009) é o posto mais abrangente da área, com 23,9% de influência, seguido do posto de Betânia com 16,8% de influência da bacia. O posto de Jacampari (439043) não foi considerado para a realização do Thiessen, por não possuir área de influência dentro da bacia de estudo.

O **Quadro 2.17** apresenta a distribuição das precipitações mensais analisadas a partir de dados disponíveis na Hidroweb.

Quadro 2.17 - Precipitação média mensal dos postos pluviométricos

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
SÃO MANOEL	142.00	128.40	118.52	80.60	61.80	31.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	562.82
JACAMPARI	67.44	104.44	164.49	166.54	91.48	42.11	24.87	3.41	2.09	0.66	6.13	18.80	692.48
CATUNDA	87.84	101.80	199.94	173.85	72.01	17.14	8.96	2.39	0.73	1.46	4.10	19.59	689.81
MACAOCA	74.71	47.92	112.13	124.17	75.89	56.96	20.73	7.58	0.00	0.50	0.00	4.93	525.54
PARAÍSO	118.08	95.45	144.00	101.73	32.00	11.44	1.33	0.00	1.50	0.00	0.00	2.14	507.69
BETÂNIA	97.16	108.68	222.40	161.22	81.43	6.64	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	23.85	702.30
BOA ESPERANÇA	82.69	99.25	139.75	138.64	97.29	23.70	2.67	0.57	0.00	0.00	0.00	4.33	588.89
SANTA QUITÉRIA	104.40	128.76	207.85	177.20	73.05	13.78	4.21	1.34	0.50	0.30	3.51	17.22	732.13
RAIMUNDO MARTINS	118.19	68.16	115.65	108.94	45.84	9.06	3.81	0.00	0.00	0.00	1.35	10.60	481.62
TRAPIÁ	98.97	123.70	181.75	192.52	92.75	20.72	9.49	2.07	0.00	15.42	0.00	25.54	762.92
MONSENHOR TABOSA	71.63	100.52	158.83	142.05	74.96	35.08	19.57	6.54	1.68	2.15	5.12	25.41	643.56
HIDROLÂNDIA	87.94	132.59	225.88	195.13	93.45	20.04	6.97	0.87	0.15	3.10	7.94	23.47	797.52

Analisando os dados apresentados, verificamos que o posto Catunda (440009) é o posto pluviométrico mais representativo existente próximo da bacia hidrográfica do açude. Isso pode ser verificado pelos seguintes aspectos:

1. A série de dados históricos é representativa, apresentando 56 anos de dados observados e sem muitas descontinuidades;
2. Posto com maior influência de área no polígono de Thiessen, apresentando cerca de 23,9 % de abrangência na bacia.

Avaliando a precipitação interanual do posto de Catunda, observa-se, pelas **Figuras 2.22 e 2.23**, a semelhança das precipitações mensais com as obtidas pelo método de Thiessen. Percebe-se ainda, pela distribuição sazonal das chuvas, que o principal sistema atuante na bacia é a Zona de Convergência Intertropical responsável pelas chuvas de janeiro a maio.

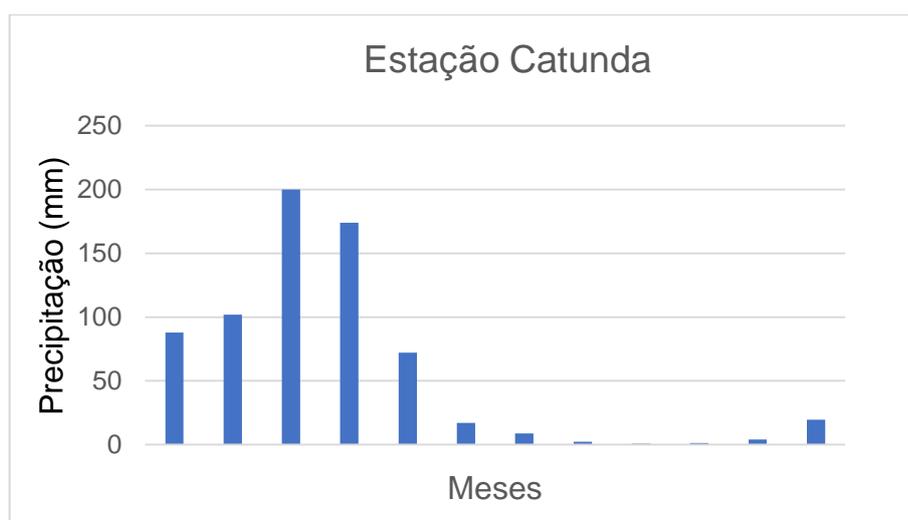


Figura 2.22 - O regime de chuvas no posto Catunda

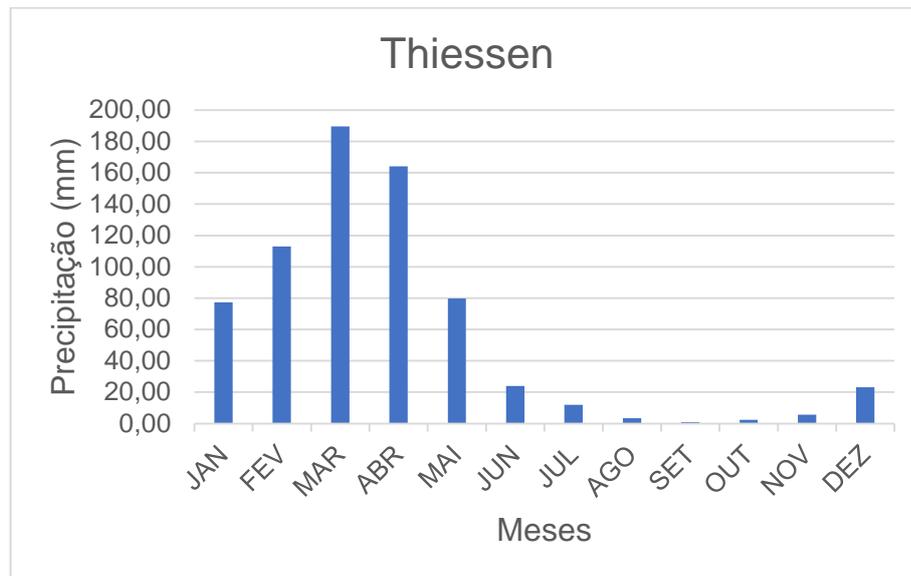


Figura 2.23 - O regime de chuvas na bacia por Thiessen

Uma característica marcante das chuvas da região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro, região onde as bacias se inserem, é a imensa variabilidade espacial e temporal das suas chuvas. A variabilidade temporal se dá em duas escalas de tempo – a intra-anual e a interanual. No que se refere à variabilidade intra-anual, suas características se mostram na sazonalidade das chuvas – um período chuvoso bem definido (o ‘inverno’) e um período seco, mais longo (**Figuras 2.22 e 2.23**). No que se refere à variabilidade interanual, é a maior do mundo, somente comparável ao noroeste da Austrália. Anos extremamente chuvosos e extremamente secos se intercalam de maneira tão irregular que dificulta sobremaneira a previsão do total precipitado durante a estação chuvosa.

3 - O REGIME DE CHUVAS INTENSAS NA BACIA

3 - O REGIME DE CHUVAS INTENSAS NA BACIA

O presente capítulo tem como objetivo principal a determinação das chuvas intensas, com períodos de retorno igual a 1.000 e 10.000 anos, sobre a área drenagem do Açude Poço Comprido. A metodologia utilizada foi a das Isozonas (Torrice, 1975), na qual são estimadas as precipitações máximas espaciais com duração de 1 (um) dia sobre as bacias.

3.1 - OS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS POTENCIALMENTE UTILIZÁVEIS

No capítulo anterior foi verificada a existência de inúmeros postos pluviométricos próximos à bacia hidrográfica e alguns no interior da bacia de contribuição, havendo a necessidade de se avaliar a precipitação local através dos polígonos de Thiessen. Os postos utilizados e suas áreas de influência, calculadas através do método de Thiessen, estão expostos no **Quadro 3.1**.

Foram utilizados os postos com séries maiores que 30 anos válidos. Todos os postos, com exceção do 440077, apresentaram séries incompletas para alguns anos da série. Os anos com falhas de preenchimento foram desconsiderados, visto que cada ano é considerado uma realização da variável aleatória e que a série é estacionária.

Quadro 3.1 – Área de influência dos postos na bacia hidrográfica do açude Poço Comprido.

CÓDIGO	POSTO	ÁREA (km ²)	INFLUÊNCIA (%)	PERÍODO DA SÉRIE	ANOS INCOMPLETOS
439023	JACAMPARI	129.8	9%	01/01/1927 a 01/12/2000	1930, 1967, 1978, 1986, 1987, 1988 e 1998
440009	CATUNDA	774.3	53%	01/01/1962 a 01/12/2018	2010 e 2015
440077	SANTA QUITÉRIA	297.8	20%	01/01/1974 a 01/12/2018	2010 e 2011
440029	MONSENHOR TABOSA	86.2	6%	01/01/1974 a 01/12/2018	-
440034	HIDROLÂNDIA	173.0	12%	01/01/1979 a 01/12/2018	2007
TOTAL		1461.2	100%	-	-

A **Figura 3.1** ilustra a área de influência dos postos utilizados no estudo de cheias.

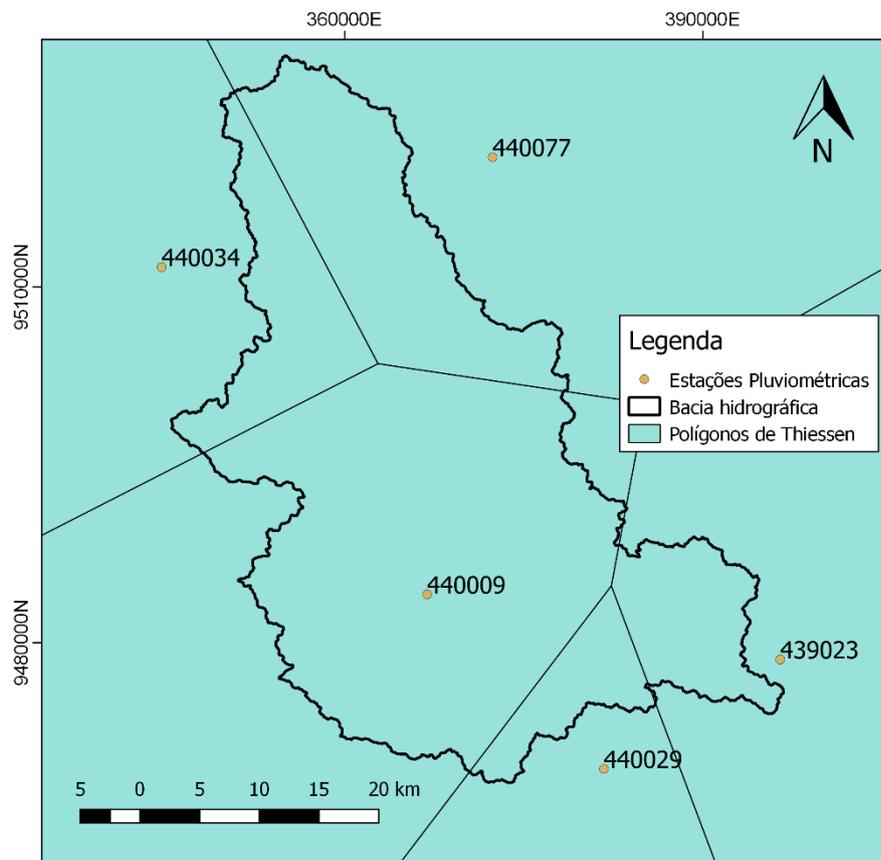


Figura 3.1 – Área de influência dos postos com mais de 30 anos válidos na bacia da barragem Poço Comprido.

3.2 - METODOLOGIA PARA CÁLCULO DAS CHUVAS INTENSAS

O Método das Isozonas (Torricco, 1975) é uma alternativa ao método clássico dos pluviogramas. Este método utiliza dados de chuvas diárias e, através de um processo de desagregação, transforma, para um dado período de retorno, a chuva de 1 dia de duração em chuvas de duração variando de 6 minutos a 24 horas.

O método tem por base o uso de "Isozonas", determinadas por Torricco, nas quais as relações entre as alturas de chuva de 1 hora e 24 horas e 6 minutos e 24 horas são constantes para um dado período de retorno (**Figura 3.2**). A metodologia empregada obedece a sequência descrita a seguir:

- Selecionar o posto pluviométrico;
- Selecionar, para cada ano, os valores das precipitações máximas diárias e formar a série de máximas anuais;
- Ajustar a série de máximas anuais a uma ou mais distribuições de probabilidade e executar, para cada uma delas, testes de aderência para verificar a qualidade do ajustamento;

- Selecionar uma distribuição de probabilidades e estimar, para os períodos de retorno desejados, a chuva intensa de um dia de duração;
- Transformar a chuva de um dia em chuva de 24 horas de duração através da relação da Equação 3.1:

$$P_{24h} = 1,1 * P_{1dia} \quad (3.1)$$

- Localizar a isozona do posto estudado e extrair da tabela os valores das relações entre a chuva de 24 horas e as chuvas de 1 hora e de 6 minutos (fator R), para os períodos de retorno em estudo;
- Calcular a chuva de 1 hora de duração, através da multiplicação pelo fator R:

$$P_{1h} = R * P_{24h} \quad (3.2)$$

- Para obtenção de chuvas de durações intermediárias, são utilizados os valores P_{24h} e P_{1h} para realizar uma interpolação logarítmica.

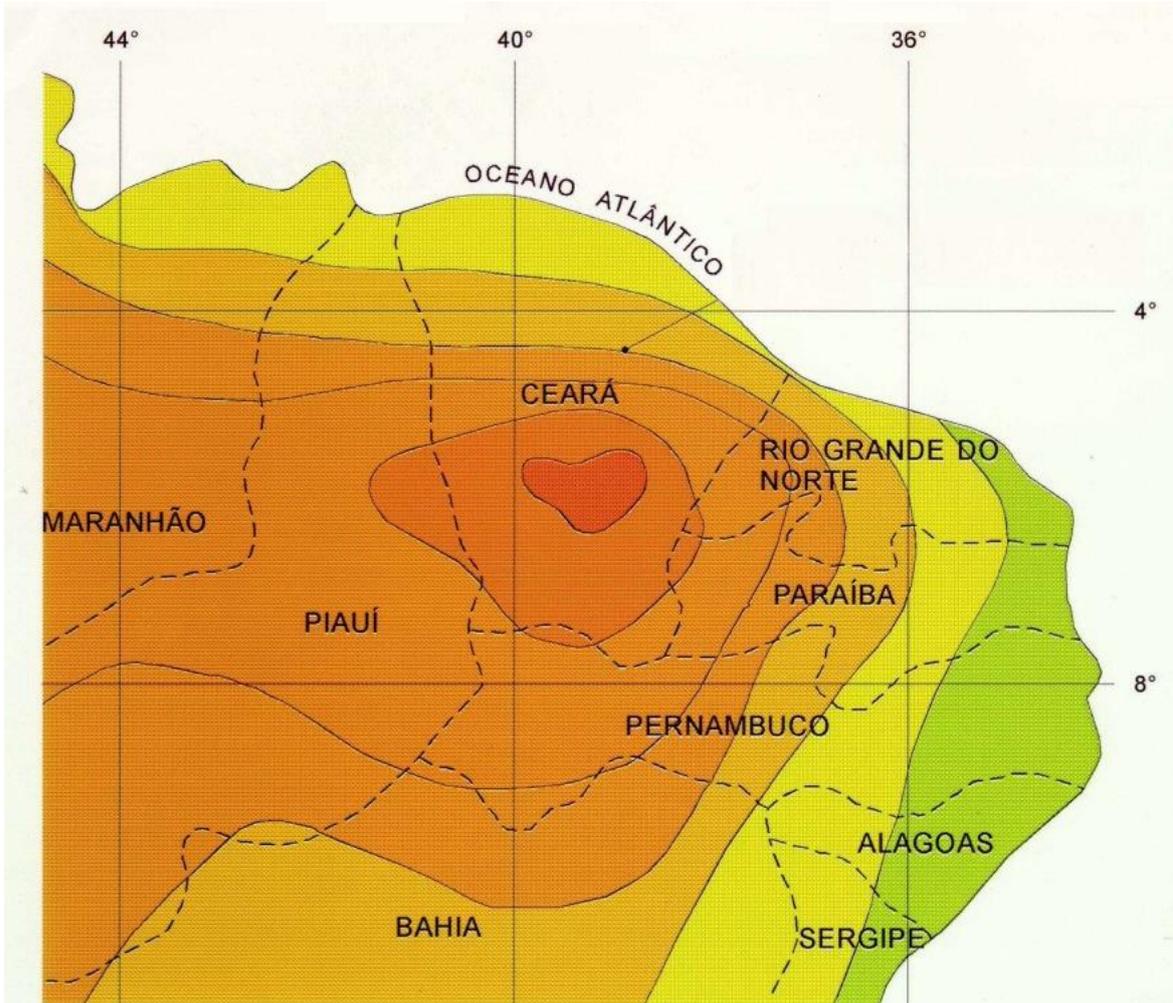
Inicialmente, foi determinada a série de máximas diárias anuais para cada posto pluviométrico e foi verificada a distribuição de probabilidade que melhor se ajustava a série de cada posto. Em seguida, através da função de distribuição cumulativa inversa, foi obtido o valor da precipitação máxima de um dia de duração correspondente aos períodos de retorno desejados (1.000 e 10.000 anos). A chuva de um dia foi convertida em chuva de 24h de duração e 1h de duração, de acordo com a metodologia descrita acima.

A partir da área de influência de cada posto, determinada a partir do método de Thiessen, foi calculada a precipitação ponderada de 24h de duração e de 1h de duração válida para toda a área da bacia, de acordo com as equações 3.3 e 3.4.

$$P_{24h} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} P_{i,24h} \quad (3.2)$$

$$P_{1h} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} P_{i,1h} \quad (3.4)$$

Onde A_i corresponde a área de influência do posto i , A equivale a área total e P_i , a precipitação máxima de 24h ou 1h de duração para o posto i .



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min. 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
B	38.1	37.8	37.5	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	8.4	7.5
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.0	38.4	37.2	36.2	9.6	9.0
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.9	11.2	10.0
E	44.0	43.6	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.6	11.2
F	46.0	45.5	45.5	45.1	44.9	44.9	44.6	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.0	45.7	46.4	45.9	44.5	43.1	16.4	13.7
H	49.9	49.4	49.1	49.9	49.9	46.5	46.3	47.0	46.3	44.9	16.7	14.9

Figura 3.2 - Isozonas de igual relação. (Fonte: Torrico, 1975)

3.3 - SELEÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES E ESTIMATIVAS DOS VALORES DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS ANUAIS

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.

O ajuste de 6 diferentes distribuições de probabilidades (log-normal, gama, weibull, logística e gumbel) foi testado para cada uma das séries de chuvas máximas anuais de cada posto. Para isso, foram utilizados dois testes de aderência: Qui-quadrado e Anderson-Darling (AD).

O teste de significância Qui-quadrado tem sua estatística baseada na comparação dos dados experimentais com os valores previstos pela distribuição esperada e seu parâmetro é calculado através da seguinte equação:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.5)$$

As frequências observadas (O_i) e as frequências esperadas (E_i) são encontradas multiplicando-se as frequências relativas, para cada classe i de um total de l classes, pelo tamanho da amostra (N). A regra de decisão é baseada no valor p :

$$p = P(\chi_q^2 \geq \chi_{obs}^2) \quad (3.6)$$

Em que χ_{obs}^2 é o valor calculado, a partir dos dados, usando a expressão apresentada para χ^2 . A hipótese nula assume que os dados seguem a distribuição testada. Para um nível de significância de 95%, o valor de p deve ser maior do que 0.05 para que a hipótese nula não seja rejeitada.

O teste Anderson-Darling é comumente utilizado para comparar o ajuste de várias distribuições de probabilidade a um determinado conjunto de dados. É um teste não-paramétrico baseado na diferença entre as funções de probabilidades acumuladas empírica e teórica de variáveis aleatórias contínuas.

As caudas da distribuição (valores extremos do conjunto de dados) recebem maior ponderação. A estatística AD é calculada através da seguinte equação:

$$AD = -N - \frac{\sum_{i=1}^N (2i-1) \{ \ln F_X(x_{(i)}) + \ln [1 - F_X(x_{(N-i+1)})] \}}{N} \quad (3.8)$$

Onde N é o tamanho da amostra e F_x é a função de distribuição contínua que está sendo testada. Valores elevados de AD implicam uma diferença significativa entre as distribuições

empírica e teórica. Assim, quanto menor o valor da estatística AD, melhor a distribuição testada se ajusta aos dados.

Os testes de aderência foram realizados através do software R e os resultados estão apresentados no **Quadro 3.2**.

Quadro 3.2 – Resultados dos testes de aderência das distribuições testadas.

Posto	Teste	Log-normal	Gama	Weibull	Logística	Gumbel
439023	AD	0.859	1.096	2.565	0.960	0.770
	Qui-quadrado	0.0265 Rejeita	0.0184 Rejeita	0.0002 Rejeita	0.0386 Rejeita	0.0514 Não Rejeita
440009	AD	0.674	0.407	0.581	0.506	0.420
	Qui-quadrado	0.2823 Não Rejeita	0.3483 Não Rejeita	0.1864 Não Rejeita	0.3395 Não Rejeita	0.3699 Não Rejeita
440077	AD	0.325	0.303	0.491	0.600	0.294
	Qui-quadrado	0.1047 Não Rejeita	0.0835 Não Rejeita	0.0350 Rejeita	0.0346 Rejeita	0.1080 Não Rejeita
440029	AD	0.442	0.291	0.336	0.497	0.312
	Qui-quadrado	0.4755 Não Rejeita	0.4612 Não Rejeita	0.3031 Não Rejeita	0.2879 Não Rejeita	0.4998 Não Rejeita
440034	AD	0.447	0.473	0.687	0.667	0.456
	Qui-quadrado	0.2204 Não Rejeita	0.2010 Não Rejeita	0.0939 Não Rejeita	0.0926 Não Rejeita	0.2115 Não Rejeita

De acordo com os testes de Anderson-Darling e Qui-quadrado, a distribuição das chuvas máximas anuais dos postos 439023 e 440077 se aproxima da Gumbel, enquanto os postos 440009 e 440029 tem distribuição Gama. O posto 440034 foi o único que apresentou distribuição Log-normal.

3.4 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÕES DE 24 HORAS

Após a determinação da distribuição de melhor ajuste para cada posto, através da função de distribuição cumulativa inversa, foram obtidos os valores da precipitação máxima de um dia de duração para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos para cada posto, resumidos no **Quadro 3.3**.

Quadro 3.3 - Precipitação máxima (mm) com durações de 1 dia para os períodos de retorno de 1.000 anos e 10.000 anos.

Tr (anos)	Precipitação máxima diária (mm)				
	439023	440009	440077	440029	440034
1 000	192.70	194.09	229.86	187.56	186.00
10 000	239.24	231.01	284.85	223.01	229.34

As chuvas virtuais de 24 horas de duração, contidas no **Quadro 3.4**, foram obtidas multiplicando-se as precipitações contidas no **Quadro 3.3** pelo fator 1,1 (para P_{1dia}).

$$P_{24h} = 1.1 * P_{1dia} \quad (3.5)$$

Quadro 3.4 - Precipitações máximas com duração de 24 horas (em milímetros).

Tr (anos)	Precipitação máxima diária (mm)				
	439023	440009	440077	440029	440034
1 000	211.97	213.50	252.84	206.32	204.60
10 000	263.17	254.11	313.33	245.31	252.27

3.5 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÃO DE 1 HORA

As precipitações intensas pontuais de 1 hora de duração para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos foram obtidas multiplicando-se a chuva pontual de 24 horas (**Quadro 3.4**) pelo fator R.

$$P_{1h} = R * P_{24h} \quad (3.6)$$

A fim de identificar em qual isozona a bacia da barragem Poço Comprido está contida, sua área foi sobreposta ao mapa das isozonas do Ceará (Batista, 2018). Verificou-se que a bacia está inserida nas isozonas D, E e F. Entretanto, a maior parte de sua área (cerca de 70%) está localizada na isozona E. Os valores de R, para cada período de retorno, foram extraídos da tabela contida na **Figura 3.3**.

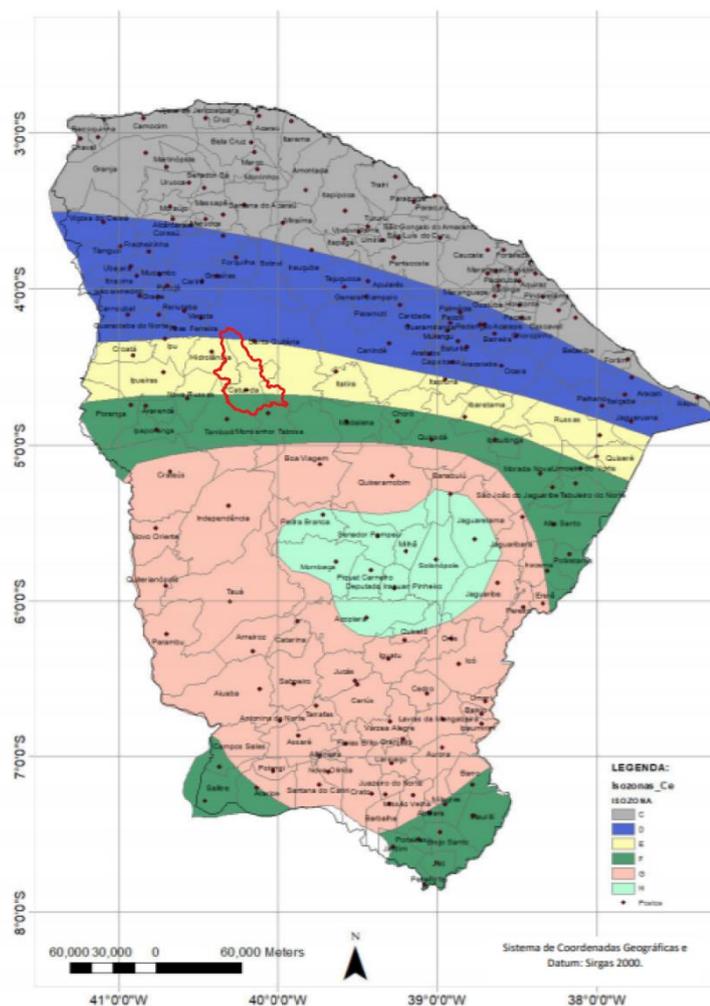


Figura 3.3 - Isozonas do estado do Ceará. (Fonte: Batista, 2018)

Assumindo que a barragem Poço Comprido está localizada na Isozona E, foram corrigidos os valores de precipitação a partir do fator R correspondente. Os valores de precipitação corrigidos estão exibidos no **Quadro 3.5**.

Quadro 3.5 - Precipitações máximas intensas com duração de 1 hora (mm) associadas aos períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos

Tr	R (Isozona E)	Precipitação máxima diária (mm)				
		P1h				
		439023	440009	440077	440029	440034
1 000 anos	0.409	86.70	87.32	103.41	84.38	83.68
10 000 anos	0.396	104.21	100.63	124.08	97.14	99.90

As chuvas intensas espaciais de durações entre 1 e 24 horas para a bacia da Barragem Poço Comprido podem ser observadas na **Figura 3.4**.

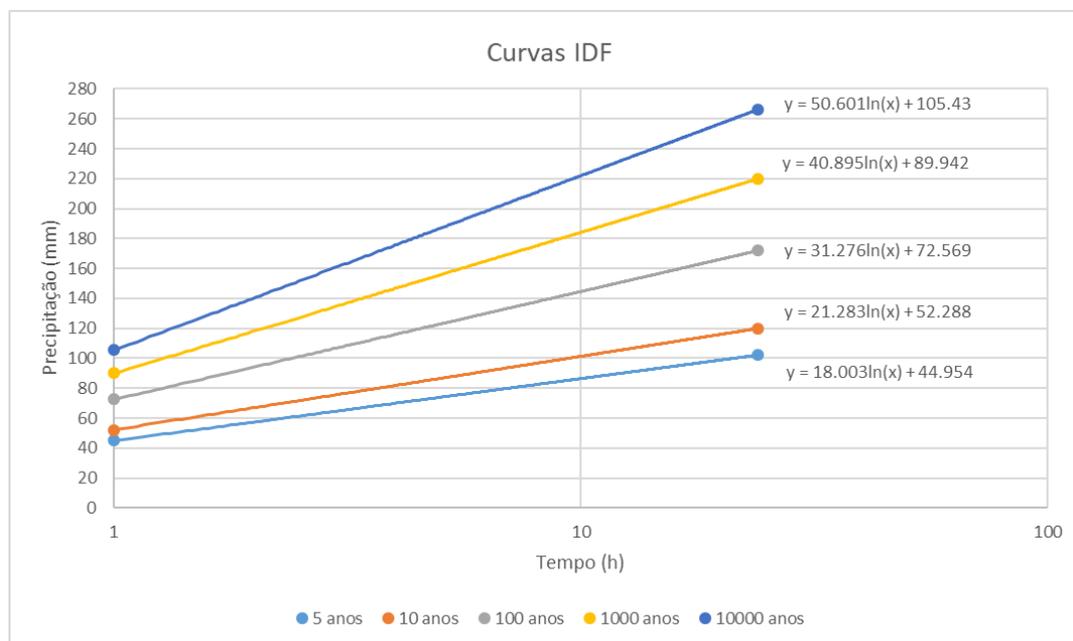


Figura 3.4 - Chuvas intensas espaciais.

3.6 - CHUVAS MÁXIMAS COM DURAÇÃO DE 1 HORA E DE 24 HORAS SOBRE A ÁREA DA BACIA

A fim de obter as precipitações máximas de 24h e de 1h de duração sobre a bacia, foram utilizadas as áreas dos polígonos de Thiessen. Assim, foram calculadas as chuvas de 24h e de 1h de duração ponderadas pelas áreas de influência de cada posto para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos. Os resultados estão dispostos no **Quadro 3.6**.

A ponderação pelo método de Thiessen é realizada para que se tenha um valor de chuva extrema que seja representativo para a bacia. A ponderação precisa considerar um único posto (o de maior série, o de maior área de influência ou o de maior intensidade de chuva) como representativo da bacia visto o seu tamanho e heterogeneidade espacial. A ponderação produz resultados de chuvas extremas menores que ao considerar o posto de

maior intensidade como representativo, entretanto tem maior precisão, visto que considera a distribuição espacial dos postos ao longo da bacia. Logo, adotar o posto de maior intensidade de precipitação extrema significaria em um sobredimensionamento da cheia.

Quadro 3.6 - Precipitações máximas intensas com duração de 6 minutos, 1 hora e de 24 horas (mm) associadas aos períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos

Tr (anos)	Precipitação máxima (mm)		
	P24h	P1h	6min
1 000	219,91	89,94	24,63
10 000	266,25	105,43	29,82

Para o desenvolvimento da cheia de projeto em capítulo posterior, dois parâmetros devem ser estimados: a duração da chuva e o intervalo de tempo para cada incremento de chuva. A duração da chuva deve ser, no mínimo, igual ao tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração da bacia da Barragem Poço Comprido é igual a 23,5 horas, valor assumido equivalente à duração da chuva de projeto. O **Quadro 3.7** exibe a distribuição acumulada da precipitação máxima sobre a área da bacia Poço Comprido, obtida através da interpolação logarítmica entre os valores da chuva de 24h e de 1h de duração exibidos no **Quadro 3.6**.

Quadro 3.7 - Distribuição acumulada da chuva sobre a bacia da Barragem Poço Comprido.

Duração da chuva	Precipitação (mm)	
	Tr = 1.000	Tr = 10.000
1	89,94	105,43
2	118,29	140,51
3	134,87	161,02
4	146,63	175,58
5	155,76	186,87
6	163,22	196,10
7	169,52	203,90
8	174,98	210,66
9	179,80	216,62
10	184,11	221,95
11	188,00	226,77
12	191,56	231,17
13	194,83	235,22
14	197,87	238,97
15	200,69	242,46
16	203,33	245,73
17	205,80	248,80
18	208,14	251,69
19	210,35	254,43
20	212,45	257,02
21	214,45	259,49
22	216,35	261,84
23	218,17	264,09
23.5	219,04	265,17
24	219,91	266,25

Observa-se que a chuva milenar é de 219,04 mm e a decamilenar é de 265,17 mm.

3.7 - CHUVA DE PROJETO

Os valores de pluviometria apresentados no **Quadro 3.5** são de precipitação acumulada da chuva em períodos de 1 hora, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos. Porém, para simulação adequada dos hidrogramas de cheias há necessidade de se adotar um padrão temporal (Hietograma) de chuva regional, uma vez que não há elementos para se desenvolver curvas intensidade-duração-frequência (IDF) para o posto pluviométrico selecionado na bacia. A precipitação foi distribuída em intervalos de 10 minutos de duração e foi calculada a precipitação, através de interpolação logarítmica, para cada um deles. Dessa forma, as chuvas foram acumuladas até o último intervalo de tempo e foram calculados os incrementos dos totais acumulados por intervalos. Os incrementos obtidos foram rearranjados de acordo com o método dos blocos alternados, de forma que no centro da duração do evento de precipitação se situa o bloco maior, e em seguida os demais blocos são dispostos em ordem decrescente, um à direita e o outro à esquerda do bloco maior, alternadamente. As **Figuras 3.5** e **3.6** mostram a chuva balanceada milenar e decamilenar.

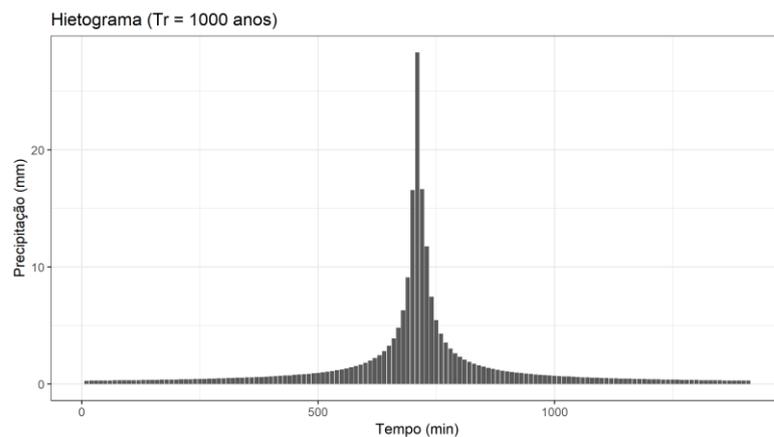


Figura 3.5 – Hietograma para Tr = 1.000 anos.

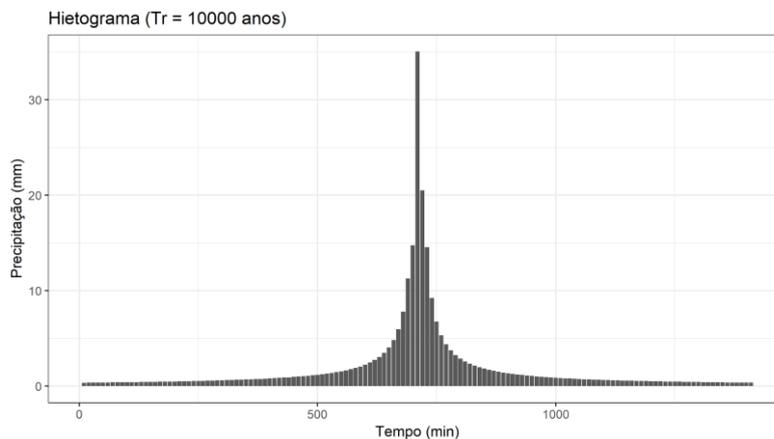


Figura 3.6 – Hietograma para Tr = 10.000 anos.

4 - ESTUDOS DE REGIME FLUVIAL

4 - ESTUDOS DE REGIME FLUVIAL

4.1 - DADOS FLUVIOMÉTRICOS DISPONÍVEIS

A fonte de dados fluviométricos utilizada foi o Banco de Dados da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB). Nessa base de dados foram identificados diversos postos próximos à bacia hidrológica, sendo selecionado para continuidade dos estudos o posto Trápia (35240000), devido a sua localização à jusante do exutório da bacia, conforme **Figura 4.1**.

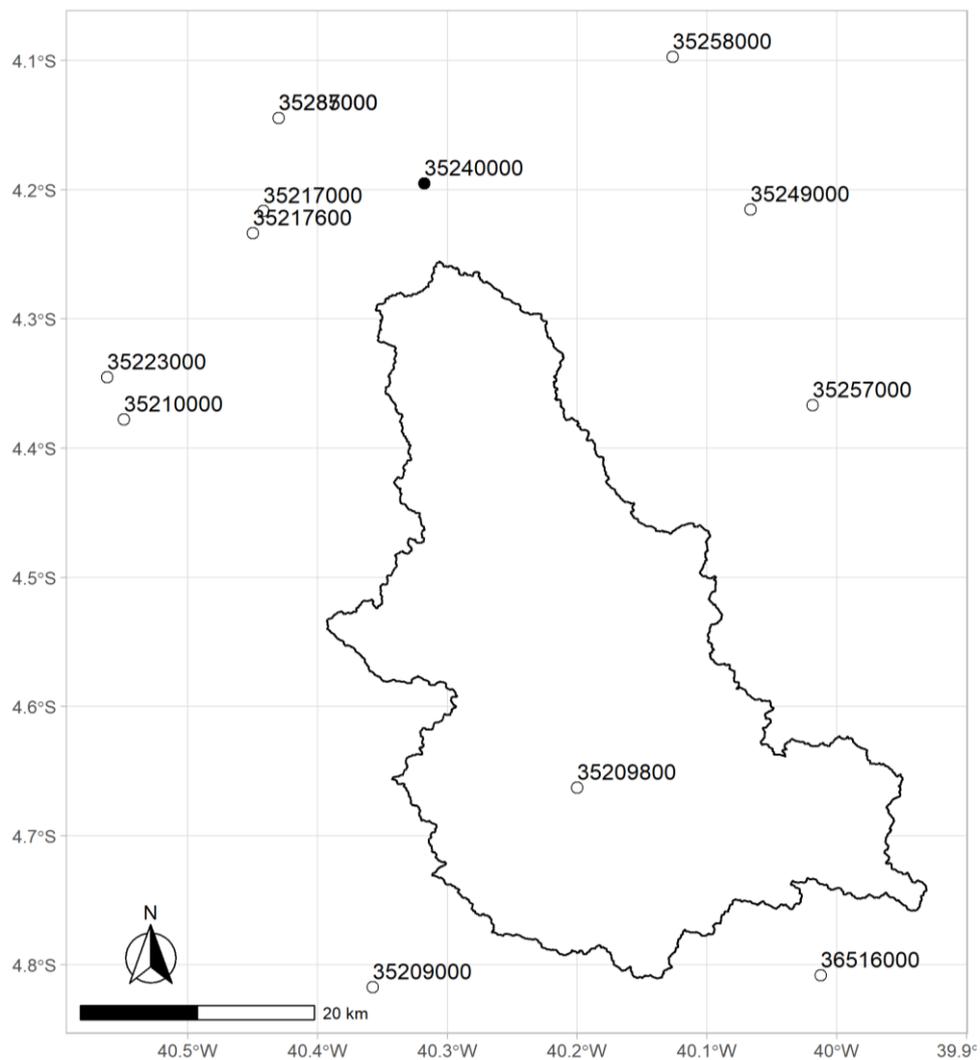


Figura 4.1 - Localização dos postos fluviométricos na região de estudo em destaque o posto fluviométrico Trápia (35240000)

Esse posto está localizado no município de Santa Quitéria, na latitude S 4° 11' 42.00" e longitude W 40° 19' 4.08", altitude 90 m e possui uma área de drenagem de 1.530 km², cuja bacia de contribuição se assemelha à bacia hidrológica traçada para o eixo barrável, como pode ser observado na **Figura 4.2**.

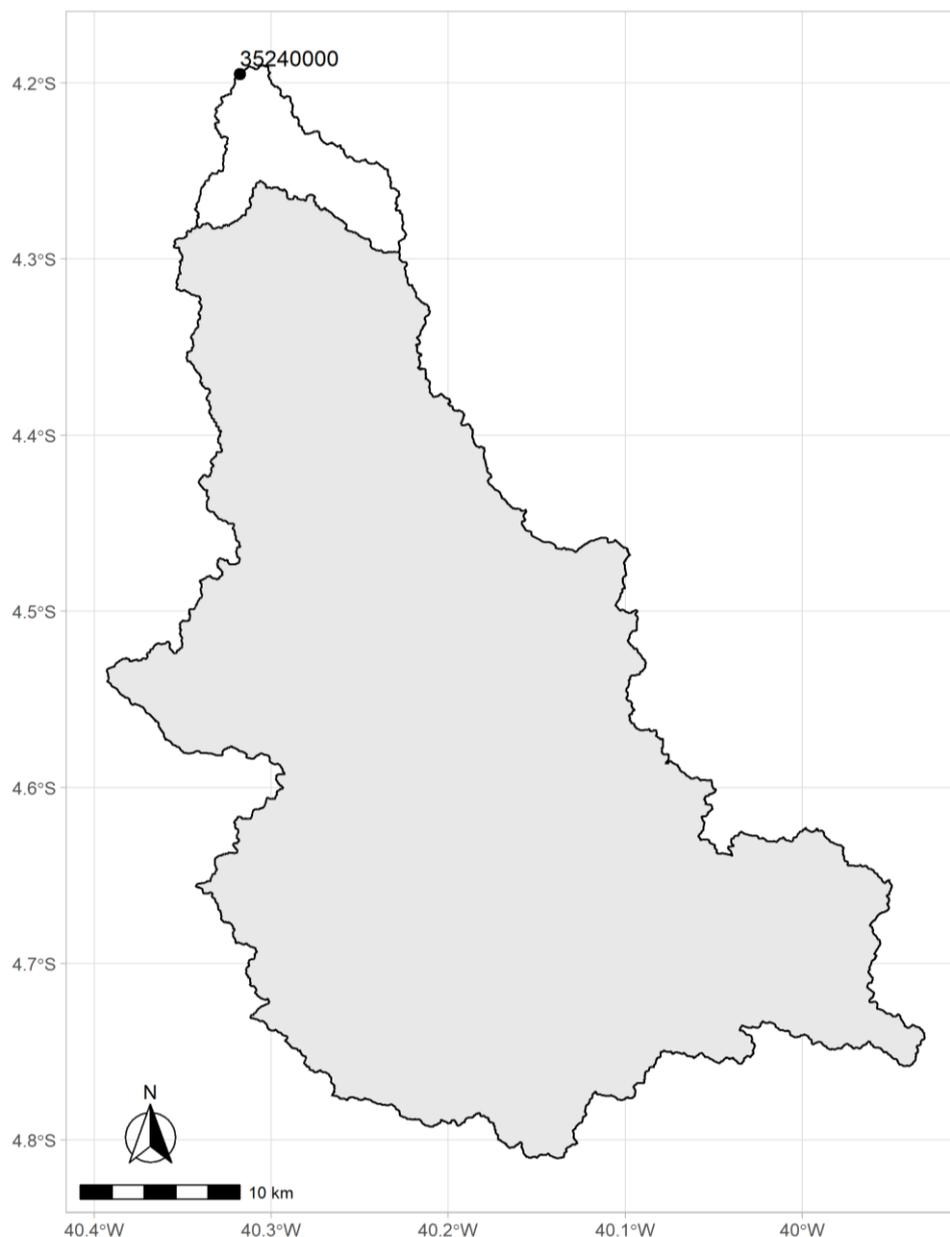


Figura 4.2– Sobreposição das bacias: bacia de contribuição do posto fluviométrico Trapiá (branco) e bacia hidrológica do eixo barrável (cinza).

Esse posto apresenta dados de vazão a partir de fevereiro de 1973 até dezembro de 2014, porém com diversos períodos sem dados, onde o período mais longo sem falhas ocorre entre abril de 1987 a julho de 2011, totalizando 24 anos, e está apresentado no **Quadro 4.1**.

Quadro 4.1 - Série histórica de vazões médias mensais (m³/s) no posto fluviométrico de Trapiá

	Jan m ³ /s	Fev m ³ /s	Mar m ³ /s	Abr m ³ /s	Mai m ³ /s	Jun m ³ /s	Jul m ³ /s	Ago m ³ /s	Set m ³ /s	Out m ³ /s	Nov m ³ /s	Dez m ³ /s	Ano m ³ /s
1987	-	-	-	11,5	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3
1988	0,0	4,9	37,5	69,3	21,9	2,4	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	137,2
1989	0,0	0,0	6,9	92,6	43,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	145,1
1990	0,1	2,0	4,0	3,0	7,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2

	Jan m³/s	Fev m³/s	Mar m³/s	Abr m³/s	Mai m³/s	Jun m³/s	Jul m³/s	Ago m³/s	Set m³/s	Out m³/s	Nov m³/s	Dez m³/s	Ano m³/s
1991	0,0	8,2	4,4	8,1	2,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8
1992	11,6	3,3	1,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5
1993	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
1994	4,6	0,5	11,0	6,9	4,2	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5
1995	0,0	0,7	3,5	37,0	9,1	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,4
1996	0,0	0,0	34,1	86,0	16,6	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,6
1997	0,2	0,0	4,4	9,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4
1998	0,4	0,0	0,0	1,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
1999	0,0	0,0	5,5	0,5	2,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3
2000	0,3	14,6	20,9	48,7	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,8
2001	0,0	0,0	2,4	25,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0
2002	16,6	0,7	0,7	11,2	2,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,1
2003	0,0	6,6	54,8	36,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3
2004	132,9	81,5	34,2	2,3	1,2	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,9
2005	0,0	0,0	25,9	6,0	4,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,8
2006	0,0	0,0	9,6	19,6	12,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5
2007	0,0	0,0	0,2	2,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
2008	0,0	0,0	65,7	114,3	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	182,9
2009	0,3	2,6	26,4	204,9	214,1	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	454,7
2010	0,0	0,0	0,0	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0
2011	12,4	3,1	19,8	45,8	39,5	0,0	0,0	-	-	-	-	-	120,6
Média	7,5	5,4	15,5	33,9	15,7	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,8

Fonte Agência Nacional de Águas (HIDROWEB)

Devido às inúmeras falhas mencionadas, o presente estudo utilizará um método de chuva-deflúvio de forma a realizar o preenchimento dos períodos de falhas e estender a série de vazões observadas, obtendo assim uma série de vazões para a bacia hidrográfica com uma maior significância estatística.

A precipitação média mensal da bacia hidrológica e da bacia de contribuição do posto foi obtida através do traçado do Thiessen diário, onde para cada dia o traçado é realizado somente para os postos que possuem dados. As séries resultantes estão apresentadas nos **Quadros 4.2 e 4.3**.

Apesar de existir dados desde 1912 em um dos postos no entorno da bacia, o traçado do Thiessen diário para a bacia hidrológica foi realizado para o período a partir de 1943 quando se inicia uma maior disponibilidade de postos com dados (3 – Hidrolândia, Monsenhor Tabosa e Jacampari) permitindo uma melhor representação espacial da precipitação na bacia.

Quadro 4.2 - Série histórica de precipitações mensais (mm) na bacia de contribuição do posto fluviométrico de Trapiá

	Jan mm/ mês	Fev mm/ mês	Mar mm/ mês	Abr mm/ mês	Mai mm/ mês	Jun mm/ mês	Jul mm/ mês	Ago mm/ mês	Set mm/ mês	Out mm/ mês	Nov mm/ mês	Dez mm/ mês	Ano mm/ ano
1987	20,4	65,9	326,7	58,8	14,7	17,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	507,3
1988	40,1	153,5	256,6	186,1	101,4	18,6	7,7	0,0	0,2	0,0	1,0	25,3	790,4
1989	57,5	24,9	207,3	261,1	156,6	3,1	12,8	0,7	0,0	0,0	0,0	49,5	773,3

	Jan mm/ mês	Fev mm/ mês	Mar mm/ mês	Abr mm/ mês	Mai mm/ mês	Jun mm/ mês	Jul mm/ mês	Ago mm/ mês	Set mm/ mês	Out mm/ mês	Nov mm/ mês	Dez mm/ mês	Ano mm/ ano
1990	0,0	187,3	50,4	184,8	83,6	22,7	14,1	0,0	1,7	0,0	1,2	0,0	545,8
1991	68,1	141,8	298,3	121,5	81,5	16,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	728,4
1992	173,1	108,5	106,2	77,9	0,3	10,3	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	481,4
1993	29,0	74,9	80,2	69,8	26,6	12,0	3,9	0,0	0,0	0,0	1,1	6,3	303,8
1994	235,8	112,1	255,4	173,3	70,5	77,2	7,4	0,0	9,3	0,0	0,0	53,0	994,1
1995	61,2	161,5	224,9	245,4	202,0	10,1	9,2	0,0	0,0	1,6	11,2	1,0	928,0
1996	96,5	101,4	431,0	384,4	70,2	12,8	6,2	20,2	0,0	0,0	5,9	5,5	1134,0
1997	85,6	29,2	212,2	173,8	53,2	0,3	2,8	0,8	0,0	0,0	1,8	11,9	571,8
1998	136,7	38,7	89,2	92,2	25,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	403,0
1999	99,7	70,7	252,6	84,4	121,1	7,9	0,0	0,0	0,0	0,4	5,6	40,8	683,3
2000	198,6	255,1	177,0	208,2	22,1	26,8	10,5	7,1	1,9	0,0	0,0	20,7	928,0
2001	19,9	101,4	107,3	224,2	10,3	14,9	2,5	0,6	4,6	0,3	0,1	0,0	486,0
2002	259,2	15,3	152,1	158,9	69,4	6,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	664,1
2003	60,8	173,8	293,7	132,5	25,2	18,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	704,3
2004	440,0	189,3	138,5	45,4	42,3	47,0	18,2	3,6	0,0	0,0	0,0	2,1	926,4
2005	112,3	36,4	244,7	65,6	89,6	13,4	4,8	0,0	0,0	0,0	3,0	14,3	584,0
2006	12,7	112,9	210,9	210,9	136,1	21,2	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	6,4	712,5
2007	7,7	170,0	88,4	133,3	13,3	9,8	5,3	0,0	0,0	4,8	0,0	74,4	507,0
2008	53,1	59,5	467,2	201,2	49,1	6,0	2,5	1,9	0,0	0,0	0,0	14,8	855,2
2009	174,4	93,2	247,1	462,2	301,1	27,2	15,3	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1328,3
2010	99,7	13,0	37,6	124,2	19,4	23,7	0,4	0,0	0,0	6,4	0,0	103,9	428,3
2011	188,3	145,5	151,0	187,9	126,9	26,7	39,4	8,1	0,0	23,9	0,0	0,0	897,7
Média	109,2	105,4	204,3	170,7	76,5	18,1	6,9	2,1	0,7	1,5	1,2	18,0	714,7

Quadro 4.3 - Série histórica de precipitações mensais (mm) na bacia hidrográfica

	Jan mm/ mês	Fev mm/ mês	Mar mm/ mês	Abr mm/ mês	Mai mm/ mês	Jun mm/ mês	Jul mm/ mês	Ago mm/ mês	Set mm/ mês	Out mm/ mês	Nov mm/ mês	Dez mm/ mês	Ano mm/ ano
1943	159,4	44,9	41,0	46,7	53,9	21,8	31,2	1,9	4,8	0,0	3,5	25,8	435,0
1944	74,2	31,8	313,8	81,2	85,7	9,0	5,3	0,0	0,8	0,2	0,0	60,5	662,4
1945	124,9	389,7	137,9	185,1	129,8	27,4	26,9	0,6	0,0	0,0	3,7	5,3	1031,2
1946	124,6	154,3	68,7	221,9	38,9	21,9	0,0	1,1	0,0	1,2	0,0	49,9	682,4
1947	59,8	203,1	254,9	159,4	97,0	12,8	18,8	5,2	0,0	0,0	66,4	37,9	915,1
1948	19,0	88,6	242,4	73,5	116,0	20,9	13,6	8,2	1,2	4,8	0,0	42,9	631,1
1949	22,9	122,2	211,0	124,7	127,4	11,9	0,0	2,0	1,4	0,0	63,4	1,8	688,6
1950	131,8	113,5	246,6	265,7	151,4	5,3	4,2	0,0	0,3	1,5	0,0	1,2	921,4
1951	4,7	4,0	64,9	97,6	39,8	103,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	136,5	452,3
1952	12,2	48,4	235,3	98,0	44,7	23,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	473,4
1953	5,7	54,3	72,2	136,1	32,6	9,6	8,7	0,0	0,0	0,0	1,8	22,1	343,0
1954	20,6	89,4	136,2	76,5	136,4	13,6	0,0	2,1	0,0	0,0	11,6	3,8	490,2
1955	102,3	39,8	102,5	228,2	125,2	6,3	1,3	16,1	0,0	2,1	0,7	9,9	634,4
1956	9,2	89,2	133,3	146,8	12,9	13,3	7,3	6,6	0,0	0,0	0,0	2,7	421,3
1957	72,1	0,2	224,9	394,6	13,1	8,4	21,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	734,5
1958	37,9	118,1	22,3	29,0	61,9	5,0	11,7	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	287,3
1959	110,9	104,7	115,3	41,7	59,6	29,9	20,8	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	504,3
1960	18,0	16,9	359,9	85,8	14,6	13,3	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	550,2
1961	96,5	214,3	214,3	236,1	103,8	4,6	20,7	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	892,2
1962	97,3	60,7	167,1	85,9	82,6	4,8	7,9	0,2	1,1	0,0	5,4	1,2	514,2
1963	60,9	154,0	424,3	208,3	22,4	25,8	0,3	2,5	0,0	0,0	6,3	62,4	967,1
1964	188,4	229,4	267,4	271,4	179,6	20,2	32,7	16,1	1,3	0,0	0,0	0,3	1206,7
1965	27,6	18,6	229,4	403,6	53,3	92,2	1,7	0,0	0,5	38,4	2,2	19,4	886,9
1966	3,5	78,0	119,7	122,2	81,7	6,7	8,8	0,5	0,5	0,0	2,4	15,8	439,9
1967	64,3	105,5	265,5	253,5	269,4	3,5	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	63,1	1034,7
1968	85,5	84,2	337,8	169,6	188,5	4,7	6,2	11,7	0,0	0,0	0,1	16,2	904,7
1969	38,5	73,4	189,7	208,3	43,7	22,3	53,3	2,3	0,0	0,0	0,1	0,4	632,0
1970	97,0	47,5	145,1	89,2	13,4	5,5	6,9	0,4	0,1	0,0	40,0	2,1	447,4
1971	79,0	110,9	161,0	281,0	148,2	59,1	34,8	2,3	6,6	6,1	0,0	1,1	890,2
1972	68,5	65,4	120,8	166,6	27,8	11,7	12,0	39,2	0,0	0,0	0,0	58,9	570,9
1973	103,7	142,5	221,5	246,9	123,1	45,3	17,9	5,3	0,5	19,1	0,2	0,1	926,1
1974	140,1	52,6	194,3	348,7	110,8	16,0	4,7	0,3	0,8	4,8	0,0	36,2	909,1
1975	58,5	135,9	219,0	230,8	246,1	51,1	42,9	0,3	0,0	1,5	0,5	23,9	1010,6
1976	20,3	233,2	269,9	138,4	21,2	3,5	1,2	0,0	4,8	0,0	36,8	7,9	737,2
1977	130,1	84,2	156,1	179,8	88,4	49,2	42,1	0,0	0,0	0,0	1,2	66,5	797,5
1978	115,2	195,8	200,9	161,0	76,4	7,8	18,0	0,0	2,1	0,0	78,3	4,3	859,6
1979	39,6	21,0	95,3	114,8	135,8	33,2	3,1	0,0	0,5	0,0	11,3	13,4	468,1
1980	74,6	246,1	163,4	21,2	10,5	22,6	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,2	539,5
1981	30,8	21,1	334,1	39,0	12,1	2,3	0,0	2,9	0,3	0,0	7,9	44,8	495,4
1982	86,0	91,0	137,4	155,0	37,4	18,1	1,1	1,5	0,0	4,0	5,7	1,5	538,7
1983	10,0	87,3	43,3	35,6	1,4	2,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	179,9
1984	27,6	45,2	299,4	312,0	126,7	64,7	9,5	0,2	0,0	0,0	6,8	26,5	918,6
1985	181,5	310,8	424,3	591,5	147,7	48,0	37,3	1,9	0,0	0,0	2,8	211,2	1957,0
1986	87,9	239,8	393,6	250,0	65,3	22,1	6,1	3,4	4,8	0,0	0,0	10,4	1083,4
1987	20,4	60,6	325,1	56,0	14,7	15,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	496,0

	Jan mm/ mês	Fev mm/ mês	Mar mm/ mês	Abr mm/ mês	Mai mm/ mês	Jun mm/ mês	Jul mm/ mês	Ago mm/ mês	Set mm/ mês	Out mm/ mês	Nov mm/ mês	Dez mm/ mês	Ano mm/ ano
1988	37,5	152,2	260,6	178,1	98,1	18,5	8,2	0,0	0,2	0,0	0,9	22,6	776,8
1989	57,7	23,5	198,5	263,7	153,9	3,1	12,0	0,6	0,0	0,0	0,0	46,6	759,5
1990	0,0	188,0	49,9	188,9	83,4	23,4	13,6	0,0	1,5	0,0	1,3	0,0	550,0
1991	69,0	138,0	300,9	122,7	79,4	16,9	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	727,5
1992	165,4	110,8	104,8	75,8	0,3	10,2	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	472,9
1993	30,1	67,8	81,3	69,6	27,2	11,4	3,9	0,0	0,0	0,0	1,2	6,1	298,6
1994	238,4	113,9	256,7	171,3	69,2	76,8	6,9	0,0	10,2	0,0	0,0	52,6	996,0
1995	63,5	159,0	219,8	246,6	203,0	9,7	8,7	0,0	0,0	1,2	10,4	1,1	922,9
1996	92,9	100,1	430,5	395,3	71,0	13,1	6,5	21,0	0,0	0,0	6,0	5,7	1142,0
1997	86,5	28,3	211,4	173,1	51,7	0,4	3,1	0,6	0,0	0,0	1,7	11,2	568,1
1998	138,9	38,5	88,2	97,3	27,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	410,3
1999	101,5	69,2	246,3	83,1	121,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,4	6,0	40,7	676,3
2000	201,4	256,9	181,1	208,7	20,1	26,6	10,5	5,8	1,7	0,0	0,0	21,2	934,1
2001	13,5	97,0	109,8	223,1	11,1	15,4	2,3	0,5	4,9	0,2	0,1	0,0	477,9
2002	253,9	13,1	152,3	152,2	65,8	6,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	646,2
2003	60,0	172,1	294,6	131,8	25,9	17,8	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	702,7
2004	464,1	187,3	129,9	40,0	42,0	47,8	18,5	3,3	0,0	0,0	0,0	0,9	933,8
2005	111,7	37,6	248,9	65,6	88,5	12,3	4,5	0,0	0,0	0,0	3,4	14,3	586,9
2006	12,1	108,2	209,0	211,1	137,3	19,5	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	6,7	704,9
2007	8,0	167,8	87,2	130,3	10,8	9,6	5,0	0,0	0,0	5,2	0,0	73,8	497,6
2008	50,1	56,0	470,5	198,8	46,8	5,5	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	14,8	845,3
2009	176,3	93,5	254,8	461,8	304,0	25,4	14,2	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1336,1
2010	108,6	16,0	37,6	123,3	16,9	24,1	0,3	0,0	0,0	5,6	0,0	101,8	434,2
2011	183,3	142,3	151,7	183,0	123,7	25,0	38,5	7,7	0,0	17,7	0,0	0,0	872,9
2012	19,5	62,8	52,4	28,3	0,7	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	166,1
2013	51,4	31,2	44,7	99,5	54,7	18,9	15,6	0,0	1,3	0,0	8,1	39,1	364,4
2014	59,9	49,4	122,9	78,7	51,1	4,8	0,6	0,0	0,0	0,0	19,2	2,3	388,9
2015	16,5	93,0	130,3	80,6	16,7	18,7	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	374,0
2016	157,7	26,3	102,1	86,2	16,1	5,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	407,8
2017	64,1	189,0	204,3	56,5	64,7	4,4	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	588,7
Média	83,2	105,5	193,8	166,6	78,1	20,0	10,3	2,7	0,7	1,5	5,6	21,7	689,7

4.2 - ESTUDO DE VAZÕES AFLUENTES

A estimativa das vazões afluentes mensais ao reservatório Poço Comprido foi realizada objetivando a obtenção de séries pseudo-históricas que possibilitem a simulação da sua operação.

O modelo hidrológico escolhido foi o SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure), desenvolvido por Lopes et al. (1981). O SMAP é um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado e a versão utilizada neste trabalho possui discretização temporal mensal. Esse modelo já foi extensamente empregado para estudos realizados no estado do Ceará com farta literatura científico sobre o seu desempenho para modelagem das vazões locais.

O modelo SMAP, assim como outros modelos conceituais, procura representar o armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios lineares fictícios. O modelo possui uma estrutura relativamente simples, composta por dois reservatórios que tentam representar o armazenamento e os fluxos na camada superior do solo e no aquífero, como pode ser visualizado na **Figura 4.3** abaixo. O SMAP segue a mesma linha conceitual do modelo ESMA (Explicit Soil Moisture Accounting), desenvolvido por Dawdy e O'Donnel (1965).

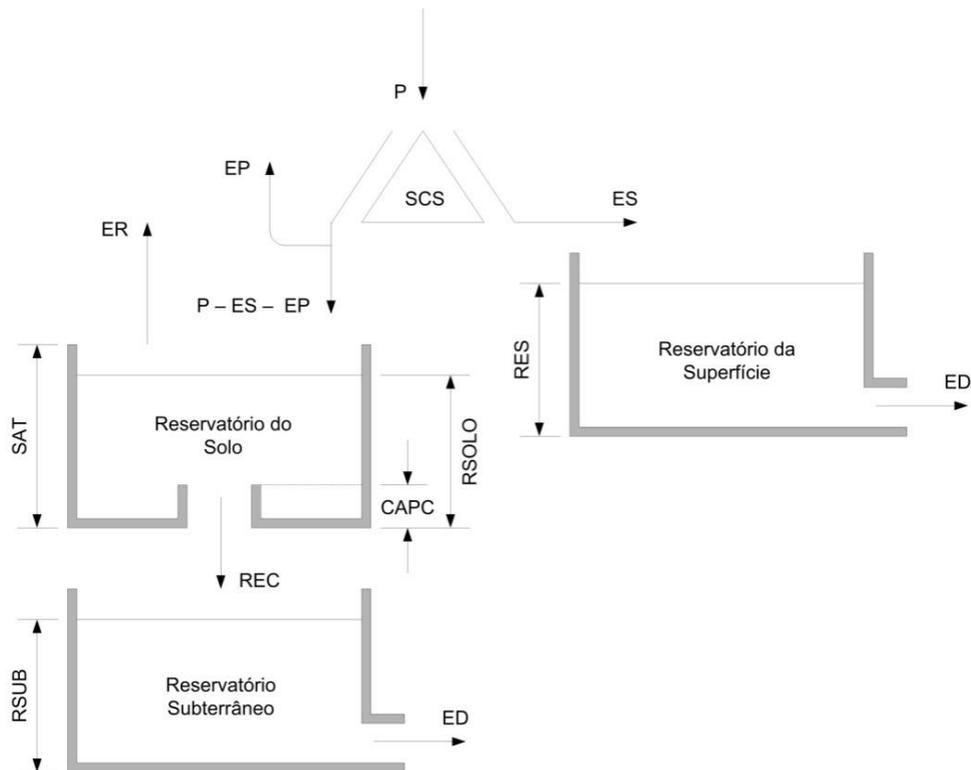


Figura 4.3 - Esquema do modelo SMAP mensal.

A cada evento de precipitação (P), realiza-se um balanço de massa na bacia em estudo. Uma parcela de (P) é transferida como escoamento superficial (ES), estimado por uma equação exponencial que depende de P , da taxa de umidade do solo (TU) e de um expoente PES .

A lâmina restante da precipitação, subtraída do escoamento superficial ($P - ES$), sofre perda por evaporação ($P - ES - EP$) e é então adicionada a um reservatório, que representa a camada superior do solo. Neste reservatório, a umidade do solo é atualizada ao longo do tempo através das perdas por evapotranspiração real (ER), que dependem do nível do reservatório ($RSOLO$) e da capacidade de saturação do solo (SAT). Outra saída deste segundo reservatório representa a recarga do reservatório subterrâneo (REC), que é estimada com base na TU , no $RSOLO$ e no coeficiente de recarga ($CREC$). O nível d'água ($RSUB$) neste terceiro reservatório é então deplecionado a uma taxa constante de recessão do escoamento de base (K), resultando no escoamento de base (EB) propriamente dito. A soma de ES com EB fornece a vazão total no ponto de controle da bacia.

O modelo possui quatro parâmetros que precisam ser calibrados, quais sejam: a capacidade de saturação do solo (SAT), que varia entre 400 e 5000; a taxa de geração de escoamento superficial (PES), que varia entre 0,1 e 10; o coeficiente de recarga do aquífero ($CREC$), que está relacionado com a permeabilidade da zona não-saturada do solo e que varia entre 0 e 70; a taxa de deplecionamento (K) do nível d'água do terceiro reservatório ($RSUB$),

responsável pela geração do escoamento de base, que varia entre 1 e 6; e duas variáveis de estado que devem ser impostas ao início da simulação: a taxa de umidade inicial do solo (TUin), que determina o nível inicial do segundo reservatório (RSOLO), e o escoamento de base inicial (EBin).

Estudos realizados por Alexandre (2005) mostraram que apenas SAT e PES possuem sensibilidade para as bacias localizadas no Estado do Ceará. Desta forma, o problema de calibração resume-se em estimar apenas estes dois parâmetros, enquanto que os demais parâmetros e as variáveis de estado iniciais podem ser considerados constantes com os seguintes valores: CREC = 0; K = 3; TUin = 30 e EBin = 0. Ressalta-se que a utilização dos valores mencionados para TUin e EBin é recomendada para simulações iniciadas no segundo semestre, por ser justificada por fatores naturais regionais como a forte sazonalidade das precipitações do estado, com concentração das precipitações no primeiro semestre, e também das características do embasamento cristalino que impõe um escoamento subterrâneo de baixa relevância e pouca memória.

Os dados de entrada do modelo são a precipitação média mensal na bacia (P) e a evapotranspiração potencial mensal (EP), ambas em mm, e a área de drenagem da bacia (A) em km².

Os dados utilizados neste trabalho para a calibração dos parâmetros do modelo chuva-deflúvio SMAP foram os referentes ao posto fluviométrico de Trápia (35240000) para o período mais longo disponível com dados contínuos, descartando-se o primeiro semestre e iniciando a simulação a partir de julho (julho de 1987 a dezembro de 2017).

Devido à sobreposição observada entre as bacias, os mesmos parâmetros obtidos anteriormente foram utilizados para a simulação das vazões afluentes a barragem de Poço Comprido obtendo uma série de vazões de saída do SMAP para o período de julho de 1943 a dezembro de 2017. Essa série simulada foi utilizada para preencher os períodos sem dados de vazão observada no posto fluviométrico de Trápia. Além disso, devido à pequena diferença entre as áreas das bacias, as vazões observadas foram multiplicadas por um fator de correção linear igual a razão entre as áreas ($1461,2/1530 = 0,9550$).

Em síntese, a estimativa das vazões afluentes à barragem de Poço Comprido seguiu os seguintes passos:

1. Calibração dos parâmetros do modelo SMAP com os dados relativos à bacia de contribuição do posto fluviométrico Trápia;
2. Simulação do modelo com os parâmetros obtidos com os dados relativos à bacia hidrológica;
3. Correção da vazão observada pelo fator linear de razão entre as áreas;

4. Obtenção da série pseudo-histórica pelo complemento dos dados de vazão observada corrigidos com a série simulada.

4.3 - DADOS NECESSÁRIOS

De forma a metodologia enumerada anteriormente, foram necessários os seguintes dados:

- Série mensal de chuva média sobre a bacia de contribuição para o período de calibração;
- Série mensal de chuva média sobre a bacia hidrológica;
- Série de evapotranspiração mensal potencial sobre as duas bacias.

As séries mensais de chuvas médias sobre as bacias foram apresentadas nos **Quadros 4.2 e 4.3**.

Como estimativa da evapotranspiração potencial foram utilizadas as estimativas obtidas da estação hidroclimatológica de Sobral e está apresentada no **Quadro 2.9** no capítulo dois.

O processo de calibração do modelo foi realizado utilizando o algoritmo de otimização PSO - *Particle Swarm Optimization* através de biblioteca em R utilizando como função objetivo o coeficiente de eficiência de Nash-Suthcliffe. A calibração chegou aos valores de SAT=596,3276, PES=2,0798, CREC=0, K=1, obtendo o valor de 0.6876 para a função objetivo, a série obtida pode ser verificada na figura a seguir.

Avaliando a calibração por meio da média histórica, verifica-se uma excelente aproximação, sendo observado uma média de vazão observada de 6,68 m³/s e uma média calculada de 7,07 m³/s.

Através do modelo calibrado, gerou-se a série de vazões fluviométricas pseudo-históricas do reservatório de Poço Comprido, para o período de julho de 1943 a 2017 (período de dados disponíveis de chuva média na bacia hidrológica). A plotagem da série está apresentada nas **Figuras 4.4 e 4.5**.

Observa-se através do traçado do diagrama de caixas (*boxplot*) das vazões afluentes pseudo-históricas anuais (**Figura 4.6**), elaborado utilizando 1,2 como valor para o coeficiente *c* (multiplicador da amplitude interquartil), a presença de 4 *outliers* com vazões significativamente distante das observadas para o restante da série. Devido aos seus altos valores, a remoção dos anos considerados *outliers* (1985, 1986, 2004 e 2009) altera significativamente a média afluente anual das séries. O **Quadro 4.4** apresenta os resultados obtidos bem como as estatísticas para a série com e sem os *outliers*. Os anos considerados *outliers* estão apresentados em vermelho.

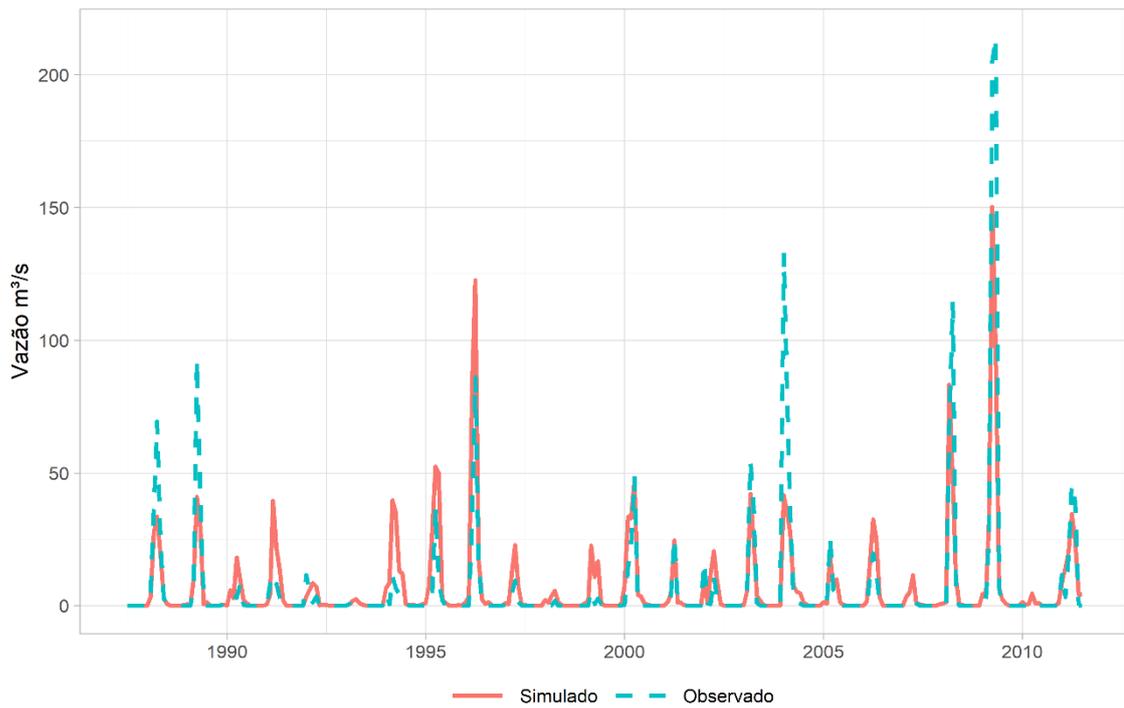


Figura 4.4 - Comparativo entre as vazões calculadas pelo modelo SMAP e vazões medidas no rio

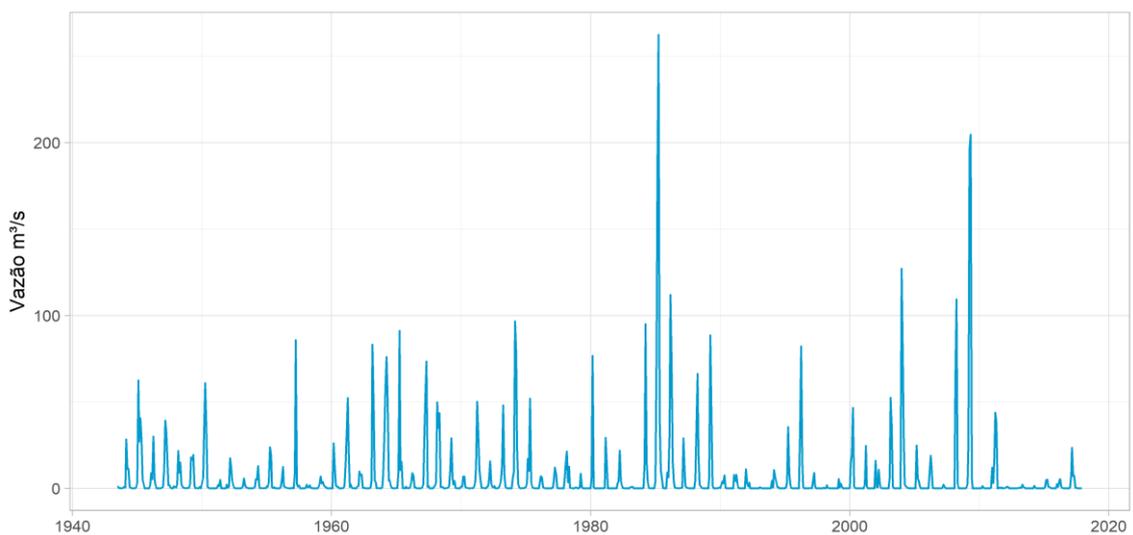


Figura 4.5 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido em m^3/s

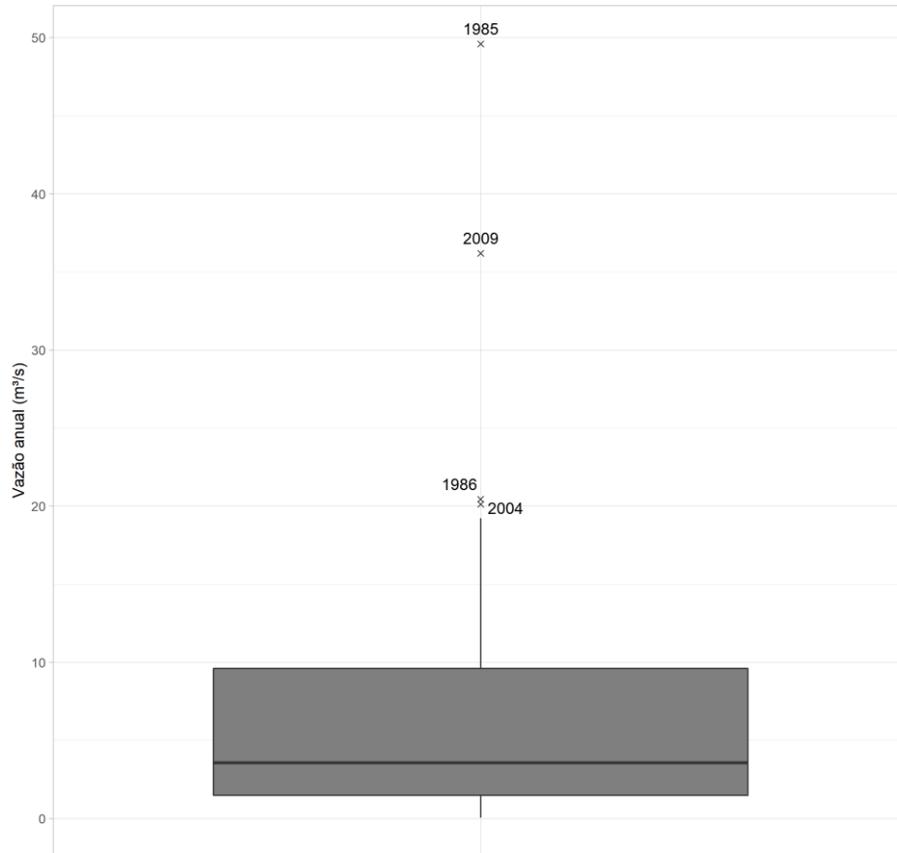


Figura 4.6 – Boxplot das vazões pseudo-histórica anuais afluentes ao reservatório Poço Comprido, em m³/s

Quadro 4.4 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido em m³/s

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1943	-	-	-	-	-	-	1,31	0,05	0,07	0,00	0,01	0,10	-
1944	0,73	0,48	28,23	11,24	11,18	0,90	0,33	0,00	0,01	0,00	0,00	0,43	4,46
1945	3,15	62,32	27,09	40,42	28,13	4,68	3,09	0,04	0,00	0,00	0,03	0,03	14,08
1946	2,07	8,74	5,33	29,94	5,36	2,17	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,30	4,50
1947	0,73	10,76	39,15	31,55	18,28	1,81	1,71	0,29	0,00	0,00	1,04	0,71	8,83
1948	0,29	2,06	21,66	9,03	14,98	2,30	0,98	0,36	0,03	0,06	0,00	0,30	4,34
1949	0,18	2,75	17,87	16,51	19,26	1,47	0,00	0,08	0,03	0,00	0,81	0,02	4,91
1950	3,17	6,21	32,48	60,81	36,01	0,95	0,45	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	11,68
1951	0,01	0,01	0,33	2,00	1,25	4,90	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03	0,88
1952	0,26	0,97	17,34	11,67	4,79	1,86	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,08
1953	0,01	0,23	0,99	5,72	1,79	0,39	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,78
1954	0,06	0,93	5,38	4,93	12,73	1,18	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,01	2,11
1955	1,07	0,80	3,57	23,65	18,76	0,75	0,10	0,70	0,00	0,03	0,00	0,04	4,12
1956	0,03	0,84	4,99	12,34	1,06	0,74	0,26	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70
1957	0,38	0,00	9,14	85,69	2,39	0,97	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,35
1958	0,14	2,06	0,60	0,69	1,78	0,13	0,21	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,47
1959	0,80	3,09	6,77	2,77	3,76	1,68	0,88	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70
1960	0,03	0,04	25,94	11,86	1,56	0,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	3,46
1961	1,09	13,23	31,41	52,08	22,22	0,73	2,04	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	10,24
1962	1,01	1,40	9,79	7,70	7,98	0,37	0,37	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	2,39
1963	0,30	4,50	83,07	50,74	4,42	3,43	0,02	0,11	0,00	0,00	0,04	0,59	12,27
1964	8,16	28,62	58,08	75,93	49,43	4,33	4,60	1,43	0,06	0,00	0,00	0,00	19,22
1965	0,14	0,11	9,82	91,04	10,59	15,29	0,20	0,00	0,02	0,90	0,03	0,19	10,69
1966	0,02	0,91	4,25	8,72	7,36	0,49	0,40	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	1,85
1967	0,43	2,41	26,92	52,51	73,27	0,74	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	13,19
1968	1,96	3,26	49,75	35,01	43,38	0,86	0,67	0,75	0,00	0,00	0,00	0,09	11,31

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1969	0,26	1,09	10,86	28,85	6,12	2,26	4,22	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48
1970	0,98	0,97	6,81	6,84	0,89	0,24	0,19	0,01	0,00	0,00	0,19	0,01	1,43
1971	0,71	3,20	11,77	50,02	31,14	10,73	4,58	0,18	0,29	0,14	0,00	0,01	9,40
1972	0,65	1,27	5,18	15,60	2,71	0,79	0,53	1,33	0,00	0,00	0,00	0,45	2,38
1973	2,26	4,36	13,05	47,86	8,53	0,98	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,44
1974	5,76	9,74	96,61	78,01	24,43	2,65	0,48	0,02	0,00	0,07	0,00	0,26	18,17
1975	0,70	2,86	17,04	10,05	51,83	3,55	0,80	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	7,24
1976	0,00	3,73	6,94	6,24	0,58	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46
1977	0,00	0,66	4,63	12,01	8,56	0,27	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18
1978	4,72	14,03	21,35	3,61	12,51	0,30	0,05	0,00	0,00	0,00	0,47	0,41	4,79
1979	0,00	0,00	0,58	8,46	0,81	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82
1980	0,00	6,87	76,62	0,48	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00
1981	0,00	0,07	29,29	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,65
1982	0,00	2,72	4,06	21,83	4,17	1,46	0,06	0,04	0,00	0,03	0,03	0,00	2,87
1983	0,02	0,67	0,74	0,71	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
1984	0,02	0,15	15,39	94,88	14,96	3,53	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,76
1985	3,97	79,26	183,16	262,28	40,86	10,51	5,68	0,18	0,00	0,00	0,03	9,20	49,59
1986	6,35	32,30	111,88	73,91	16,07	3,83	0,66	0,21	0,16	0,00	0,00	0,05	20,45
1987	0,09	0,54	28,95	10,95	1,21	0,38	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52
1988	0,00	4,71	35,78	66,17	20,87	2,32	1,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	10,92
1989	0,00	0,00	6,55	88,47	41,57	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	11,54
1990	0,12	1,90	3,85	2,86	7,41	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37
1991	0,00	7,78	4,18	7,77	2,65	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89
1992	11,07	3,14	1,12	3,27	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,55
1993	0,00	0,61	0,08	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
1994	4,43	0,46	10,47	6,56	3,99	0,65	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,26
1995	0,00	0,66	3,39	35,34	8,68	1,90	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17
1996	0,00	0,00	32,54	82,14	15,81	0,73	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,94
1997	0,21	0,00	4,24	8,96	1,34	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23
1998	0,36	0,04	0,00	1,81	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
1999	0,00	0,00	5,29	0,47	2,62	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
2000	0,29	13,94	19,94	46,53	1,11	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,83
2001	0,00	0,03	2,29	24,53	0,89	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,31
2002	15,83	0,70	0,66	10,70	2,66	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55
2003	0,00	6,29	52,31	35,28	0,93	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90
2004	126,94	77,82	32,63	2,18	1,17	0,69	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,12
2005	0,00	0,00	24,73	5,70	4,16	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
2006	0,00	0,00	9,19	18,76	11,59	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31
2007	0,00	0,00	0,17	2,01	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
2008	0,00	0,00	62,79	109,20	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,56
2009	0,25	2,51	25,22	195,72	204,49	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,19
2010	0,00	0,00	0,00	1,27	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,16
2011	11,88	2,99	18,92	43,73	37,69	0,00	0,00	0,52	0,00	0,38	0,00	0,00	9,68
2012	0,09	0,57	0,90	0,57	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
2013	0,09	0,15	0,39	0,18	2,07	0,65	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
2014	0,00	0,00	0,00	1,49	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
2015	0,03	0,86	4,83	5,02	0,93	0,76	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,06
2016	2,44	0,77	4,18	5,36	0,91	0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,16
2017	0,30	7,04	23,34	7,19	7,12	0,36	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80
Coefficiente de Escoamento Médio (C)													
0,202													
Série com outliers													
Média	3,07	6,14	21,01	31,09	13,68	1,55	0,56	0,10	0,01	0,02	0,04	0,23	6,46
Desv. Padrão	14,89	15,07	29,99	44,05	26,98	2,61	1,16	0,27	0,04	0,11	0,16	1,10	8,12
Máximo	126,94	79,26	183,16	262,28	204,49	15,29	5,68	1,43	0,29	0,90	1,04	9,20	49,59
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Série sem outliers													
Média	1,28	3,75	17,17	25,24	10,71	1,33	0,50	0,10	0,01	0,02	0,04	0,11	5,02
Desv. Padrão	2,92	8,50	20,82	28,49	14,85	2,37	1,01	0,27	0,04	0,12	0,17	0,29	4,72
Máximo	15,83	62,32	96,61	109,20	73,27	15,29	4,60	1,43	0,29	0,90	1,04	2,03	19,22
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06

5 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

5 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

5.1 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO POÇO COMPRIDO SEM INTERFERÊNCIA DE RESERVATÓRIOS A MONTANTE

Para a análise da capacidade de armazenamento do açude Poço Comprido foi adotado o procedimento de simulação do balanço hídrico do reservatório para séries sintéticas de vazão afluente. Neste estudo, foram geradas 100 séries sintéticas de mesma duração da pseudo-histórica (74 anos). As séries são geradas à nível anual por meio de uma distribuição Gama ajustada à série pseudo-histórica anual e são desagregadas à nível mensal com a utilização do Método dos Fragmentos (PORTELA & SILVA, 2017), que consiste na fragmentação da série de vazões anuais de acordo com o comportamento apresentado na série pseudo-histórica de vazões mensais afluentes.

O balanço hídrico se dá pela simulação da diferença entre as entradas e saídas de água de um sistema. Em uma bacia hidrográfica, o balanço hídrico é dado pelo deflúvio afluente subtraído das perdas por evapotranspiração, infiltração e retiradas. Segundo Tucci (1998), para um reservatório, o cálculo do balanço de massa hídrica pode ser realizado através da seguinte equação:

$$V_{t+\Delta t} = V_t + I_t - e_t \cdot A_t - R_t - P_t$$

Onde:

$V_{t+\Delta t}$ é o volume do reservatório no período de tempo $t+\Delta t$;

V_t é o volume armazenado no início do período de tempo t ;

I_t é o volume afluente ao reservatório durante o período de tempo t ;

e_t é a lamina evaporada durante o período de tempo t , suposta constante ao longo do período;

A_t é a área do espelho d'água no início do período t , suposta constante para intervalos de tempos pequenos;

R_t são as retiradas operacionais, visando o suprimento das demandas e vertimentos;

P_t são as perdas por infiltração, consideradas desprezíveis.

Os resultados da simulação do reservatório é a evolução das retiradas operacionais e do volume armazenado no reservatório para uma dada série de vazões afluentes. A partir destes resultados, é possível determinar vazões regularizadas para diferentes garantias. A garantia representa a frequência de tempo em que uma vazão defluente pode ser

mantida. Por exemplo, a vazão de referência Q90 é a retirada operacional que possui 90% de garantia, ou seja, que pode ser suprida em 90% dos períodos da simulação.

O método da simulação do reservatório oferece valores mais precisos para as vazões de referência que o da curva de permanência visto que considera os efeitos da acumulação do lago, da evaporação e dos vertimentos. O método clássico para dimensionamento de reservatórios no Ceará, o Diagrama Triangular de Regularização, também é baseado no método da resolução do balanço hídrico do reservatório (Campos, 1987).

5.1.1 - Simulação da série histórica

Esta análise tem como objetivo retratar o comportamento do reservatório para a simulação da série pseudo histórica de vazões afluentes apresentada na seção 4.

Visto que a resolução do balanço hídrico necessita de anos contínuos, para a simulação da série histórica, os outliers identificados na seção 4 não poderiam ser removidos e foram substituídos pelo valor médio da série sem outliers.

O reservatório foi simulado para a série pseudo histórica de vazões afluentes apresentada no capítulo 4 considerando volume inicial de 100hm³ e retiradas operacionais fixas determinadas pelo nível de garantia. As retiradas operacionais resultantes deste procedimento, com garantias de 85 a 99% estão apresentadas no **Quadro 5.1**, estas vazões são encontradas por meio da otimização da simulação do reservatório através do algoritmo de busca Simplex de Nelder e Mead. Para efeito de ilustração, a simulação do reservatório com capacidade de 201 hm³, referente à cota 178m, e considerando retirada operacional equivalente à garantia de 90% é apresentada no **Anexo 1**.

Quadro 5.1 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias na simulação da série histórica

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Q85 (hm ³ /mês)	Q90 (hm ³ /mês)	Q95 (hm ³ /mês)	Q99 (hm ³ /mês)
178	201.19	7.53	6.32	4.66	3.01
179	229.66	7.95	6.69	5.24	3.39
180	260.61	8.39	6.99	5.59	3.55
181	293.95	8.64	7.32	6.03	3.91
182	329.59	8.79	7.62	5.97	4.24
183	367.67	9.02	7.81	6.67	4.55
184	408.36	9.19	8.05	6.89	4.98
185	451.81	9.28	8.20	7.08	5.39
186	498.18	9.58	8.34	7.24	5.85

Em seguida, são determinados os percentuais médios regularizado, evaporado e vertido do volume total afluente para diferentes tamanhos de reservatórios e considerando garantia de 90% conforme o **Quadro 5.2**.

Quadro 5.2 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Volume Regularizado (hm ³ /ano)	Volume Evaporado (hm ³ /ano)	Volume Vertido (hm ³ /ano)
178	201.19	44,41	20,51	35,71	69,35	32,03	55,77
179	229.66	47,00	21,94	31,71	73,41	34,27	49,52
180	260.61	49,15	23,32	28,21	76,76	36,43	44,05
181	293.95	51,38	24,53	24,79	80,25	38,32	38,72
182	329.59	53,49	25,69	21,55	83,54	40,12	33,66
183	367.67	54,91	26,92	18,92	85,76	42,04	29,55
184	408.36	56,48	28,07	16,21	88,22	43,84	25,32
185	451.81	57,61	29,33	13,83	89,98	45,8	21,61
186	498.18	58,67	30,41	11,7	91,64	47,49	18,28

5.1.2 - Simulação das séries sintéticas

Esta análise permite avaliar o comportamento do reservatório para perturbações aleatórias da série histórica de vazões afluentes. Esta análise é uma generalização da análise anterior e possui a vantagem de incorporar séries que possuem eventos externos mais longos que os da série observada, além de permitir a remoção total dos outliers identificados na seção 4.

Foram geradas 100 séries sintéticas de mesma duração da pseudo-histórica (74 anos). As séries são geradas à nível anual por meio de uma distribuição Gama ajustada à série pseudo-histórica anual sem outliers e são desagregadas à nível mensal com a utilização do Método dos Fragmentos (PORTELA & SILVA, 2017), que consiste na fragmentação da série de vazões anuais de acordo com o comportamento apresentado na série pseudo-histórica de vazões mensais afluentes.

Já para a geração das séries sintéticas anuais, é utilizada a distribuição gama de dois parâmetros conforme recomendado por Campos (2009). A desagregação à nível mensal é realizada pelo método dos fragmentos que considera que os escoamentos adimensionalizados a uma escala temporal intraanual (sazonal, mensal ou diária) são similares em anos com escoamentos anuais próximos da forma descrita a seguir.

Para uma amostra histórica de N escoamentos anuais, em que X_i indica o valor anual de vazão do ano i e $X_{i,j}$ o valor de vazão mensal do mês j do ano i , são calculados os correspondentes coeficientes de desagregação ϕ_i para cada ano por meio da seguinte equação:

$$\phi_i = \left[\frac{X_{i,1}}{X_i}; \frac{X_{i,2}}{X_i}; \dots; \frac{X_{i,j-1}}{X_i}; \frac{X_{i,j}}{X_i} \right]$$

As vazões anuais da amostra histórica foram ordenadas de forma crescente e divididas em três classes (seco, médio e úmido) cada uma com um terço dos anos. A desagregação das séries sintéticas ocorre em 2 etapas: i) identificação da classe que a vazão, a ser

desagregada, pertence e ii) escolha aleatória de um dos coeficientes de desagregação ϕ_i da classe correspondente. Dessa forma, o método dos fragmentos garante a preservação da sazonalidade, das médias mensais e mantém a aleatoriedade dos coeficientes.

Quanto às garantias, encontrar a vazão de 90% de garantia do reservatório (Q90) por meio do método da simulação do balanço hídrico consiste em determinar qual a retirada operacional que pode ser atendida por 90% dos meses simulados. Estas vazões são encontradas para cada série gerada da mesma forma que na análise anterior por meio da otimização da simulação do reservatório através do algoritmo de busca Simplex de Nelder e Mead.

O reservatório foi simulado para cada uma das séries sintéticas geradas considerando volume inicial de 100hm³ e retiradas operacionais fixas determinadas pelo nível de garantia. As retiradas operacionais médias, resultantes deste procedimento, com garantias de 85 a 99% estão apresentadas no **Quadro 5.3**.

Quadro 5.3 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Q85 (hm ³ /mês)	Q90 (hm ³ /mês)	Q95 (hm ³ /mês)	Q99 (hm ³ /mês)
178	201.19	9.36	8.27	7.00	5.74
179	229.66	9.65	8.70	7.27	6.00
180	260.61	10.07	9.04	7.77	6.28
181	293.95	10.32	9.23	8.02	6.47
182	329.59	10.68	9.49	8.35	6.78
183	367.67	11.01	9.82	8.68	7.03
184	408.36	11.21	10.04	8.93	7.20
185	451.81	11.46	10.32	9.06	7.44
186	498.18	11.78	10.60	9.42	7.77

Em seguida, são determinados os percentuais médios regularizado, evaporado e vertido do volume total afluente para diferentes tamanhos de reservatórios e considerando garantia de 90% conforme o **Quadro 5.4**. Estes estão plotados em termos absolutos de vazão anual na **Figura 5.1**.

Quadro 5.4 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Volume Regularizado (hm ³ /ano)	Volume Regularizado (m ³ /s)	Volume Evaporado (hm ³ /ano)	Volume Vertido (hm ³ /ano)
178	201.19	51.03	19.74	29.22	79.39	2,55	30.71	45.46
179	229.66	53.55	20.93	25.52	83.23	2,68	32.53	39.66
180	260.61	55.77	22.10	22.13	86.59	2,78	34.31	34.37
181	293.95	57.84	23.19	18.97	89.72	2,88	35.97	29.43
182	329.59	59.65	24.23	16.13	92.43	2,97	37.54	24.99
183	367.67	61.26	25.22	13.52	94.85	3,05	39.05	20.93
184	408.36	62.65	26.17	11.18	96.91	3,12	40.48	17.30
185	451.81	63.91	27.02	9.07	98.78	3,18	41.77	14.03
186	498.18	64.97	27.77	7.26	100.35	3,23	42.89	11.21

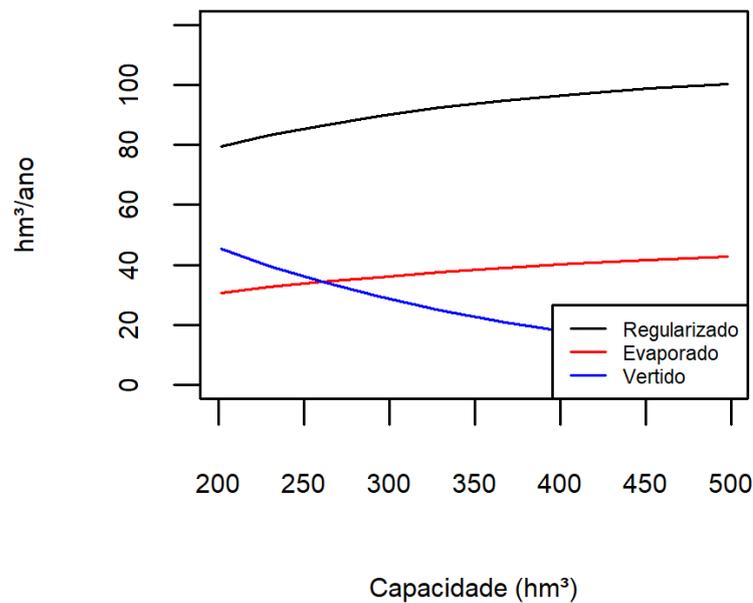


Figura 5.1 – Volume anual regularizado para uma garantia de 90%

A partir da análise do **Quadro 5.4** e da **Figura 5.1** se observa que, a partir de 451 hm³, a curva de vazão regularizada começa a crescer de forma assintótica com a capacidade do reservatório.

5.1.3 - Diagrama Triangular

Para validar os resultados das simulações anteriores, eles são comparados com os obtidos por meio do diagrama triangular de regularização de Campos (1987)¹. Este método consiste num modelo gráfico para dimensionamento hidrológico de reservatórios de águas superficiais situados em regiões com rios intermitentes sujeitos a altas taxas de evaporação e tem como resultado os percentuais sangrados, evaporados e regularizados com 90% de garantia.

O resultado da comparação está apresentado no **Quadro 5.5** e na **Figura 5.2**. Se verificou que o método do diagrama triangular possui vertimentos maiores e regularização menor. Apesar dos resultados diferentes, os dois métodos possuem a mesma ordem de grandeza e o método da simulação é preferível visto que tem menos simplificações e por não ser uma generalização, visto que foi realizado para o caso particular da variabilidade das vazões afluentes ao reservatório Poço Comprido.

¹ CAMPOS J. N. B. (1987). A procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers under Evaporation ate. Tese de Doutorado, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.

Quadro 5.5 – comparativo do método de simulação x diagrama triangular

Cota (m)	Capacidade (hm³)	Método de Simulação			Método do Diagrama Triangular		
		Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido
178	201,19	49,93	18,97	31,10	35,00	19,00	46,00
179	229,66	52,42	20,44	27,14	40,00	20,00	40,00
180	260,61	54,75	21,81	23,44	41,00	23,00	36,00
181	293,95	56,80	23,10	20,10	40,00	25,00	35,00
182	329,59	58,68	24,27	17,05	44,00	26,00	30,00
183	367,67	60,32	25,35	14,32	46,40	27,90	25,70
184	408,36	61,86	26,30	11,84	48,00	30,00	22,00
185	451,81	63,17	27,16	9,66	49,30	31,70	19,00
186	498,18	64,31	27,92	7,77	50,40	32,90	16,00

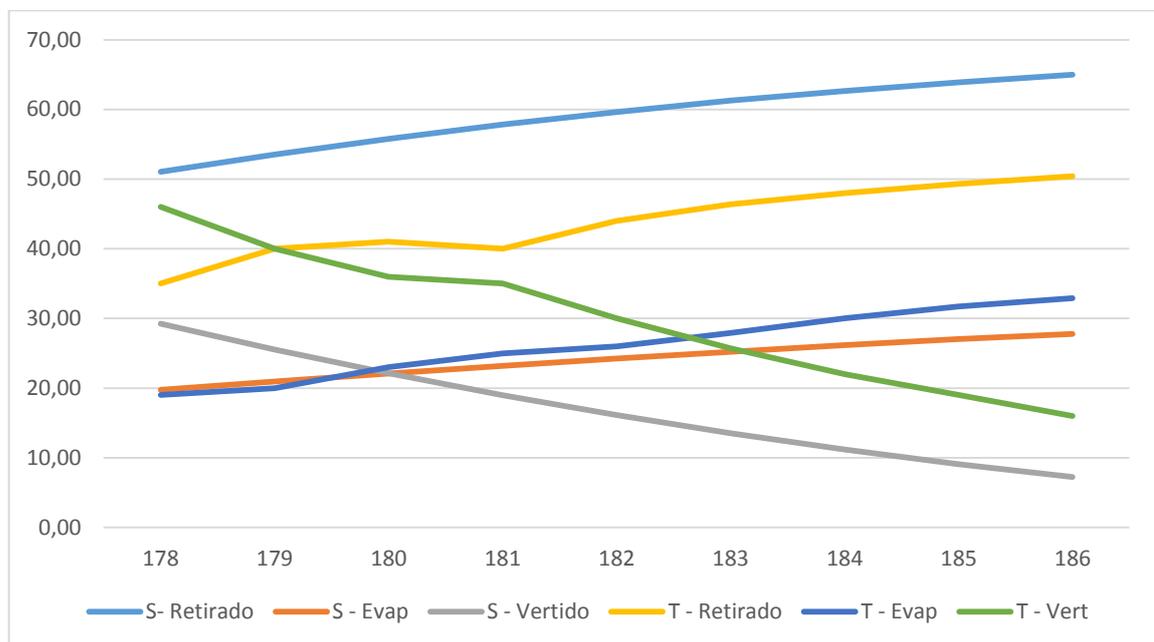


Figura 5.2 – Comparativo entre os métodos (S – Simulação; T – Diagrama Triangular) para uma garantia de 90% e diferentes cotas (eixo x)

5.2 - IMPACTO DOS RESERVATÓRIOS À MONTANTE E JUSANTE

Para o estudo do impacto dos reservatórios à montante do eixo da barragem Poço Comprido, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico existente. Como resultado, foi identificado apenas a barragem do Carmina (**Figura 5.3**) que atualmente é monitorada pela COGERH, com informações adequadas para utilização no modelo de simulação. A barragem está localizada no município Catunda e o seu reservatório possui capacidade de 13,628,000 m³ e uma bacia hidrográfica de 194.4 km² o que corresponde a 13.3% da área da bacia Poço Comprido. Assim, deve apresentar influência sobre as vazões afluentes ao reservatório Poço Comprido.

Além do Carmina, foi apresentado no Termo de Referência, dados de pequena açudagem existente na sub-bacia do rio Macacos, baseado no PLANERH (1996), onde, de forma

resumida, são apresentadas informações da pequena açudagem existente na sub-bacia do rio Macacos, com os dados de área do espelho de água e volume de acumulação de forma estimada, dados estes insuficientes para geração de um modelo. O **Quadro 5.4** apresenta um resumo dos reservatórios identificados por este estudo e que foram anteriormente citados. No Anexo 2 deste relatório, na planta da bacia hidrográfica da barragem, estão identificados os reservatórios com espelho d'água com área acima de 5 hectares.

Quadro 5.6 – Reservatórios na sub bacia do rio Macacos

Área do espelho de água (hectares)	Frequência
< 5	100
5<Á<20	38
20<Á<50	10
50<Á<100	2
100<Á<500	1

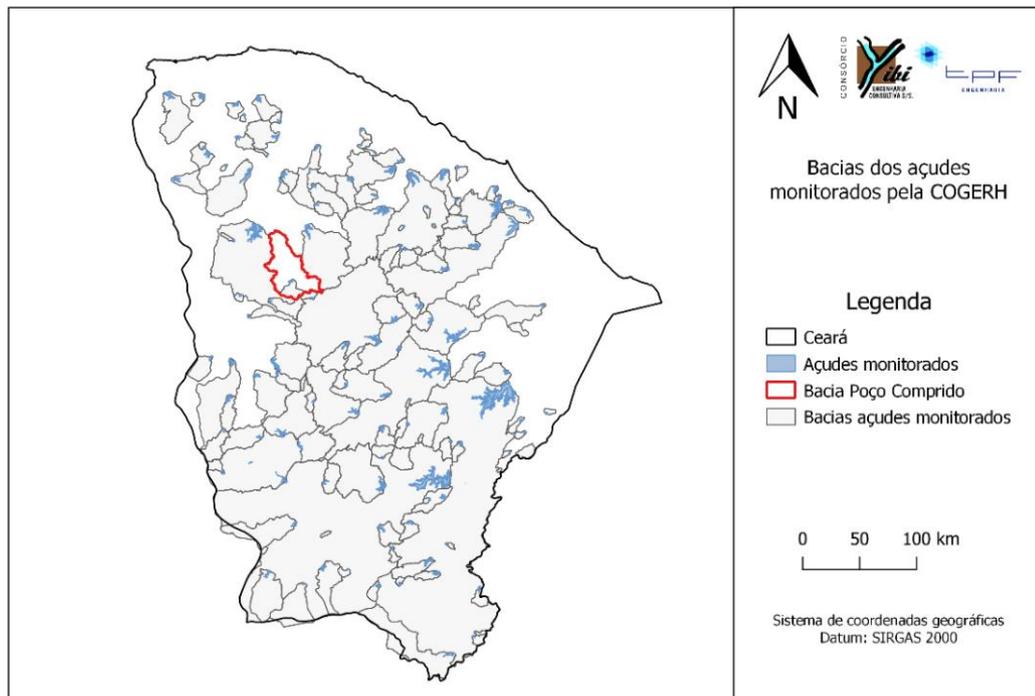


Figura 5.3 – Bacias hidrográficas dos açudes monitorados pela COGERH.

Não foram identificadas barragens à jusante da barragem Poço Comprido, logo a barragem não trará prejuízos ao armazenamento de outros reservatórios e ainda será benéfica para o controle de enchentes na região de Sobral.

5.3 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO POÇO COMPRIDO COM INTERFERÊNCIA DO RESERVATÓRIO CARMINA.

5.3.1 - Impacto nas vazões afluentes do reservatório Carmina

O término da construção do reservatório Carmina ocorreu no final de 2002. Assim, a estação fluviométrica Trápia (35240000) já considera o efeito do açude Carmina a partir do ano de 2003. Só sendo necessária a correção para o período anterior.

Para isto, partindo da hipótese de que a bacia do reservatório Poço Comprido é homogênea e supondo que toda a afluição da sub-bacia referente ao açude Carmina seria armazenada pelo reservatório Carmina, foram subtraídos 13.3%, correspondente à área da sub-bacia do açude Carmina, das vazões da série pseudo-histórica do reservatório Poço Comprido apresentados no **Quadro 4.4** para o período de 1944 - 2002. Esta nova série, denominada série pseudo-histórica do reservatório Poço Comprido considerando o reservatório de montante é apresentada no **Quadro 5.7**.

Quadro 5.7 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao reservatório Poço Comprido considerando o açude Carmina em m³/s

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1944	0.63	0.41	24.48	9.74	9.70	0.78	0.28	0.00	0.01	0.00	0.00	0.37	3.87
1945	2.73	54.03	23.49	35.04	24.39	4.06	2.68	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	12.21
1946	1.80	7.58	4.62	25.96	4.65	1.88	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.26	3.90
1947	0.63	9.33	33.94	27.35	15.85	1.57	1.48	0.25	0.00	0.00	0.91	0.61	7.66
1948	0.25	1.78	18.78	7.83	12.99	1.99	0.85	0.31	0.02	0.05	0.00	0.26	3.76
1949	0.16	2.38	15.49	14.31	16.70	1.27	0.00	0.07	0.03	0.00	0.70	0.02	4.26
1950	2.75	5.38	28.16	52.73	31.22	0.82	0.39	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	10.12
1951	0.01	0.01	0.28	1.73	1.09	4.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	0.76
1952	0.22	0.84	15.04	10.12	4.15	1.61	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2.67
1953	0.01	0.20	0.86	4.96	1.55	0.34	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.68
1954	0.05	0.80	4.66	4.28	11.04	1.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.05	0.01	1.83
1955	0.93	0.69	3.09	20.50	16.27	0.65	0.08	0.61	0.00	0.02	0.00	0.03	3.57
1956	0.02	0.73	4.33	10.70	0.92	0.64	0.23	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
1957	0.33	0.00	7.93	74.30	2.07	0.84	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.24
1958	0.12	1.79	0.52	0.60	1.55	0.11	0.18	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.41
1959	0.70	2.68	5.87	2.40	3.26	1.45	0.76	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
1960	0.03	0.04	22.49	10.29	1.36	0.82	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	3.00
1961	0.95	11.47	27.23	45.16	19.26	0.63	1.77	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	8.88
1962	0.88	1.21	8.48	6.68	6.92	0.32	0.32	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	2.07
1963	0.26	3.90	72.02	43.99	3.83	2.98	0.02	0.10	0.00	0.00	0.04	0.52	10.64
1964	7.07	24.81	50.35	65.83	42.86	3.75	3.99	1.24	0.06	0.00	0.00	0.00	16.66
1965	0.12	0.09	8.51	78.93	9.18	13.25	0.17	0.00	0.01	0.78	0.03	0.17	9.27
1966	0.02	0.79	3.68	7.56	6.38	0.42	0.35	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	1.61
1967	0.37	2.09	23.34	45.52	63.52	0.64	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	11.44
1968	1.70	2.82	43.13	30.35	37.61	0.74	0.58	0.65	0.00	0.00	0.00	0.08	9.81
1969	0.23	0.94	9.41	25.02	5.30	1.96	3.66	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89
1970	0.85	0.84	5.90	5.93	0.78	0.21	0.17	0.01	0.00	0.00	0.17	0.01	1.24
1971	0.62	2.77	10.20	43.37	27.00	9.30	3.97	0.16	0.25	0.13	0.00	0.01	8.15
1972	0.56	1.10	4.49	13.52	2.35	0.69	0.46	1.15	0.00	0.00	0.00	0.39	2.06
1973	1.96	3.78	11.32	41.50	7.40	0.85	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.59
1974	4.99	8.45	83.76	67.64	21.18	2.30	0.41	0.01	0.00	0.06	0.00	0.23	15.75
1975	0.61	2.48	14.78	8.71	44.93	3.08	0.69	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	6.28

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1976	0.00	3.24	6.02	5.41	0.50	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27
1977	0.00	0.57	4.02	10.42	7.42	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89
1978	4.09	12.17	18.51	3.13	10.84	0.26	0.05	0.00	0.00	0.00	0.40	0.35	4.15
1979	0.00	0.00	0.50	7.34	0.70	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71
1980	0.00	5.95	66.43	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.07
1981	0.00	0.06	25.40	12.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.16
1982	0.00	2.36	3.52	18.93	3.61	1.26	0.05	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	2.48
1983	0.02	0.58	0.64	0.62	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
1984	0.02	0.13	13.34	82.26	12.97	3.06	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.33
1985	3.45	68.72	158.80	227.39	35.42	9.11	4.93	0.15	0.00	0.00	0.03	7.98	43.00
1986	5.51	28.01	97.00	64.08	13.93	3.32	0.57	0.18	0.14	0.00	0.00	0.05	17.73
1987	0.08	0.47	25.10	9.49	1.05	0.33	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05
1988	0.00	4.09	31.02	57.37	18.10	2.02	0.93	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	9.47
1989	0.00	0.00	5.68	76.70	36.04	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	10.01
1990	0.11	1.64	3.34	2.48	6.42	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18
1991	0.00	6.75	3.62	6.73	2.29	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63
1992	9.60	2.72	0.97	2.83	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35
1993	0.00	0.53	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
1994	3.85	0.40	9.07	5.69	3.46	0.56	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96
1995	0.00	0.58	2.94	30.64	7.52	1.64	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62
1996	0.00	0.00	28.21	71.22	13.71	0.64	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.48
1997	0.18	0.00	3.68	7.77	1.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07
1998	0.31	0.03	0.00	1.57	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1999	0.00	0.00	4.59	0.40	2.27	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65
2000	0.25	12.08	17.29	40.34	0.96	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.92
2001	0.00	0.02	1.99	21.27	0.77	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01
2002	13.72	0.61	0.57	9.28	2.31	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21
2003	0,00	6,29	52,31	35,28	0,93	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90
2004	126,94	77,82	32,63	2,18	1,17	0,69	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,12
2005	0,00	0,00	24,73	5,70	4,16	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
2006	0,00	0,00	9,19	18,76	11,59	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31
2007	0,00	0,00	0,17	2,01	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
2008	0,00	0,00	62,79	109,20	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,56
2009	0,25	2,51	25,22	195,72	204,49	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,19
2010	0,00	0,00	0,00	1,27	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,16
2011	11,88	2,99	18,92	43,73	37,69	0,00	0,00	0,52	0,00	0,38	0,00	0,00	9,68
2012	0,09	0,57	0,90	0,57	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
2013	0,09	0,15	0,39	0,18	2,07	0,65	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
2014	0,00	0,00	0,00	1,49	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
2015	0,03	0,86	4,83	5,02	0,93	0,76	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,06
2016	2,44	0,77	4,18	5,36	0,91	0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,16
2017	0,30	7,04	23,34	7,19	7,12	0,36	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80
Série sem outliers													
Média	1.14	3.28	15.27	22.33	9.42	1.16	0.43	0.09	0.01	0.02	0.03	0.09	4.44
Desv. Padrão	2.62	7.38	18.55	25.42	13.01	2.05	0.88	0.24	0.03	0.10	0.14	0.25	4.18
Máximo	13.72	54.03	83.76	109.20	63.52	13.25	3.99	1.24	0.25	0.78	0.91	1.76	16.66
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05

5.3.2 - Impacto nas vazões regularizadas com interferência do reservatório Carmina

O impacto do reservatório de montante nas vazões regularizadas do reservatório Poço Comprido foi verificado por meio da simulação dos dois reservatórios em série, para isto a equação do balanço hídrico é resolvida primeiro para o reservatório de montante (Carmina), em seguida os vertimentos resultantes da simulação do Carmina são adicionados às vazões

afluentes do reservatório de jusante (Poço Comprido) e só então é resolvida a equação do balanço hídrico para o reservatório Poço Comprido.

Em comparação com o Acquanet, o software clássico de operação de sistemas de reservatórios, o método de simulação de reservatórios em série utilizado neste trabalho obteria resultados semelhantes uma vez que no caso modelado cada reservatório só possui uma demanda não havendo a necessidade do estabelecimento do sistema de prioridades de abastecimentos de demanda. O Acquanet utiliza um algoritmo de rede fluxo para a resolução simultânea do balanço hídrico nos 2 reservatórios, enquanto o método de simulação em série utilizado neste trabalho resolve sequencialmente primeiro o reservatório de montante e depois o de jusante, evitando assim a necessidade de programação matemática.

A única diferença prática para o caso modelado neste trabalho é que o Acquanet permitiria a transferência de água do Carmina para atendimento das demandas do Poço Comprido quando este se encontrasse seco; entretanto este efeito não deve ser considerado na fase de dimensionamento do reservatório e seria nulo visto que o reservatório Poço Comprido e sua vazão regularizada serão bem maiores que os do Carmina.

Para a simulação do reservatório Carmina, foram necessários os dados de cota-área-volume (**Quadro 5.8**) e a vazão regularizada: 0,117 m³/s. Ambos foram obtidos do **Relatório Final De Levantamento De Dados Da Bacia Do Acaraú (2008)**

Quadro 5.8 – CAV do reservatório Carmina

Cota (m)	Área (km ²)	Volume(m ³)
264	0	0
265	0.003	412
266	0.02	12,565
267	0.08	63,960
268	0.12	165,552
269	0.17	313,648
270	0.27	532,304
271	0.37	849,504
272	0.49	1,276,864
273	0.65	1,842,108
274	0.84	2,584,725
275	1.07	3,541,338
276	1.55	4,855,361
277	1.84	6,552,434
278	2.15	8,547,926
279	2.6	10,923,826
280	2.81	13,628,000
281	3.12	16,594,158
282	3.48	19,897,369
283	3.86	23,571,101

5.3.2.1 - Simulação da série histórica

A série pseudo histórica do Carmina é obtida a partir da série pseudo histórica do reservatório Poço Comprido apresentada no **Quadro 5.7** por meio da seguinte equação:

$$Y = 0.133 * \frac{X}{0.867}$$

Onde Y é a vazão afluente ao açude Carmina e X é a vazão afluente ao reservatório Poço Comprido. Desta forma, está sendo considerada que a bacia é homogênea e a proporção de área entre as bacias. A série pseudo histórica de vazões afluentes do reservatório Carmina resultante desta equação está apresentada no **Quadro 5.9**.

Quadro 5.9 - Série fluviométrica pseudo-histórica afluente ao Carmina em m³/s

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1944	0,10	0,06	3,76	1,49	1,49	0,12	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,59
1945	0,42	8,29	3,60	5,38	3,74	0,62	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,87
1946	0,28	1,16	0,71	3,98	0,71	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,60
1947	0,10	1,43	5,21	4,20	2,43	0,24	0,23	0,04	0,00	0,00	0,14	0,09	1,18
1948	0,04	0,27	2,88	1,20	1,99	0,31	0,13	0,05	0,00	0,01	0,00	0,04	0,58
1949	0,02	0,37	2,38	2,20	2,56	0,19	0,00	0,01	0,00	0,00	0,11	0,00	0,65
1950	0,42	0,83	4,32	8,09	4,79	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,55
1951	0,00	0,00	0,04	0,27	0,17	0,65	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,12
1952	0,03	0,13	2,31	1,55	0,64	0,25	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
1953	0,00	0,03	0,13	0,76	0,24	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10
1954	0,01	0,12	0,71	0,66	1,69	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,28
1955	0,14	0,11	0,47	3,14	2,50	0,10	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
1956	0,00	0,11	0,66	1,64	0,14	0,10	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
1957	0,05	0,00	1,22	11,40	0,32	0,13	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11
1958	0,02	0,27	0,08	0,09	0,24	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
1959	0,11	0,41	0,90	0,37	0,50	0,22	0,12	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
1960	0,00	0,01	3,45	1,58	0,21	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,46
1961	0,15	1,76	4,18	6,93	2,95	0,10	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36
1962	0,13	0,19	1,30	1,02	1,06	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
1963	0,04	0,60	11,05	6,75	0,59	0,46	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,08	1,63
1964	1,08	3,81	7,72	10,10	6,57	0,58	0,61	0,19	0,01	0,00	0,00	0,00	2,56
1965	0,02	0,01	1,31	12,11	1,41	2,03	0,03	0,00	0,00	0,12	0,00	0,03	1,42
1966	0,00	0,12	0,56	1,16	0,98	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,25
1967	0,06	0,32	3,58	6,98	9,74	0,10	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,75
1968	0,26	0,43	6,62	4,66	5,77	0,11	0,09	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01	1,50
1969	0,04	0,14	1,44	3,84	0,81	0,30	0,56	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
1970	0,13	0,13	0,91	0,91	0,12	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,19
1971	0,10	0,42	1,56	6,65	4,14	1,43	0,61	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	1,25
1972	0,09	0,17	0,69	2,07	0,36	0,11	0,07	0,18	0,00	0,00	0,00	0,06	0,32
1973	0,30	0,58	1,74	6,37	1,14	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
1974	0,77	1,30	12,85	10,38	3,25	0,35	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	2,42
1975	0,09	0,38	2,27	1,34	6,89	0,47	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96
1976	0,00	0,50	0,92	0,83	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
1977	0,00	0,09	0,62	1,60	1,14	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
1978	0,63	1,87	2,84	0,48	1,66	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,64
1979	0,00	0,00	0,08	1,13	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1980	0,00	0,91	10,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
1981	0,00	0,01	3,90	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49
1982	0,00	0,36	0,54	2,90	0,55	0,19	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1983	0,00	0,09	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
1984	0,00	0,02	2,05	12,62	1,99	0,47	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43
1985	0,53	10,54	24,36	34,88	5,43	1,40	0,76	0,02	0,00	0,00	0,00	1,22	6,60
1986	0,85	4,30	14,88	9,83	2,14	0,51	0,09	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	2,72
1987	0,01	0,07	3,85	1,46	0,16	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47
1988	0,00	0,63	4,76	8,80	2,78	0,31	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45
1989	0,00	0,00	0,87	11,77	5,53	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	1,54
1990	0,02	0,25	0,51	0,38	0,98	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
1991	0,00	1,04	0,56	1,03	0,35	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
1992	1,47	0,42	0,15	0,43	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
1993	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
1994	0,59	0,06	1,39	0,87	0,53	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
1995	0,00	0,09	0,45	4,70	1,15	0,25	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
1996	0,00	0,00	4,33	10,93	2,10	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46
1997	0,03	0,00	0,56	1,19	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
1998	0,05	0,00	0,00	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
1999	0,00	0,00	0,70	0,06	0,35	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
2000	0,04	1,85	2,65	6,19	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91
2001	0,00	0,00	0,31	3,26	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
2002	2,10	0,09	0,09	1,42	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
2003	0,00	0,96	8,02	5,41	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
2004	19,47	11,94	5,01	0,33	0,18	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09
2005	0,00	0,00	3,79	0,87	0,64	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
2006	0,00	0,00	1,41	2,88	1,78	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
2007	0,00	0,00	0,03	0,31	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
2008	0,00	0,00	9,63	16,75	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23
2009	0,04	0,39	3,87	30,02	31,37	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,55
2010	0,00	0,00	0,00	0,19	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
2011	1,82	0,46	2,90	6,71	5,78	0,00	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,00	1,48
2012	0,01	0,09	0,14	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
2013	0,01	0,02	0,06	0,03	0,32	0,10	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
2014	0,00	0,00	0,00	0,23	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
2015	0,00	0,13	0,74	0,77	0,14	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
2016	0,37	0,12	0,64	0,82	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
2017	0,05	1,08	3,58	1,10	1,09	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
Série sem outliers													
Média	0,17	0,50	2,34	3,43	1,44	0,18	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,68
Desv. Padrão	0,40	1,13	2,85	3,90	2,00	0,32	0,13	0,04	0,00	0,02	0,02	0,04	0,64
Máximo	2,10	8,29	12,85	16,75	9,74	2,03	0,61	0,19	0,04	0,12	0,14	0,27	2,56
Mínimo	0,17	0,50	2,34	3,43	1,44	0,18	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,68

Os reservatórios foram simulados em série considerando volume inicial de 100hm³ no Poço Comprido e 6 hm³ no Carmina. As retiradas operacionais resultantes deste procedimento, com garantias de 85 a 99% estão apresentadas no **Quadro 5.10**. Para efeito de ilustração, a simulação da série pseudo-histórica dos reservatórios carmina e do Poço Comprido com capacidade de 201 hm³, referente à cota 178m, e considerando retirada operacional equivalente à garantia de 90% é apresentada no **Anexo 1**.

O Impacto dos vertimentos do reservatório Carmina nas afluições do Poço Comprido é mostrado no **Quadro 5.11**. Se verifica a importa de realizar a operação em série dos reservatórios, os vertimentos do Carmina representam 8,86% de toda a afluição do Poço

Comprido e, além disso, são 63,34% de toda a afluência do Carmina. Desta forma, se verifica que a maior parte da vazão que da bacia da barragem Carmina é transportada como vertimento ao reservatório Poço Comprido

Quadro 5.10 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias na simulação da série histórica considerando o reservatório de montante(Carmina)

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Q85 (hm ³ /mês)	Q90 (hm ³ /mês)	Q95 (hm ³ /mês)	Q99 (hm ³ /mês)
178	201.19	7,12	5,85	4,53	3,04
179	229.66	7,51	6,29	4,94	3,10
180	260.61	7,88	6,58	5,31	4,29
181	293.95	8,10	6,94	5,67	3,87
182	329.59	8,33	7,20	6,00	4,14
183	367.67	8,63	7,51	6,27	4,54
184	408.36	9,03	7,70	6,53	4,91
185	451.81	9,05	7,91	6,78	5,30
186	498.18	9,28	8,09	7,01	5,60

Quadro 5.11 – Impacto dos Vertimentos do Carmina

Vertimento Carmina (hm ³)	Afluência ao Poço Comprido (hm ³)	% do Vertimento	Afluência ao Carmina (hm ³)	% do Vertimento
993,05	11.212,57	8,86%	1567,69	63,34%

Em seguida, são determinados os percentuais médios regularizado, evaporado e vertido do volume total afluente para diferentes tamanhos de reservatórios e considerando garantia de 90% conforme o **Quadro 5.12**.

Quadro 5.12 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90%

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Volume Regularizado (hm ³ /ano)	Volume Evaporado (hm ³ /ano)	Volume Vertido (hm ³ /ano)
178	201.19	42,50	21,13	36,94	64,40	32,02	55,98
179	229.66	45,51	22,45	32,66	68,95	34,01	49,49
180	260.61	47,66	23,97	29,02	72,21	36,31	43,97
181	293.95	50,24	25,15	25,28	76,12	38,11	38,31
182	329.59	52,17	26,33	22,19	79,05	39,90	33,62
183	367.67	54,22	27,34	19,16	82,16	41,42	29,03
184	408.36	55,70	28,72	16,32	84,39	43,52	24,72
185	451.81	57,26	30,04	13,45	86,77	45,52	20,37
186	498.18	58,63	31,23	10,91	88,83	47,32	16,53

5.3.2.2 - Simulação das séries sintéticas com interferência da barragem Carmina

Usando procedimeto semelhante ao da seção 5.1.2, porém com os novos valores de média e desvio padrão das séries anuais do **Quadro 5.4**, são geradas as 100 séries sintéticas para o reservatório Poço Comprido. As séries sintéticas do reservatório Carmina são determinadas, considerando a sua participação na área total, a partir das séries sintéticas do reservatório Poço Comprido por meio da equação apresentada na seção 5.2.2.1.

Para cada uma das séries sintéticas do reservatório Carmina é simulada de maneira semelhante à seção 5.2.1 e os resultados dos vertimentos obtidos são acrescentados às respectivas séries sintéticas do reservatório Poço Comprido, o que configura uma operação tipo em série dos reservatórios. As novas séries sintéticas do reservatório Poço Comprido, com os vertimentos do carmina, são simuladas e então são verificadas as vazões regularizadas para diferentes garantias e configurações do reservatório. Os resultados das simulações estão apresentados nos **Quadros 5.13 e 5.14** e na **Figura 5.4**.

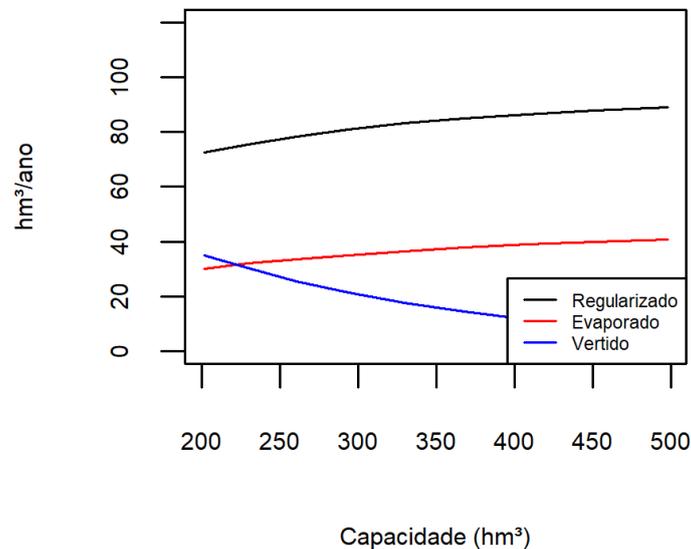
Quadro 5.13 – Vazões Regularizadas para diferentes garantias considerando o reservatório a montante(Carmina)

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Q85 (hm ³ /mês)	Q90 (hm ³ /mês)	Q95 (hm ³ /mês)	Q99 (hm ³ /mês)
178	201.19	7.30	6.39	5.13	3.40
179	229.66	7.73	6.72	5.40	3.61
180	260.61	8.07	7.11	5.75	4.05
181	293.95	8.61	7.50	6.00	4.24
182	329.59	8.93	7.89	6.30	4.64
183	367.67	9.13	8.01	6.67	5.03
184	408.36	9.33	8.25	6.93	5.29
185	451.81	9.52	8.50	7.08	5.46
186	498.18	9.72	8.62	7.24	5.71

Quadro 5.14 - Cálculo do volume anual regularizado para uma garantia de 90% considerando o reservatório a montante(Carmina)

Cota (m)	Capacidade (hm ³)	Percentual Regularizado	Percentual Evaporado	Percentual Vertido	Volume Regularizado (hm ³ /ano)	Volume Regularizado (m ³ /s)	Volume Evaporado (hm ³ /ano)	Volume Vertido (hm ³ /ano)
Com reservatório de montante								
178	201.19	52.63	21.90	25.46	72.55	2,33	30.19	35.10
179	229.66	54.83	23.22	21.95	75.50	2,43	31.98	30.22
180	260.61	57.02	24.40	18.58	78.43	2,52	33.56	25.56
181	293.95	58.95	25.53	15.52	81.00	2,60	35.08	21.32
182	329.59	60.61	26.56	12.83	83.19	2,67	36.46	17.61
183	367.67	62.00	27.52	10.48	85.01	2,73	37.73	14.37
184	408.36	63.20	28.41	8.39	86.57	2,78	38.91	11.49
185	451.81	64.23	29.21	6.56	87.89	2,83	39.98	8.98
186	498.18	65.12	29.86	5.02	89.05	2,86	40.83	6.87

Figura 5.4 – Volume anual regularizado para uma garantia de 90% considerando o reservatório a montante.



5.4 - AVALIAÇÃO DO CUSTO DAS ALTERNATIVAS

Foi elaborado a título preliminar, orçamentos básicos de cada alternativa de capacidade de reservação, as quais são apresentados a seguir.

Aproveitando todo o potencial topográfico do boqueirão e respaldadas na capacidade hidrológica, as seções máxima da barragem foram previstas nas cotas máximas para cada alternativa. A partir daí, preparou-se o quantitativo de materiais de escavação e construção de cada seção para a obtenção do custo. Para isto foram levantados somente os grandes itens, conforme descrito abaixo:

1. Canteiro de obra e administração
2. Fundação e maciço da barragem, levando em consideração o volume de específico de cada alternativa;
3. Vertedouro, considerando a escavação obrigatória para cada alternativa e a estrutura de soleira tipo creager em concreto massa.
4. Tomada d'água, com previsão de galeria de concreto, caixa de montante, caixa de controle de jusante, canais de acesso e restituição, assim como os equipamento hidromecânicos indicado para cada alternativa;
5. Interferências nas estradas , pontes e linha de transmissão de acordo com o impacto que cada alternativa provocará na nfra-estrutura

Para este estudo comparativo de alternativas, os preços unitários tiveram como base as tabelas do SINAPI/FEV/2019.

Para simplificação do estudo de custo de cada alternativa. Foi optado por uma largura de sangradouro de 200,0m, para as três alternativas. No anteprojeto deverá ser realizado o dimensionado hidráulico do vertedouro e apresentado uma avaliação econômico do mesmo.

Com base nas três opções de capacidade da barragem, pode-se construir uma matriz de 3 possíveis alternativas para estudo e escolha da solução ótima a saber:

- **Alternativa 1:** barragem do tipo terra zoneada e com sangradouro escavado em rocha e soleira tipo Creager com largura de 200,00 m; **cota de sangria = 182,0 m e cota de coroamento = 189,0m**
- **Alternativa 2:** barragem do tipo terra zoneada e com sangradouro escavado em rocha e soleira tipo Creager com largura de 200,00 m; **cota de sangria = 180,0 m e cota de coroamento = 187,0m**
- **Alternativa 3:** barragem do tipo terra zoneada e com sangradouro escavado em rocha e soleira tipo Creager com largura de 200,00 m; **cota de sangria = 178,0 m e cota de coroamento = 185,00m**

O **Quadro 5.15** resume os orçamentos elaborados para cada alternativa, dos custos de construção de cada alternativa e volume regularizado anual versus capacidade do reservatório.

Quadro 5.15 – custo de construção de cada alternativa e de volume regularizado anualmente

DESCRIÇÃO	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Acumulação- hm ³	329,586	260,612	201,191
Cota Sangria	182,00	180,00	178,00
Largura do vertedouro (m)	200,00	200,00	200,00
Cota da berma	189,00	187,00	185,00
Área bac. Hidraulica - hectares	3295,863	3219,520	2722,634
Vazão regularizada hm ³ /ano	83,19	78,43	72,55
Custo total R\$	R\$ 332.765.033,17	R\$ 327.599.620,16	R\$ 313.304.000,29
Custo da água em relação a sua construção R\$/m ³	1,01	1,26	1,56
Custo da Regularização R\$/m ³ /ano	4,00	4,18	4,32

6 - ESTUDOS DE CHEIAS

6 - ESTUDO DE CHEIAS

A cheia de projeto, muitas vezes denominada de cheia sintética, é frequentemente utilizada na análise, planejamento e dimensionamento de obras hidráulicas. No presente capítulo, as cheias de projeto com período de retorno de 1.000 e 10.000 anos são utilizadas na análise do comportamento hidráulico do sangradouro da Barragem Poço Comprido, no sentido de verificação da capacidade atual de regularização da estrutura vertente. O programa utilizado é o HEC-HMS, desenvolvido pelo Hydrologic Engineer Center, do U.S. Army Corps of Engineers (EUA).

Nos padrões definidos pelo U.S. Army Corps of Engineers - e disponíveis no programa - são três os diferentes métodos para a determinação das cheias sintéticas: 1) a cheia de projeto padrão (standard project storm); 2) a cheia máxima provável e, 3) a cheia de projeto de diferentes durações derivadas de dados área-altura de chuva.

O método da cheia de projeto de diferentes durações foi desenvolvido pelas agências americanas National Weather Service (NWS) e National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). O método também é conhecido como cheia balanceada, porque suas alturas incrementais acumuladas podem ser organizadas em relações consistentes frequência x duração para cada intervalo de duração da chuva total. Isso significa que intervalos de chuvas de diferentes durações - 1h, 2h, 4h, 8h - produzem totais de chuva com a mesma frequência de excedência (ou período de retorno). Aceitando-se os princípios do NWS, optou-se, para o presente estudo, adotar uma cheia de projeto balanceada usando-se os parâmetros do clima local.

Para o desenvolvimento da cheia de projeto, dois parâmetros devem ser inicialmente estimados: a duração da chuva e o intervalo de tempo para cada incremento de chuva. A duração da chuva foi considerada igual ao tempo de concentração da bacia.

Por sua vez, o intervalo de cálculo deve ser suficientemente curto para definir com precisão o hidrograma de cheia. Dentro destas premissas, adotou-se neste estudo um intervalo de tempo (Δt) igual a 10 minutos.

Os dados de entrada e saída, utilizados pelo o programa HEC-HMS para o dimensionamento do reservatório da barragem Poço Comprido, serão apresentados no anexo digital deste relatório.

6.1 - O MÉTODO CURVA - NÚMERO

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

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (6.1)$$

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 variada, mas, a partir de dados de pequenas bacias, é aproximada pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20.S \quad (6.2)$$

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

$$Q = \frac{(P - 0,20.S)^2}{P + 0,80.S} \quad (6.3)$$

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

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (6.4)$$

Em que CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solo 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) através de tabelas².

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solo, 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 – São solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouco silte e argila, consistindo principalmente em areia e cascalho, ambos profundos e excessivamente bem drenados. São solos que possuem taxa mínima de infiltração (f_c), segundo a classificação de Horton, de ordem superior a 7,62 mm/h podendo chegar até 11,4 mm/h, de acordo com o TR-55 (1986);
- B – São solos contendo moderada taxa de infiltração quando completamente molhados, consistindo, principalmente, de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa. São solos que apresentam taxa mínima de infiltração entre 3,81 mm/h a 7,62 mm/h;
- C – São solos com baixa taxa de infiltração e que geram escoamento superficial acima da média principalmente quando completamente molhados. São solos contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo. A taxa mínima de infiltração destes solos fica compreendida entre 1,27 a 3,81 mm/h;
- D – São solos que possuem o mais alto potencial de escoamento superficial. São solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com baixa taxa de infiltração. Pertencem a esta categoria solos com grande permanência do lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próximas da superfície e solos expansivos. A taxa de infiltração mínima é inferior a 1,27 mm/h.

Desde 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. A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método da curva número.

A Agência Nacional de Águas (ANA) disponibiliza uma base vetorial com o Curve Number (CN) para todo o Brasil, calculado a partir da topografia de precisão 1:250.000; do mapa pedológico multiescalas compilado pela Coordenação de Conjuntura dos Recursos Hídricos

² PONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p.

da ANA (ANA, 2017); do mapa de cobertura e uso do solo do IBGE construído a partir do processamento de imagens de satélite (IBGE, 2014).

A Bacia Hidrográfica da Barragem Poço Comprido está situada numa região com CNs entre 60 e 80, conforme a **Figura 6.1**. O valor de CN da bacia foi adotado como o médio ponderado pelas áreas, que resultou em 71.

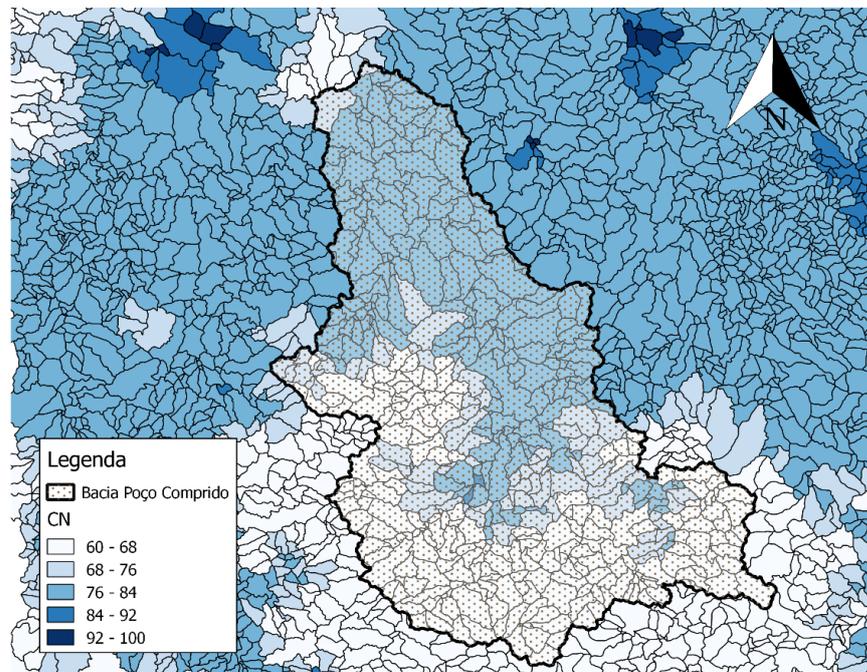


Figura 6.1 – Mapa de CN da Bacia do Reservatório Poço Comprido

6.2 - O MÉTODO CHUVA-DEFLÚVIO ADOTADO

O programa HEC-HMS dispõe de várias metodologias para a transformação de precipitação em escoamento superficial. A metodologia adotada neste estudo pelos consultores é a do Método do Hidrograma Unitário Triangular, desenvolvido pelo U. S. Soil Conservation Service (1972). Este método, largamente utilizada em estudos desta natureza no Nordeste, se baseia em um hidrograma adimensional, resultado da análise de um grande número de hidrogramas unitários naturais de bacias de variadas extensões e localizações geográficas nos Estados Unidos. De simples aplicação, depende basicamente do tempo de concentração da bacia e nas relações geométricas.

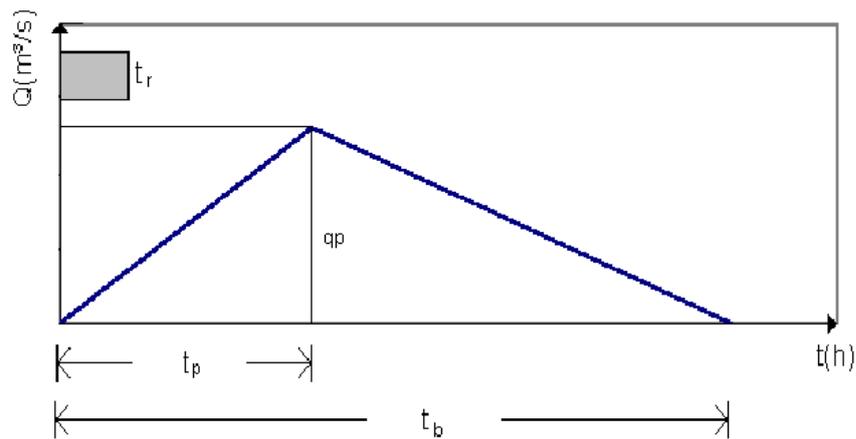


Figura 6.2 – Hidrograma unitário sintético do soil conservation servisse

O Hidrograma Triangular do SCS tem seu tempo de pico igual a:

$$t_p = 0,5t_r + 0,6t_c \quad (6.5)$$

onde: t_r = tempo de duração da chuva unitária, em horas (recomenda-se $t_r=0,2t_c$ para reduzir o trabalho de cálculo), e t_c = tempo de concentração da bacia (em horas).

O tempo de base t_b é dado por:

$$t_b = 2,67t_p \quad (6.6)$$

Obtém-se a descarga de pico q_p observando-se que a área do triângulo representa o volume escoado da bacia para um deflúvio de 1mm.

$$q_p = \frac{2 \times P \times A}{t_b} \quad (6.7)$$

onde P é igual a 1mm, A é a área da bacia e t_b é o tempo de base. A aplicabilidade do Método do Hidrograma Unitário se dá somente em bacias hidrográficas com áreas até 2.500 km². A bacia hidrográfica da Barragem Poço Comprido está dentro deste limite.

6.3 - DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA (PE)

A retenção de parte da chuva nas depressões do solo e sua infiltração são os principais fatores que afetam a relação chuva-deflúvio, determinando a quantidade de chuva que se transforma em escoamento superficial, conhecida como **precipitação efetiva**. Segundo o Soil Conservation Service:

$$PE = (P-5.080/CN + 50,8)^2 / (P+20.320/CN - 203,2) \quad (6.8)$$

O parâmetro CN, denominado “curve number” varia de 0 a 100, conforme a permeabilidade do solo, cobertura vegetal, textura da superfície e umidade antecedente do solo, e se

encontra tabelado para diversos tipos de cobertura vegetal, tratamento agrícola e grupos hidrológicos de solos classificados de acordo com sua permeabilidade.

6.4 - REPRESENTAÇÃO DA BACIA NO HEC-HMS

Conforme o que foi exposto anteriormente, a bacia do reservatório poço comprido pode ser representada no HEC-HMS por 2 elementos interligados conforme a **Figura 6.3**: i) a sub-bacia (representação da transformação da chuva extrema em vazão) e ii) o reservatório (representação do armazenamento e da propagação a cheia no vertedouro) com as seguintes características (dados de entrada):

i) Sub-bacia: Area = 1461.2 km²; Loss Method = SCS Curve Number (calcular a precipitação efetiva a partir do CN); Transform Method = SCS Unit Hydrograph (Utilizar o hidrograma unitário do SCS para a transformação da chuva em vazão); Initial Abstraction = 20.65mm (Ia = 0.2S); Curve Number = 71; LAG TIME = 846min (0.6* Tc); Canopy (Interceptação) = Baseflow (escoamento de base) = No. Preciptation Gauge (Modelo meteorologico) = Os hietogramas especificados na Seção 3; Downstream (Jusante) = Reservatorio.

ii) Reservatório: Method = Outflow Structure (simular vertedouro); Storage Method = Elevation-Storage (usar a curva cota-volume do reservatório); Elev Storage Function = cav do reservatório; Initial Elevation = Cota do Vertedouro (para iniciar a simulação com o reservatório cheio); Spillways = 1 (usar 1 vertedouro); Elev-Discharge = curva chave do vertedouro. A metodologia da propagação da cheia no vertedouro está detalhada na seção 7.

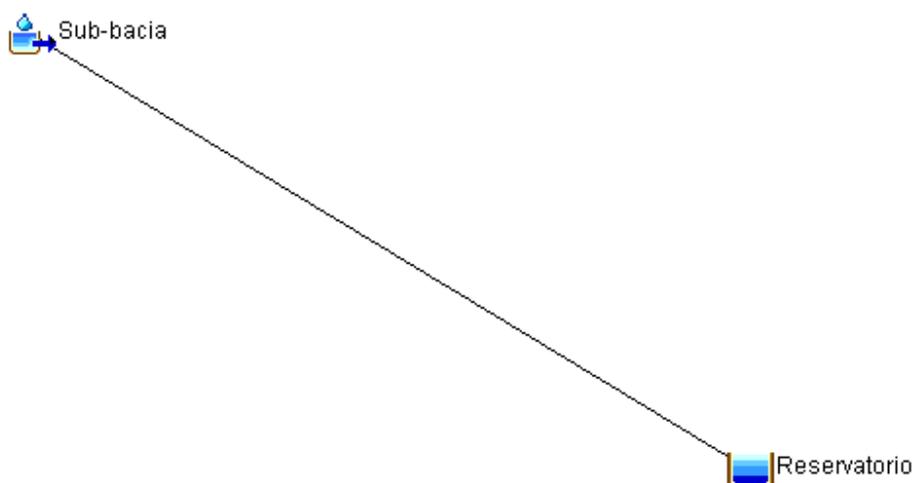


Figura 6.3 – Representação da bacia do Poço Comprido no HEC-HMS

Os resultados de cheia obtidos pela simulação deste modelo no HEC-HMS estão apresentados nas **Figura 6.4 e 6.5** para as chuvas de 1.000 e 10.000 anos respectivamente (vazões de pico: 2606 m³/s e 3431m³/s).

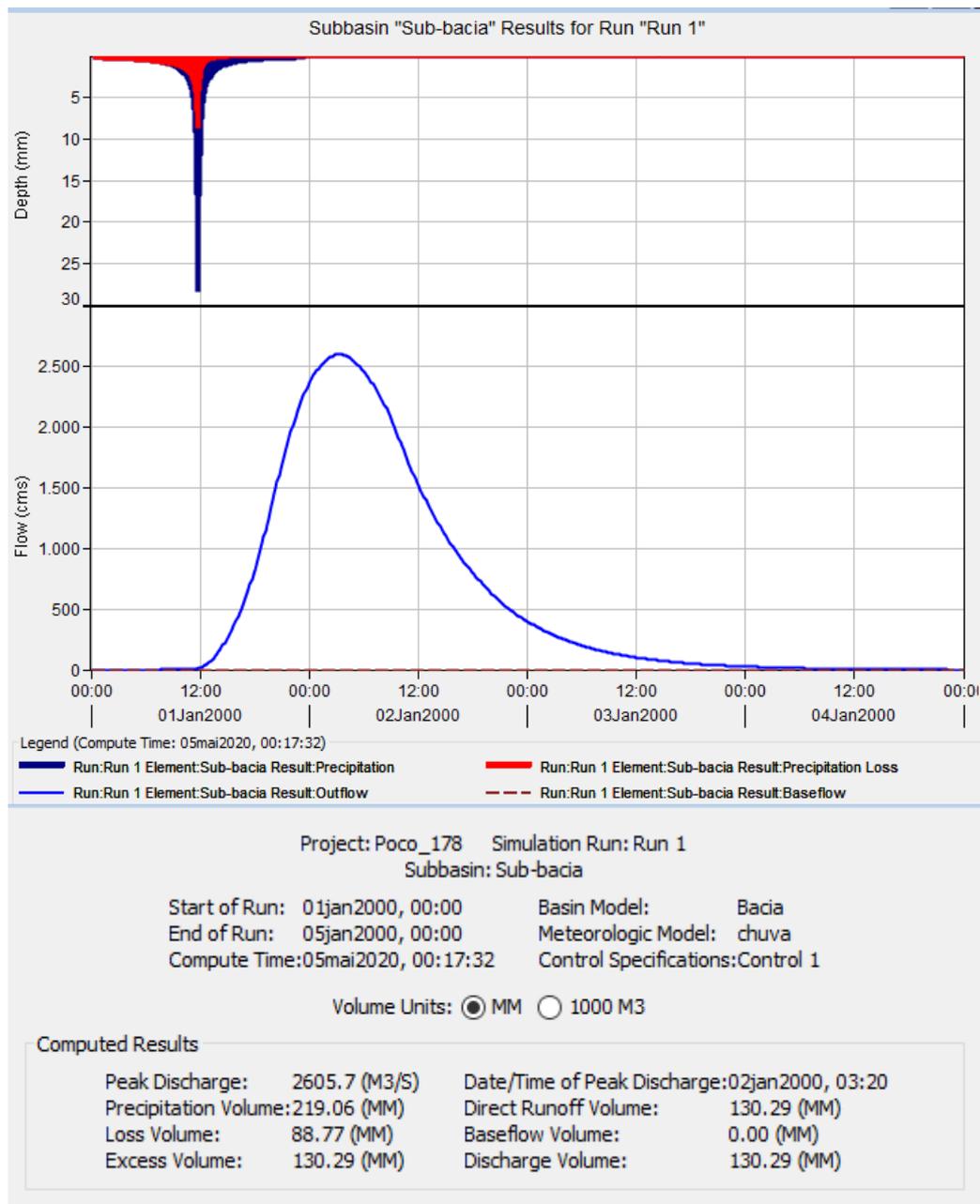


Figura 6.4 – Vazão de projeto para TR = 1.000 anos

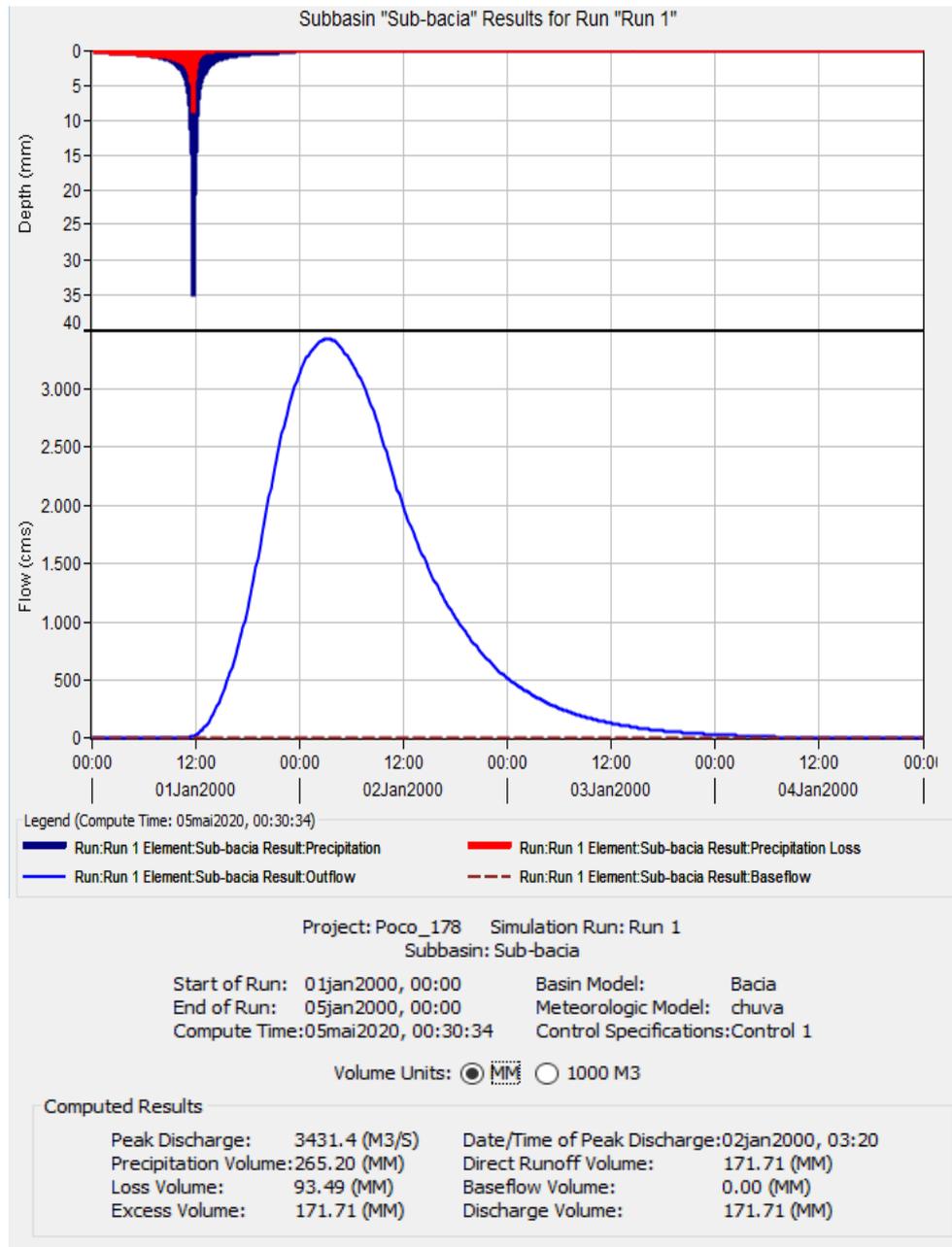


Figura 6.5 – Vazão de projeto para TR = 10.000 anos

6.5 - IMPACTO DO RESERVATÓRIO DE MONTANTE (BARRAGEM CARMINA)

Analisando a bacia do reservatório Poço Comprido conforme a **Figura 6.6** se observa:

- i) A sub-bacia do reservatório Carmina não pertence ao rio principal do Poço Comprido (em branco), assim o tempo de concentração deste permanece inalterado.
- ii) Há um longo trecho de rio entra as duas barragens (em verde), desta forma, o tempo de deslocamento do pico (lag) resultante do Açude Carmina até a barragem Poço Comprido deve ser calculado e considerado.

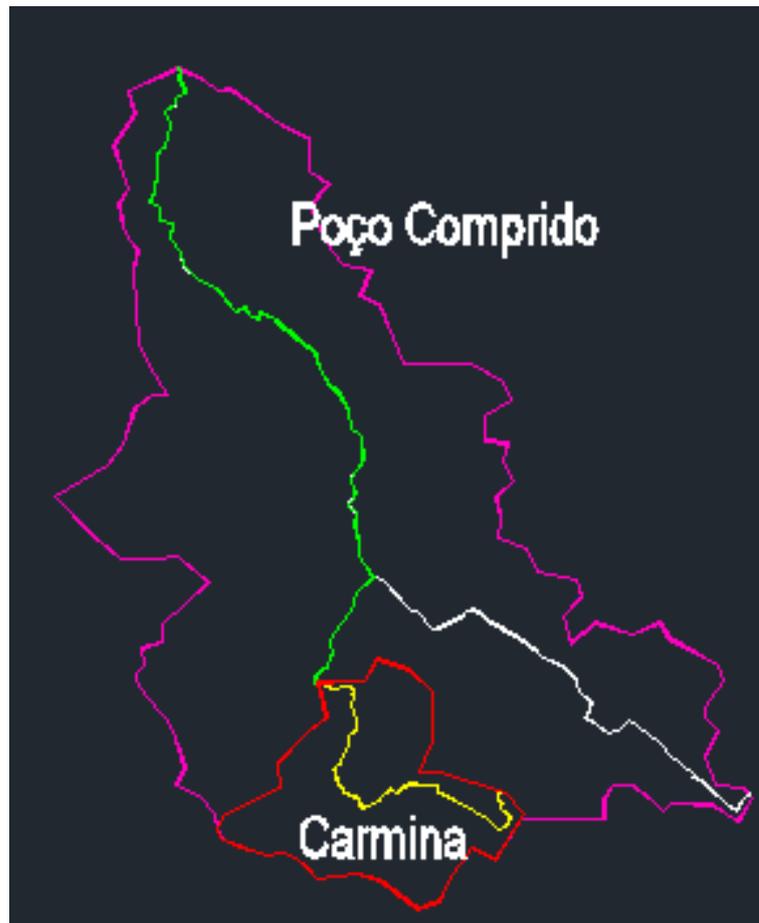


Figura 6.6 – Esboço das Bacias Hidrográficas

As características fisiográficas da bacia do Carmina foram calculadas por meio do levantamento topográfico com os mesmos métodos utilizados no Poço Comprido e estão apresentadas no **Quadro 6.1**.

Quadro 6.1 – Características Fisiográficas da Bacia do Carmina

Área da bacia hidrográfica (km ²)	Comprimento do rio (km)	Cota do talvegue à montante (m)	Cota do talvegue à jusante (m)	Tempo de Concentração (horas)
194,4	28,95	720	264	6,56

O tempo de lag resultante do trecho verde é calculado considerando que o escoamento na bacia do Poço Comprido tem velocidade constante e igual ao comprimento do rio principal do Poço Comprido dividido pelo seu tempo de concentração ($V = L/T_c = 3.91$ km/hora). Assim o tempo de lag é igual ao comprimento do trecho verde dividido pela velocidade de deslocamento da água:

$$t = \frac{L_{trecho}}{V} = \frac{58,745}{3,91} = 15.02 \text{ h}$$

Com estes dados e realizando as mesmas considerações do tópico anterior, é possível modelar a bacia do Poço Comprido utilizando 5 elementos do HEC-HMS conforme a **Figura 6.7**: i) Sub-bacia Poço Comprido, ii) Sub-bacia Carmina, iii) Reservatório Carmina, iv) Reach (em azul e representa o lag do deslocamento do pico da cheia efluente do Carmina até o poço comprido), v) Reservatório Poço Comprido:

i) Sub-bacia Poço Comprido: Area = 1266.8 km² (a área do Carmina foi subtraída); Loss Method = SCS Curve Number (calcular a precipitação efetiva a partir do CN); Transform Method = SCS Unit Hydrograph (Utilizar o hidrograma unitário do SCS para a transformação da chuva em vazão); Initial Abstraction = 20.65mm ($I_a = 0.2S$); Curve Number = 71; LAG TIME = 846min ($0.6 \cdot T_c$); Canopy (Interceptação) = Baseflow (escoamento de base) = No. Precipitation Gauge (Modelo meteorológico) = Os hietogramas especificados na Seção 3; Downstream (Jusante) = Reservatório Poço Comprido.

ii) Sub-bacia Carmina: Area = 194.4 km² (a área do Carmina foi subtraída); Loss Method = SCS Curve Number (calcular a precipitação efetiva a partir do CN); Transform Method = SCS Unit Hydrograph (Utilizar o hidrograma unitário do SCS para a transformação da chuva em vazão); Initial Abstraction = 20.65mm ($I_a = 0.2S$); Curve Number = 71; LAG TIME = 236.1min ($0.6 \cdot T_c$); Canopy (Interceptação) = Baseflow (escoamento de base) = No. Precipitation Gauge (Modelo meteorológico) = Os hietogramas especificados na Seção 3; Downstream (Jusante) = Reservatório Carmina.

iii) Reservatório Carmina: Method = Outflow Structure (simular vertedouro); Storage Method = Elevation-Storage (usar a curva cota-volume do reservatório); Elev Storage Function = cav do reservatório; Initial Elevation = 280m (a Cota do Vertedouro para iniciar a simulação com o reservatório cheio); Spillways = 1 (usar 1 vertedouro); Elev-Discharge = curva chave do vertedouro do reservatório Carmina; Downstream = Reach. A metodologia da propagação da cheia no vertedouro está detalhada na seção 7.

iv) Reach : Routing Method = Lag (fazer o deslocamento do pico utilizando o lag determinado); Lag = 901.12min (tempo de lag); Downstream = Reservatório Poço Comprido.

ii) Reservatório Poço Comprido: Method = Outflow Structure (simular vertedouro); Storage Method = Elevation-Storage (usar a curva cota-volume do reservatório); Elev Storage Function = cav do reservatório; Initial Elevation = Cota do Vertedouro (para iniciar a simulação com o reservatório cheio); Spillways = 1 (usar 1 vertedouro); Elev-Discharge = curva chave do vertedouro. A metodologia da propagação da cheia no vertedouro está detalhada na seção 7.

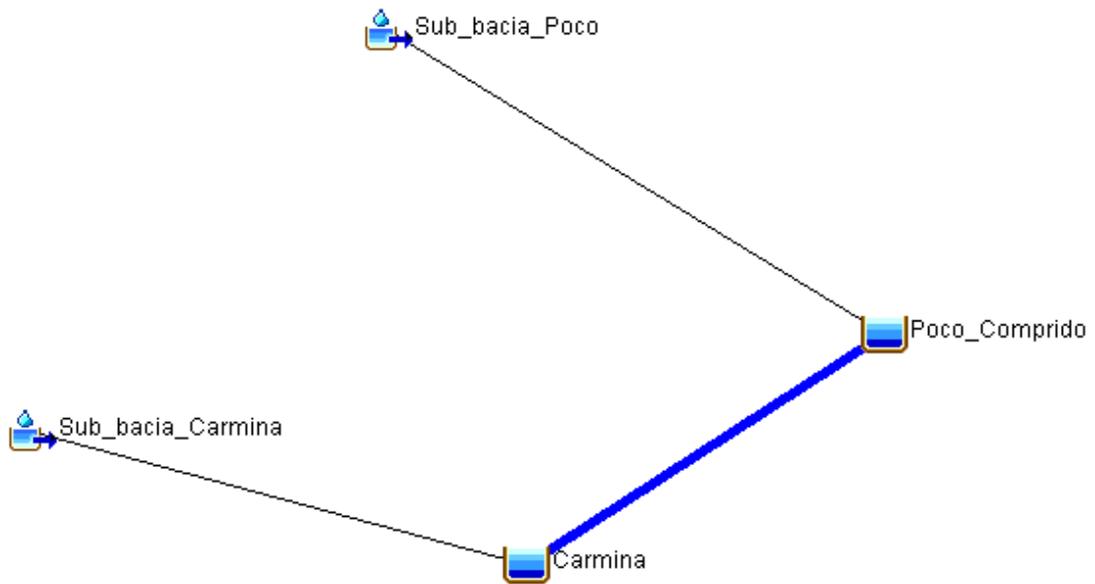


Figura 6.7 – Representação da bacia do Poço Comprido no HEC-HMS

Os resultados de cheia obtidos pela simulação deste modelo no HEC-HMS estão apresentados nas **Figuras 6.8 e 6.9** e no **Quadro 6.2**.

Quadro 6.2 – Vazões de projeto

TR = 1.000		TR = 10.000	
Vazão de pico sem montante (m³/s)	Vazão de pico com montante (m³/s)	Vazão de pico sem montante (m³/s)	Vazão de pico com montante (m³/s)
2605.7	2475.1	3431.4	3283.6

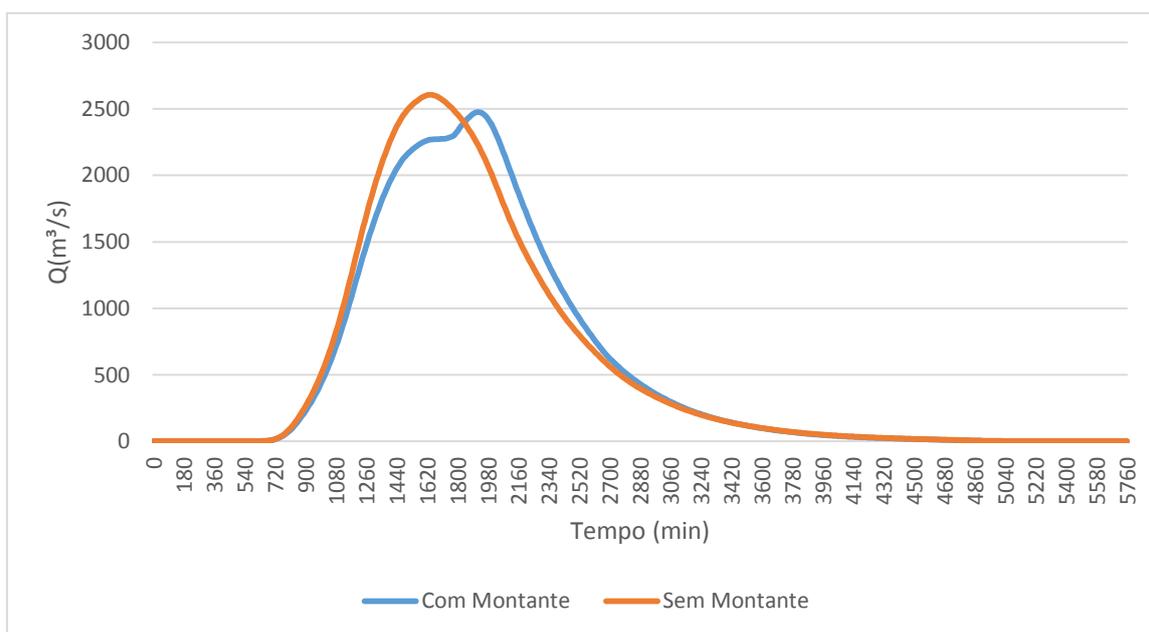


Figura 6.8 – Vazão de projeto para TR = 1.000 anos

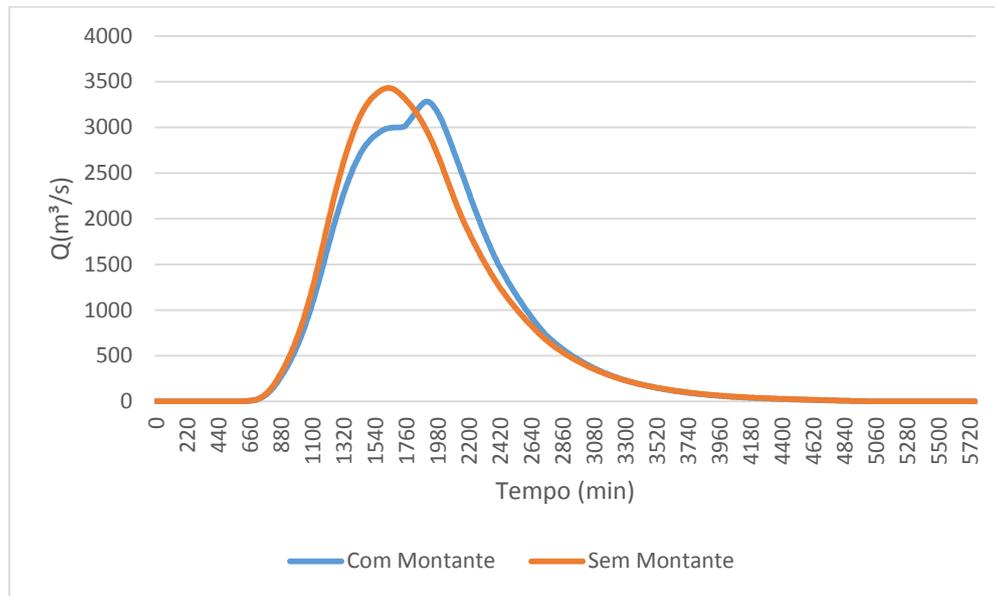


Figura 6.9 – Vazão de projeto para TR = 10.000 anos

Os processos de propagação de cheia o vertedouro do Carmina, o atraso da cheia no reach e a composição da cheia de projeto considerando o reservatório de montante podem ser verificados nas **Figuras 6.10 e 6.11** para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos respectivamente.

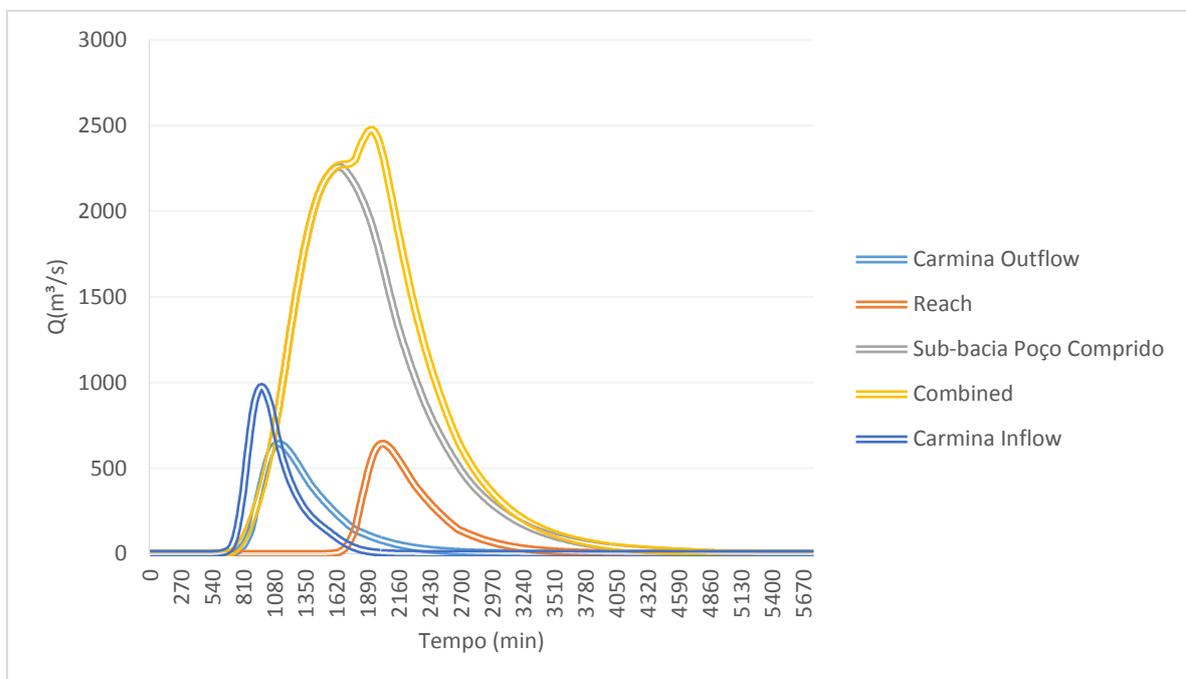


Figura 6.10 – Cheia na Bacia do Poço Comprido para período de retorno de 1.000 anos

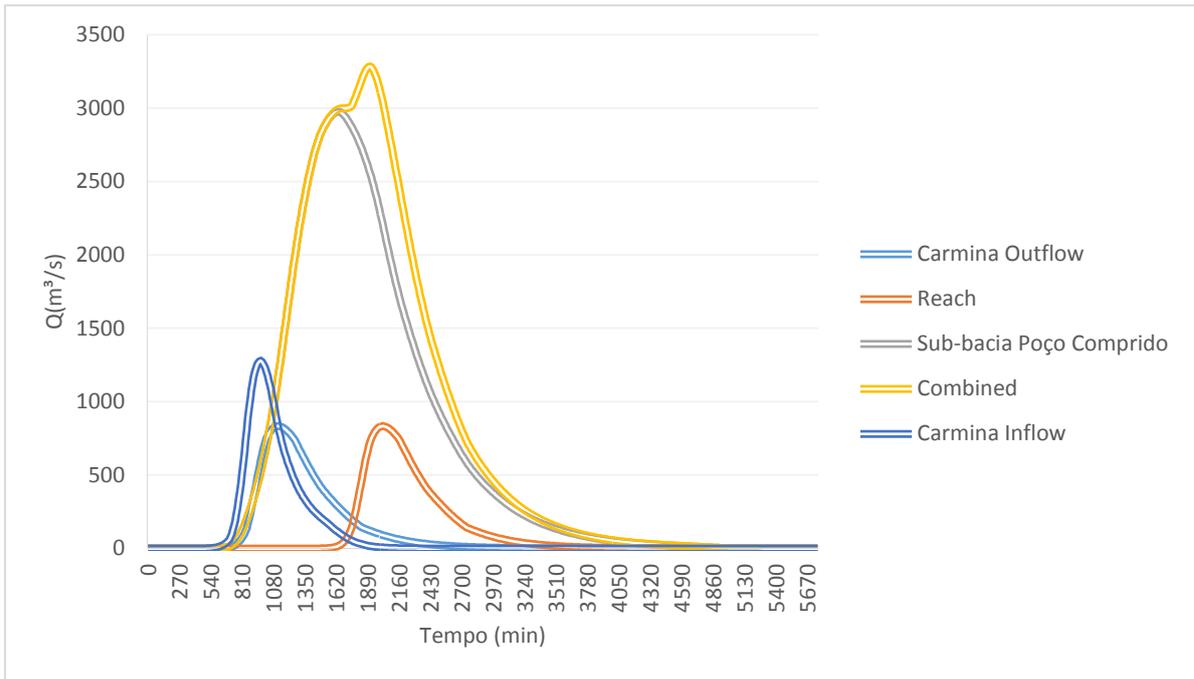


Figura 6.11 – Cheia na Bacia do Poço Comprido para período de retorno de 10.000 anos

7 – DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

7 - DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO

7.1 - EQUAÇÃO DO VERTEDOURO

Para o dimensionamento do vertedouro nesta fase, foi utilizado do tipo Creager com o objetivo da simulação do reservatório e das lâminas de inundação preliminares para que possam servir de guia para a definição do local em que deverá ser escavado o vertedouro. A definição final do sistema do vertedouro será feito apenas na fase do anteprojeto, onde será definida a capacidade final da barragem, o tipo da barragem a ser utilizada e, consequência, o tipo de vertedouro. Nessa fase, serão apresentados os cálculos hidráulicos do canal de aproximação e restituição, se existirem, o tipo de soleira e sua curva chave.

Para este dimensionamento preliminar foi considerado um vertedouro perfil Creager com o equacionamento proposto por Azevedo Netto et al. (1998).

$$Q = 2,2 \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (6.9)$$

Em que Q é a vazão que passa pela seção do vertedouro (m³/s), L é a largura do vertedouro (m) e H é o nível da água em relação à cota do vertedouro (m).

7.2 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO

A simulação da onda de enchente no reservatório para cada uma das configurações de vertedouro analisadas (cota e largura) foi realizada pela resolução por interações sucessivas da equação de balanço de massa por meio do Método de Puls. Foi considerado que o reservatório estava cheio (armazenamento igual ao do nível da soleira do vertedouro).

O Método de Puls consiste na resolução por interações da seguinte equação:

$$VR(t+\Delta t) + QE(t+\Delta t) \cdot \Delta t / 2 = [QA(t) + QA(t+\Delta t)] \cdot \Delta t / 2 + [VR(t) - [QE(t) \cdot \Delta t / 2] \quad (6.10)$$

Onde, VR é o volume retido no reservatório; QE é a vazão efluente ao reservatório e QA é a vazão afluyente.

7.3 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO – AMORTECIMENTO DAS CHEIAS MILENAR E DECAMILENAR

Adotando um cenário de cheia do reservatório para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, de acordo com informações obtidas no Estudo de Cheias, considerando três opções para a largura do vertedouro tipo creager – 150, 200 e 250 m para três tamanhos de reservatório – 201,19, 260,61 e 329,59 hm³ (Cotas 178, 180 e 182 m respectivamente). Foram obtidos os seguintes resultados, apresentados nos **Quadros 7.1** e **7.2**, para lâmina de sangria, vazões afluentes e efluentes.

Quadro 7.1 - Resultados dos estudos de cheia Tr=1.000 anos

Tr = 1.000 anos	V = 201,19 hm ³ H = 178m			V = 260,61 hm ³ H = 180m		
	L=150m	L=200m	L=250m	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2606 m ³ /s					
Cheia Efluente	1545 m ³ /s	1744 m ³ /s	1885 m ³ /s	1416 m ³ /s	1613 m ³ /s	1755 m ³ /s
Cota Operacional	180.8 m	180.5 m	180.3 m	182.6 m	182.4 m	182.2 m
Lâmina	2.8 m	2.5 m	2.3 m	2.6 m	2.4 m	2.2 m
Amortecimento	40.71%	33.06%	27.66%	45.65%	38.10%	32.65%

Tr = 1.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2606 m ³ /s		
Cheia Efluente	1295 m ³ /s	1486 m ³ /s	1626 m ³ /s
Cota Operacional	184.5 m	184.2 m	184.1 m
Lâmina	2.5 m	2.2 m	2.1 m
Amortecimento	50.31%	42.97%	37.61%

Quadro 7.2 - Resultados dos estudos de cheia Tr=10.000 anos

Tr = 10.000 anos	V = 201,19 hm ³ H = 178m			V = 260,61 hm ³ H = 180m		
	L=150m	L=200m	L=250m	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3431 m ³ /s					
Cheia Efluente	2121 m ³ /s	2370 m ³ /s	2557 m ³ /s	1951 m ³ /s	2205 m ³ /s	2406 m ³ /s
Cota Operacional	181.4 m	181.1 m	180.8 m	183.3 m	182.9 m	182.7 m
Lâmina	3.4 m	3.1 m	2.8 m	3.3 m	2.9 m	2.7 m
Amortecimento	38.19%	30.93%	25.47%	43.13%	35.74%	29.89%

Tr = 10.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3431 m ³ /s		
Cheia Efluente	1787 m ³ /s	2049 m ³ /s	2253 m ³ /s
Cota Operacional	185.1 m	184.8 m	184.5 m
Lâmina	3.1 m	2.8 m	2.5 m
Amortecimento	47.93%	40.28%	34.35%

Observa-se que a cheia milenar atinge valores de 2.605,7 m³/s e a decamilenar de 3.431,4 m³/s. O amortecimento da cheia para os vertedouros simulados também foi significativo, variando aproximadamente entre 25,5% a 50,3%.

Este estudo do amortecimento de cheias para várias seções de vertedouro irá nortear a escolha da dimensão econômica do vertedouro durante a elaboração do Anteprojeto da Barragem.

Em anexo são apresentados os hidrogramas de cheia, o amortecimento dos vertedouros e os dados de entrada do HEC.

7.4 - IMPACTO DO RESERATÓRIO DE MONTANTE

Os dados relativos ao vertedouro do reservatório Carmina(Perfil creager; cota = 280m e largura = 65m) foram obtidos do **Relatório Final De Levantamento De Dados Da Bacia Do Acaraú (2008)**

Os resultados da simulação da propagação do modelo esquematizado pela **Figura 6.7** estão apresentados nos **Quadros 7.3 e 7.4**. Foi verificado que a consideração do reservatório à montante tem pouco impacto sobre a cota do vertedouro, porém tem algum impacto sobre o amortecimento de cheia e resultou em amortecimentos menores.

Quadro 7.3 - Resultados dos estudos de cheia Tr=1.000 anos(com a barragem Carmina)

Tr = 1.000 anos	V = 201,19 hm ³ H = 178m			V = 260,61 hm ³ H = 180m		
	L=150m	L=200m	L=250m	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2475 m ³ /s					
Cheia Efluente	1561 m ³ /s	1754 m ³ /s	1888 m ³ /s	1435 m ³ /s	1628 m ³ /s	1765 m ³ /s
Cota Operacional	180.8 m	180.5 m	180.3 m	182.6 m	182.4 m	182.2 m
Lâmina	2.8 m	2.5 m	2.3 m	2.6 m	2.4 m	2.2 m
Amortecimento	36.93%	29.13%	23.72%	42.02%	34.22%	28.69%

Tr = 1.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	2475 m ³ /s		
Cheia Efluente	1314 m ³ /s	1504 m ³ /s	1640 m ³ /s
Cota Operacional	184.5 m	184.2 m	184.1 m
Lâmina	2.5 m	2.2 m	2.1 m
Amortecimento	46.91%	39.23%	33.74%

Quadro 7.4 - Resultados dos estudos de cheia Tr=10.000 anos(Com a barragem Carmina)

Tr = 10.000 anos	V = 201,19 hm ³ H = 178m			V = 260,61 hm ³ H = 180m		
	L=150m	L=200m	L=250m	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3284 m ³ /s					
Cheia Efluente	2147 m ³ /s	2386 m ³ /s	2562 m ³ /s	1982 m ³ /s	2228 m ³ /s	2421 m ³ /s
Cota Operacional	181.4 m	181.1 m	180.8 m	183.3 m	182.9 m	182.7 m
Lâmina	3.4 m	3.1 m	2.8 m	3.3 m	2.9 m	2.7 m
Amortecimento	34.62%	27.34%	21.99%	39.65%	32.16%	26.28%

Tr = 10.000 anos	V = 329,59 hm ³ H = 182m		
	L=150m	L=200m	L=250m
Cheia Afluente	3284 m ³ /s		
Cheia Efluente	1819 m ³ /s	2077 m ³ /s	2277 m ³ /s
Cota Operacional	185.1 m	184.8 m	184.5 m
Lâmina	3.1 m	2.8 m	2.5 m
Amortecimento	44.61%	36.75%	30.66%

8 - ESTUDOS ADICIONAIS

8 - ESTUDOS ADICIONAIS

Este capítulo apresenta estudos complementares com o objetivo de analisar e indicar intensidade de problemas inerentes à construção da barragem. Dentre estes problemas se encontram a viabilidade hidrológica e o assoreamento do reservatório.

A viabilidade hidrológica, ou seja, se o regime de vazões naturais é suficiente para abastecer o reservatório com a dimensão e a retirada determinadas, foi verificada por meio de um estudo de probabilidade de enchimento.

Este estudo apresenta, por meio da simulação de conjunto de anos da série histórica de vazões afluentes, as probabilidades de o reservatório partir da situação de volume zero para a de volume completo em função do número de anos seguintes, o que equivale também à probabilidade do reservatório encher nos primeiros anos após a construção.

Quanto ao assoreamento, a formação de um reservatório por meio da construção de uma barragem altera as condições naturais do curso d'água, o que resulta na redução das velocidades da corrente e provoca a deposição dos sedimentos conduzidos pelo curso d'água. O assoreamento diminui gradativamente a capacidade de armazenamento e de regularização do reservatório e limita a sua vida útil.

Desta forma, foi realizado um estudo de análise da possibilidade de assoreamento que buscou determinar a taxa de assoreamento do reservatório projetado, com a utilização do método simplificado proposto para os reservatórios cearenses por Negreiros e Lima Neto (2014).

8.1 - ESTUDO DE PROBABILIDADE DE ENCHIMENTO

O estudo de probabilidade de enchimento foi realizado por meio da simulação mensal da variação de volume do reservatório para conjuntos de anos da série pseudo histórica de vazões afluentes.

A simulação foi realizada por meio da equação do balanço hídrico:

$$V_{t+1} = V_t + Q_{in} - EA_s(V_t) - Q_{out} - V_{ert} \quad (7.1)$$

onde V_{t+1} é o volume do reservatório ao final do mês t em hm^3 , V_t é o volume do reservatório no início do mês t em hm^3 , Q_{in} é a vazão em afluente ao reservatório no mês t em $\text{hm}^3/\text{mês}$, E é a lâmina evaporada mensal média em hm , A_s é a área do espelho d'água em hectares que é função do volume do reservatório, Q_{out} é a vazão regularizada em $\text{hm}^3/\text{mês}$ determinada no capítulo 6 e V_{ert} é o volume vertido no intervalo em hm^3 .

Para encontrar as probabilidades de enchimento, foram simulados todos os conjuntos sequenciais de anos da série de vazões afluentes e analisada a frequência com que o

reservatório alcançou o volume máximo nas simulações; nestes casos, foram analisados reservatórios com capacidade máxima de – 201,19, 260,61 e 329,59 hm³ (Cotas 178, 180 e 182 m respectivamente). Deste modo, caso o reservatório apresentasse probabilidade de enchimento de 0.6 para 3 anos significaria que em 60% de todos os conjuntos de 3 anos sequenciais da série histórica, o reservatório apresentaria volume completo pelo menos uma vez.

Neste estudo foram realizadas análises para os conjuntos de 1 a 15 anos sequenciais e as referentes probabilidades de enchimento estão apresentadas na **Figura 8.1**.

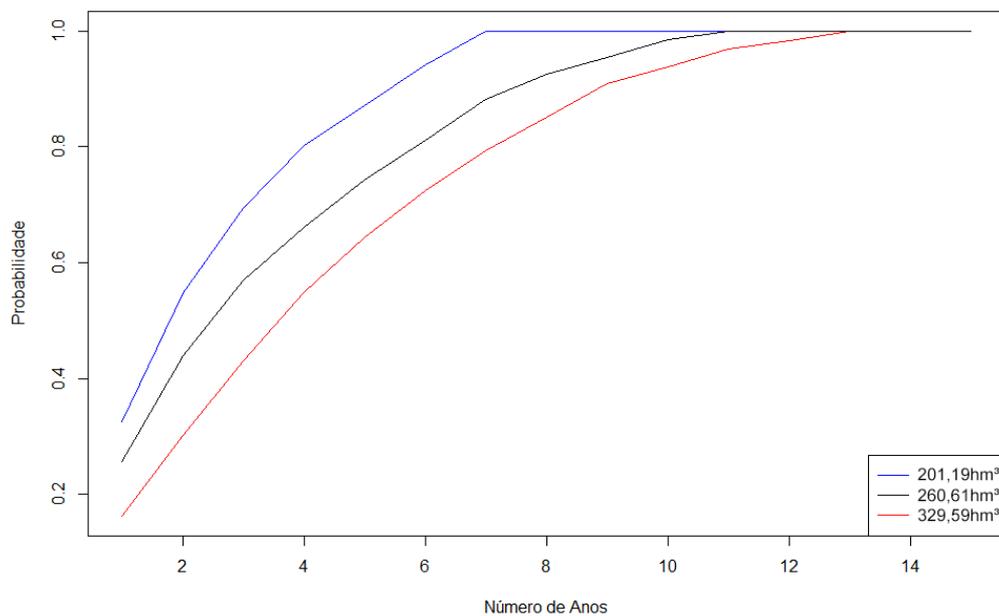


Figura 8.1 – Curva de Probabilidade de Enchimento

A **Figura 8.1** mostra que o reservatório possui baixa probabilidade de enchimento para 1 ano (cerca de 25% em média para os três tamanhos) e já apresenta probabilidade considerável para os conjuntos de 5 anos (75% em média para as três capacidades).

Também se verifica que a partir de 7, 11 e 13 anos, respectivamente para as capacidade 201,19, 260,61 e 329,59 hm³, a probabilidade de enchimento do reservatório se torna 100%. Esta probabilidade de 100% significa que o reservatório encheu para todas as sequências desse número de anos ou mais da série histórica.

8.2 - ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para analisar a possibilidade de assoreamento de reservatórios são, geralmente, utilizadas técnicas de medições de campo em conjunto com modelagem matemática. Entretanto, estas técnicas são dispendiosas, considerando que no Estado não existe rede de monitoramento de sedimentos e devem ser simplificadas para o projeto de reservatórios do semiárido cearense, visto que, por características naturais ou pela existência de densas

redes de reservatórios menores, apresentam taxas de assoreamento bem inferiores a de outras regiões do país (NEGREIROS e LIMA NETO, 2014).

Araujo (2003) considerou a simplificação de que os sedimentos transportados nas regiões semi-áridas provém em maior parte da erosão laminar, não havendo erosão nem depósito de sedimentos nos rios e desenvolveu o modelo Hidrosed de estimativa de assoreamento em reservatórios de clima semiárido baseado na equação universal de perda de solo (USLE).

O Hidrosed estima o assoreamento a partir de parâmetros topográficos, pluviométricos, pedológicos e de cobertura vegetal da bacia hidrográfica e sua aplicação para reservatórios do semiárido cearense, e encontrou taxa média de assoreamento de 1,85% por década (ARAUJO, 2003). Entretanto, apesar de mais simples, o Hidrosed ainda é dispendioso e necessita de parâmetros obtidos por medições de campo.

Visando a elaboração de uma metodologia mais rápida e simplificada e passível de aplicação na fase de planejamento, Negreiros e Lima Neto (2014) desenvolveram um modelo empírico que relaciona a taxa de assoreamento dos reservatórios exclusivamente ao regime de precipitação da bacia hidrográfica.

Este modelo, denominado de Método Simplificado, foi calibrado e teve seus parâmetros determinados para os reservatórios do Estado do Ceará, resultando na seguinte equação:

$$\begin{cases} V_{t+1} = V_t * (1 - \varphi) \\ \varphi = 93,9 * \sum_{m=1}^{12} R'_m \\ R'_m = p^{1.5} / P^3 \end{cases} \quad (7.2)$$

onde V_{t+1} é o volume do reservatório ao final do ano t, V_t é o volume do reservatório no início do ano t, φ é a taxa de assoreamento anual do reservatório, R'_m é a erosividade média da chuva para cada um dos meses, p é a precipitação média do mês e P é a precipitação anual média.

O Método Simplificado foi o adotado para este projeto por meio da utilização da Equação 7.2 e o regime médio e precipitações, as erosividades e a taxa de assoreamento calculada estão apresentados no **Quadro 8.1**.

Quadro 8.1 – Determinação da taxa de assoreamento (φ)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
p (mm)	77.4	113.1	189.6	164.2	79.7	24.0	11.9	3.4	0.9	2.3	5.7	23.2	1149.5
R'm	4E-07	8E-07	2E-06	1E-06	5E-07	8E-08	3E-08	4E-09	5E-10	2E-09	9E-09	7E-08	5E-06
φ (%/ano)	0.05%												

A taxa de assoreamento (φ) encontrada de 0.05% ao ano ou de 1% a cada 20 anos mostra a redução porcentual da capacidade de armazenamento em relação à capacidade inicial e indica que seriam necessários pelo menos 2000 anos para que o reservatório, após a construção, assoreasse completamente.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Raftery, J (1994) Risk analysis in project management. London: E&EN Spon.
- VIEIRA, V. P. P. B.. Análise de Risco em Recursos Hídricos - Fundamentos e Aplicações. 01. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2005. v. 1000. 361p .
- Zimmermann, H.-J. (1991). Fuzzy Set Theory, 2nd. edition, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- McCuen, R.H. (2005) Hydrologic Analysis and Design. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117-1142.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Sci. Rev. 17, 1e29.
- Almeida, F., Brito Neves, B., Fuck, R.A., 1977. Províncias Estruturais Brasileiras, atas VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, pp. 363e391. (in portuguese).
- Brito Neves B.B., Santos E.J., Van Schmus W. R. 2000. Tectonic history of the Borborema province. In: U.G.Cordani; E.J. Milani; A Thomaz Filho; D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of the SouthAmerica. 31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro, Brasil.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.
- ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M.; NOGUEIRA NETO, J. A.; OLIVEIRA, F. V. C.; PARENTE, C. V.; MONIÉ, P.; LIÉGEOIS, J. P.; CABY, R.; FETTER, A. H. 1998. Main Structural Features of Precambrian Domains From Ceará (NE Brazil). In: DEGEO/UFOP – IBTA, International Conference on Basement Tectonics, 14th, Ouro Preto, Abstracts, 84-85.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A., Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1 n.2, p.96–99, 1985.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil, 1981-2010, 2018, Brasília, DF.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.

Torrice, J. J. T. Práticas hidrológicas, Rio de Janeiro: Transcom, 1975, 120p.

LOPES, João Eduardo G.; BRAGA, Benedito B. F. Jr.; CONEJO, João Gilberto L., 1982. SMAP A Simplified Hydrologic Model. In: SINGH, P. VIJAY (Org.). *Applied Modeling in Catchment Hydrology*. Water Resources Publications. p. 167–176.

Araújo, J. D. (2003). Assoreamento em reservatórios do semi-árido: modelagem e validação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(2), 39-56.

Negreiros, J. R. Q., & Lima Neto, I. E. Relações simplificadas para estimativa do assoreamento de reservatórios.

Ministério da Agricultura-DNPEA-DPP. Boletim técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 1972-1973.

Van Schmus, W. R. 1997. Evolução p-t-t da faixa granulítica de granja (nw do Ceará). in: sbg, *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 6, Pirenópolis, Resumos expandidos, 97-100.

Departamento Nacional de Infra-estrutura de transporte. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisa Rodoviárias. *Manual de hidrologia básica para estrutura de drenagem*. - 2 ed. – Rio de Janeiro. 2005. 133p. (IPR. Publ. 715).

Azevedo Neto, *Manual de Hidráulica*, São Paulo: Edgard Blucher, 1998, 719pg.

Batista, Tatiane Lima. *Geração de equações IDF dos municípios cearenses pelo método de desagregação por isozonas implementado em um programa computacional* / Tatiane Lima Batista. – 2018. 94 f. : il. color.

Dawdy, D. R., and T. O'Donnell, 1965: Mathematical models of catchment behavior. *J. Hydraul. Div.*, 91, 123–127.

ALEXANDRE, A.M.B; MARTINS, E.S.; CLARKE, R.T; REIS JR, D.S. (2005). “Regionalização de parâmetros de modelos hidrológicos” in *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, João Pessoa, 17 p.

Soil Conservation Service, 1972, *National Engineering Handbook*, Sec. 4, Hydrology, U. S. Department of Agriculture.

Maria Manuela Portela & Artur Tiago Silva (2017) Um desenvolvimento adicional do método dos fragmentos. Aplicação à desagregação de escoamentos anuais em escoamento diários, Ribagua, 4:1, 24-40.

TUCCI, C.E.M. (1998). Modelos Hidrológicos. Editora da UFRGS ABRH 650p.

Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PLANERH 2005), Fortaleza, SRH, 2005.

ANEXOS

ANEXO1

Quadro A1 – Simulação a série pseudo histórica do reservatório Poço comprido com Capacidade igual a 201,19 hm³ e garantia igual a 90%

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1944	1	100	1,88	2,84	0	6,32	92,72	0
1944	2	92,72	1,24	2,16	0	6,32	85,49	0
1944	3	85,49	73,18	1,54	0	6,32	150,81	0
1944	4	150,81	29,13	2,37	0	6,32	171,24	0
1944	5	171,24	28,99	2,5	0	6,32	191,42	0
1944	6	191,42	2,34	3,1	0	6,32	184,33	0
1944	7	184,33	0,85	4,12	0	6,32	174,74	0
1944	8	174,74	0	4,85	0	6,32	163,57	0
1944	9	163,57	0,04	5,41	0	6,32	151,89	0
1944	10	151,89	0	5,27	0	6,32	140,3	0
1944	11	140,3	0	4,93	0	6,32	129,06	0
1944	12	129,06	1,1	4,37	0	6,32	119,47	0
1945	1	119,47	8,16	3,18	0	6,32	118,13	0
1945	2	118,13	161,54	2,53	69,63	6,32	201,19	0
1945	3	201,19	70,21	2,59	61,3	6,32	201,19	0
1945	4	201,19	104,76	2,78	95,66	6,32	201,19	0
1945	5	201,19	72,91	2,73	63,86	6,32	201,19	0
1945	6	201,19	12,14	3,19	2,63	6,32	201,19	0
1945	7	201,19	8,01	4,32	0	6,32	198,56	0
1945	8	198,56	0,1	5,19	0	6,32	187,15	0
1945	9	187,15	0	5,82	0	6,32	175,01	0
1945	10	175,01	0	5,7	0	6,32	163	0
1945	11	163	0,09	5,36	0	6,32	151,4	0
1945	12	151,4	0,07	4,8	0	6,32	140,35	0
1946	1	140,35	5,37	3,51	0	6,32	135,9	0
1946	2	135,9	22,65	2,75	0	6,32	149,48	0
1946	3	149,48	13,82	2,2	0	6,32	154,78	0
1946	4	154,78	77,61	2,41	22,47	6,32	201,19	0
1946	5	201,19	13,9	2,73	4,85	6,32	201,19	0
1946	6	201,19	5,62	3,19	0	6,32	197,3	0
1946	7	197,3	0	4,27	0	6,32	186,71	0
1946	8	186,71	0,09	5,02	0	6,32	175,46	0
1946	9	175,46	0	5,62	0	6,32	163,52	0
1946	10	163,52	0,03	5,49	0	6,32	151,74	0
1946	11	151,74	0	5,15	0	6,32	140,27	0
1946	12	140,27	0,78	4,59	0	6,32	130,13	0
1947	1	130,13	1,88	3,35	0	6,32	122,34	0
1947	2	122,34	27,88	2,58	0	6,32	141,32	0
1947	3	141,32	101,47	2,13	33,16	6,32	201,19	0
1947	4	201,19	81,78	2,78	72,68	6,32	201,19	0
1947	5	201,19	47,38	2,73	38,34	6,32	201,19	0
1947	6	201,19	4,69	3,19	0	6,32	196,37	0
1947	7	196,37	4,43	4,26	0	6,32	190,22	0
1947	8	190,22	0,74	5,08	0	6,32	179,57	0
1947	9	179,57	0	5,69	0	6,32	167,56	0
1947	10	167,56	0	5,56	0	6,32	155,67	0
1947	11	155,67	2,71	5,23	0	6,32	146,83	0
1947	12	146,83	1,83	4,72	0	6,32	137,63	0
1948	1	137,63	0,74	3,47	0	6,32	128,58	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1948	2	128,58	5,33	2,66	0	6,32	124,93	0
1948	3	124,93	56,15	1,98	0	6,32	172,78	0
1948	4	172,78	23,4	2,56	0	6,32	187,31	0
1948	5	187,31	38,83	2,62	16	6,32	201,19	0
1948	6	201,19	5,96	3,19	0	6,32	197,64	0
1948	7	197,64	2,54	4,28	0	6,32	189,59	0
1948	8	189,59	0,93	5,07	0	6,32	179,13	0
1948	9	179,13	0,07	5,68	0	6,32	167,2	0
1948	10	167,2	0,16	5,56	0	6,32	155,48	0
1948	11	155,48	0	5,22	0	6,32	143,94	0
1948	12	143,94	0,77	4,66	0	6,32	133,73	0
1949	1	133,73	0,47	3,41	0	6,32	124,47	0
1949	2	124,47	7,12	2,61	0	6,32	122,66	0
1949	3	122,66	46,31	1,95	0	6,32	160,7	0
1949	4	160,7	42,78	2,46	0	6,32	194,7	0
1949	5	194,7	49,93	2,68	34,45	6,32	201,19	0
1949	6	201,19	3,8	3,19	0	6,32	195,48	0
1949	7	195,48	0	4,25	0	6,32	184,91	0
1949	8	184,91	0,21	5	0	6,32	173,8	0
1949	9	173,8	0,08	5,59	0	6,32	161,97	0
1949	10	161,97	0	5,46	0	6,32	150,19	0
1949	11	150,19	2,09	5,12	0	6,32	140,84	0
1949	12	140,84	0,05	4,6	0	6,32	129,96	0
1950	1	129,96	8,22	3,35	0	6,32	128,51	0
1950	2	128,51	16,09	2,66	0	6,32	135,62	0
1950	3	135,62	84,19	2,08	10,22	6,32	201,19	0
1950	4	201,19	157,63	2,78	148,53	6,32	201,19	0
1950	5	201,19	93,33	2,73	84,29	6,32	201,19	0
1950	6	201,19	2,47	3,19	0	6,32	194,15	0
1950	7	194,15	1,17	4,24	0	6,32	184,76	0
1950	8	184,76	0	5	0	6,32	173,45	0
1950	9	173,45	0,02	5,58	0	6,32	161,57	0
1950	10	161,57	0,06	5,45	0	6,32	149,86	0
1950	11	149,86	0	5,12	0	6,32	138,42	0
1950	12	138,42	0,01	4,56	0	6,32	127,55	0
1951	1	127,55	0,03	3,31	0	6,32	117,95	0
1951	2	117,95	0,02	2,52	0	6,32	109,12	0
1951	3	109,12	0,84	1,82	0	6,32	101,83	0
1951	4	101,83	5,17	1,86	0	6,32	98,82	0
1951	5	98,82	3,25	1,79	0	6,32	93,96	0
1951	6	93,96	12,69	2,03	0	6,32	98,31	0
1951	7	98,31	0,11	2,83	0	6,32	89,27	0
1951	8	89,27	0	3,21	0	6,32	79,74	0
1951	9	79,74	0	3,43	0	6,32	69,99	0
1951	10	69,99	0	3,16	0	6,32	60,51	0
1951	11	60,51	0	2,77	0	6,32	51,43	0
1951	12	51,43	5,27	2,27	0	6,32	48,11	0
1952	1	48,11	0,66	1,64	0	6,32	40,82	0
1952	2	40,82	2,52	1,14	0	6,32	35,87	0
1952	3	35,87	44,95	0,77	0	6,32	73,73	0
1952	4	73,73	30,24	1,49	0	6,32	96,17	0
1952	5	96,17	12,41	1,76	0	6,32	100,49	0
1952	6	100,49	4,83	2,12	0	6,32	96,88	0
1952	7	96,88	0,24	2,8	0	6,32	88	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1952	8	88	0	3,18	0	6,32	78,5	0
1952	9	78,5	0	3,39	0	6,32	68,79	0
1952	10	68,79	0	3,12	0	6,32	59,35	0
1952	11	59,35	0	2,73	0	6,32	50,31	0
1952	12	50,31	0,06	2,23	0	6,32	41,82	0
1953	1	41,82	0,03	1,46	0	6,32	34,07	0
1953	2	34,07	0,61	0,98	0	6,32	27,38	0
1953	3	27,38	2,57	0,61	0	6,32	23,02	0
1953	4	23,02	14,83	0,56	0	6,32	30,97	0
1953	5	30,97	4,63	0,72	0	6,32	28,57	0
1953	6	28,57	1,01	0,78	0	6,32	22,48	0
1953	7	22,48	0,6	0,85	0	6,32	15,91	0
1953	8	15,91	0	0,75	0	6,32	8,84	0
1953	9	8,84	0	0,49	0	6,32	2,03	0
1953	10	2,03	0	0,12	0	1,91	0	1
1953	11	0	0,01	0	0	0,01	0	1
1953	12	0	0,12	0	0	0,12	0	1
1954	1	0	0,15	0	0	0,15	0	1
1954	2	0	2,4	0	0	2,4	0	1
1954	3	0	13,93	0	0	6,32	7,61	0
1954	4	7,61	12,78	0,2	0	6,32	13,88	0
1954	5	13,88	33,01	0,34	0	6,32	40,22	0
1954	6	40,22	3,07	1,05	0	6,32	35,92	0
1954	7	35,92	0	1,29	0	6,32	28,31	0
1954	8	28,31	0,17	1,27	0	6,32	20,89	0
1954	9	20,89	0	1,11	0	6,32	13,46	0
1954	10	13,46	0	0,75	0	6,32	6,39	0
1954	11	6,39	0,14	0,36	0	6,18	0	1
1954	12	0	0,03	0	0	0,03	0	1
1955	1	0	2,78	0	0	2,78	0	1
1955	2	0	2,06	0	0	2,06	0	1
1955	3	0	9,25	0	0	6,32	2,93	0
1955	4	2,93	61,3	0,08	0	6,32	57,84	0
1955	5	57,84	48,63	1,21	0	6,32	98,94	0
1955	6	98,94	1,95	2,1	0	6,32	92,47	0
1955	7	92,47	0,25	2,71	0	6,32	83,69	0
1955	8	83,69	1,81	3,07	0	6,32	76,11	0
1955	9	76,11	0	3,31	0	6,32	66,48	0
1955	10	66,48	0,07	3,04	0	6,32	57,19	0
1955	11	57,19	0,01	2,65	0	6,32	48,24	0
1955	12	48,24	0,1	2,15	0	6,32	39,87	0
1956	1	39,87	0,07	1,4	0	6,32	32,21	0
1956	2	32,21	2,19	0,93	0	6,32	27,15	0
1956	3	27,15	12,94	0,6	0	6,32	33,17	0
1956	4	33,17	31,97	0,77	0	6,32	58,05	0
1956	5	58,05	2,76	1,21	0	6,32	53,28	0
1956	6	53,28	1,91	1,33	0	6,32	47,54	0
1956	7	47,54	0,68	1,64	0	6,32	40,27	0
1956	8	40,27	0,37	1,72	0	6,32	32,6	0
1956	9	32,6	0	1,66	0	6,32	24,61	0
1956	10	24,61	0	1,31	0	6,32	16,98	0
1956	11	16,98	0	0,91	0	6,32	9,75	0
1956	12	9,75	0,01	0,5	0	6,32	2,94	0
1957	1	2,94	0,98	0,12	0	3,79	0	1

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1957	2	0	0	0	0	0	0	1
1957	3	0	23,7	0	0	6,32	17,38	0
1957	4	17,38	222,12	0,43	31,56	6,32	201,19	0
1957	5	201,19	6,18	2,73	0	6,32	198,33	0
1957	6	198,33	2,52	3,16	0	6,32	191,37	0
1957	7	191,37	4,16	4,2	0	6,32	185	0
1957	8	185	0	5	0	6,32	173,68	0
1957	9	173,68	0	5,59	0	6,32	161,77	0
1957	10	161,77	0	5,46	0	6,32	150	0
1957	11	150	0	5,12	0	6,32	138,56	0
1957	12	138,56	0	4,56	0	6,32	127,68	0
1958	1	127,68	0,36	3,31	0	6,32	118,4	0
1958	2	118,4	5,35	2,53	0	6,32	114,9	0
1958	3	114,9	1,55	1,88	0	6,32	108,26	0
1958	4	108,26	1,79	1,94	0	6,32	101,79	0
1958	5	101,79	4,63	1,83	0	6,32	98,26	0
1958	6	98,26	0,34	2,09	0	6,32	90,19	0
1958	7	90,19	0,54	2,67	0	6,32	81,74	0
1958	8	81,74	0	3,01	0	6,32	72,41	0
1958	9	72,41	0,02	3,19	0	6,32	62,92	0
1958	10	62,92	0	2,91	0	6,32	53,68	0
1958	11	53,68	0	2,52	0	6,32	44,85	0
1958	12	44,85	0	2,03	0	6,32	36,5	0
1959	1	36,5	2,08	1,3	0	6,32	30,96	0
1959	2	30,96	8,02	0,9	0	6,32	31,76	0
1959	3	31,76	17,54	0,69	0	6,32	42,29	0
1959	4	42,29	7,17	0,95	0	6,32	42,19	0
1959	5	42,19	9,74	0,93	0	6,32	44,68	0
1959	6	44,68	4,35	1,15	0	6,32	41,56	0
1959	7	41,56	2,28	1,46	0	6,32	36,05	0
1959	8	36,05	1,67	1,57	0	6,32	29,84	0
1959	9	29,84	0	1,54	0	6,32	21,98	0
1959	10	21,98	0	1,18	0	6,32	14,47	0
1959	11	14,47	0	0,79	0	6,32	7,37	0
1959	12	7,37	0	0,38	0	6,32	0,67	0
1960	1	0,67	0,09	0,03	0	0,73	0	1
1960	2	0	0,11	0	0	0,11	0	1
1960	3	0	67,24	0	0	6,32	60,92	0
1960	4	60,92	30,75	1,28	0	6,32	84,06	0
1960	5	84,06	4,06	1,6	0	6,32	80,2	0
1960	6	80,2	2,46	1,81	0	6,32	74,53	0
1960	7	74,53	2,6	2,33	0	6,32	68,49	0
1960	8	68,49	0	2,65	0	6,32	59,52	0
1960	9	59,52	0	2,75	0	6,32	50,45	0
1960	10	50,45	0	2,44	0	6,32	41,69	0
1960	11	41,69	0	2,04	0	6,32	33,32	0
1960	12	33,32	0,17	1,57	0	6,32	25,61	0
1961	1	25,61	2,83	0,95	0	6,32	21,17	0
1961	2	21,17	34,3	0,64	0	6,32	48,51	0
1961	3	48,51	81,41	1	0	6,32	122,6	0
1961	4	122,6	135	2,1	47,99	6,32	201,19	0
1961	5	201,19	57,59	2,73	48,55	6,32	201,19	0
1961	6	201,19	1,89	3,19	0	6,32	193,57	0
1961	7	193,57	5,3	4,23	0	6,32	188,32	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1961	8	188,32	0,27	5,05	0	6,32	177,22	0
1961	9	177,22	0	5,65	0	6,32	165,25	0
1961	10	165,25	0	5,52	0	6,32	153,41	0
1961	11	153,41	0	5,18	0	6,32	141,9	0
1961	12	141,9	0	4,62	0	6,32	130,96	0
1962	1	130,96	2,63	3,37	0	6,32	123,9	0
1962	2	123,9	3,62	2,6	0	6,32	118,6	0
1962	3	118,6	25,37	1,91	0	6,32	135,73	0
1962	4	135,73	19,96	2,23	0	6,32	147,14	0
1962	5	147,14	20,69	2,29	0	6,32	159,22	0
1962	6	159,22	0,95	2,81	0	6,32	151,05	0
1962	7	151,05	0,97	3,69	0	6,32	142	0
1962	8	142	0,01	4,31	0	6,32	131,39	0
1962	9	131,39	0,04	4,77	0	6,32	120,34	0
1962	10	120,34	0	4,59	0	6,32	109,43	0
1962	11	109,43	0,06	4,23	0	6,32	98,94	0
1962	12	98,94	0,01	3,69	0	6,32	88,94	0
1963	1	88,94	0,78	2,62	0	6,32	80,77	0
1963	2	80,77	11,67	1,96	0	6,32	84,17	0
1963	3	84,17	215,31	1,52	90,45	6,32	201,19	0
1963	4	201,19	131,51	2,78	122,42	6,32	201,19	0
1963	5	201,19	11,45	2,73	2,41	6,32	201,19	0
1963	6	201,19	8,9	3,19	0	6,32	200,58	0
1963	7	200,58	0,06	4,31	0	6,32	190,01	0
1963	8	190,01	0,3	5,07	0	6,32	178,92	0
1963	9	178,92	0	5,68	0	6,32	166,92	0
1963	10	166,92	0	5,55	0	6,32	155,05	0
1963	11	155,05	0,11	5,22	0	6,32	143,62	0
1963	12	143,62	1,54	4,66	0	6,32	134,19	0
1964	1	134,19	21,14	3,41	0	6,32	145,6	0
1964	2	145,6	74,18	2,86	9,4	6,32	201,19	0
1964	3	201,19	150,54	2,59	141,63	6,32	201,19	0
1964	4	201,19	196,82	2,78	187,72	6,32	201,19	0
1964	5	201,19	128,13	2,73	119,09	6,32	201,19	0
1964	6	201,19	11,23	3,19	1,72	6,32	201,19	0
1964	7	201,19	11,94	4,32	1,3	6,32	201,19	0
1964	8	201,19	3,71	5,23	0	6,32	193,35	0
1964	9	193,35	0,17	5,92	0	6,32	181,28	0
1964	10	181,28	0	5,81	0	6,32	169,15	0
1964	11	169,15	0	5,48	0	6,32	157,35	0
1964	12	157,35	0	4,91	0	6,32	146,13	0
1965	1	146,13	0,37	3,59	0	6,32	136,59	0
1965	2	136,59	0,28	2,76	0	6,32	127,79	0
1965	3	127,79	25,45	2	0	6,32	144,91	0
1965	4	144,91	235,97	2,32	171,05	6,32	201,19	0
1965	5	201,19	27,45	2,73	18,4	6,32	201,19	0
1965	6	201,19	39,62	3,19	30,11	6,32	201,19	0
1965	7	201,19	0,51	4,32	0	6,32	191,06	0
1965	8	191,06	0	5,09	0	6,32	179,65	0
1965	9	179,65	0,04	5,69	0	6,32	167,68	0
1965	10	167,68	2,34	5,57	0	6,32	158,14	0
1965	11	158,14	0,09	5,27	0	6,32	146,63	0
1965	12	146,63	0,5	4,71	0	6,32	136,1	0
1966	1	136,1	0,06	3,44	0	6,32	126,4	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1966	2	126,4	2,36	2,63	0	6,32	119,8	0
1966	3	119,8	11,02	1,93	0	6,32	122,57	0
1966	4	122,57	22,6	2,1	0	6,32	136,75	0
1966	5	136,75	19,08	2,2	0	6,32	147,32	0
1966	6	147,32	1,27	2,69	0	6,32	139,58	0
1966	7	139,58	1,04	3,52	0	6,32	130,77	0
1966	8	130,77	0,04	4,11	0	6,32	120,38	0
1966	9	120,38	0,02	4,52	0	6,32	109,56	0
1966	10	109,56	0	4,32	0	6,32	98,92	0
1966	11	98,92	0,02	3,96	0	6,32	88,67	0
1966	12	88,67	0,11	3,43	0	6,32	79,03	0
1967	1	79,03	1,12	2,41	0	6,32	71,42	0
1967	2	71,42	6,25	1,79	0	6,32	69,56	0
1967	3	69,56	69,78	1,32	0	6,32	131,7	0
1967	4	131,7	136,1	2,19	58,1	6,32	201,19	0
1967	5	201,19	189,91	2,73	180,87	6,32	201,19	0
1967	6	201,19	1,93	3,19	0	6,32	193,61	0
1967	7	193,61	3,32	4,23	0	6,32	186,38	0
1967	8	186,38	0	5,02	0	6,32	175,04	0
1967	9	175,04	0	5,61	0	6,32	163,1	0
1967	10	163,1	0	5,48	0	6,32	151,3	0
1967	11	151,3	0	5,14	0	6,32	139,84	0
1967	12	139,84	1,85	4,58	0	6,32	130,78	0
1968	1	130,78	5,07	3,36	0	6,32	126,17	0
1968	2	126,17	8,44	2,63	0	6,32	125,65	0
1968	3	125,65	128,95	1,98	45,11	6,32	201,19	0
1968	4	201,19	90,73	2,78	81,64	6,32	201,19	0
1968	5	201,19	112,43	2,73	103,39	6,32	201,19	0
1968	6	201,19	2,22	3,19	0	6,32	193,9	0
1968	7	193,9	1,75	4,23	0	6,32	185,1	0
1968	8	185,1	1,94	5	0	6,32	175,72	0
1968	9	175,72	0	5,62	0	6,32	163,78	0
1968	10	163,78	0	5,49	0	6,32	151,97	0
1968	11	151,97	0	5,16	0	6,32	140,49	0
1968	12	140,49	0,24	4,6	0	6,32	129,81	0
1969	1	129,81	0,68	3,35	0	6,32	120,83	0
1969	2	120,83	2,82	2,56	0	6,32	114,76	0
1969	3	114,76	28,15	1,87	0	6,32	134,71	0
1969	4	134,71	74,79	2,22	0	6,32	200,97	0
1969	5	200,97	15,86	2,72	6,59	6,32	201,19	0
1969	6	201,19	5,87	3,19	0	6,32	197,55	0
1969	7	197,55	10,94	4,28	0	6,32	197,89	0
1969	8	197,89	0,32	5,18	0	6,32	186,7	0
1969	9	186,7	0	5,81	0	6,32	174,57	0
1969	10	174,57	0	5,69	0	6,32	162,56	0
1969	11	162,56	0	5,36	0	6,32	150,89	0
1969	12	150,89	0	4,79	0	6,32	139,78	0
1970	1	139,78	2,53	3,5	0	6,32	132,49	0
1970	2	132,49	2,5	2,71	0	6,32	125,97	0
1970	3	125,97	17,64	1,99	0	6,32	135,3	0
1970	4	135,3	17,72	2,23	0	6,32	144,48	0
1970	5	144,48	2,32	2,27	0	6,32	138,21	0
1970	6	138,21	0,62	2,59	0	6,32	129,92	0
1970	7	129,92	0,5	3,38	0	6,32	120,72	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1970	8	120,72	0,02	3,91	0	6,32	110,51	0
1970	9	110,51	0	4,28	0	6,32	99,91	0
1970	10	99,91	0	4,07	0	6,32	89,52	0
1970	11	89,52	0,5	3,7	0	6,32	80	0
1970	12	80	0,02	3,18	0	6,32	70,52	0
1971	1	70,52	1,84	2,21	0	6,32	63,83	0
1971	2	63,83	8,29	1,64	0	6,32	64,16	0
1971	3	64,16	30,51	1,25	0	6,32	87,1	0
1971	4	87,1	129,65	1,67	7,57	6,32	201,19	0
1971	5	201,19	80,72	2,73	71,67	6,32	201,19	0
1971	6	201,19	27,81	3,19	18,3	6,32	201,19	0
1971	7	201,19	11,87	4,32	1,23	6,32	201,19	0
1971	8	201,19	0,48	5,23	0	6,32	190,12	0
1971	9	190,12	0,75	5,87	0	6,32	178,68	0
1971	10	178,68	0,37	5,76	0	6,32	166,98	0
1971	11	166,98	0	5,44	0	6,32	155,22	0
1971	12	155,22	0,02	4,87	0	6,32	144,05	0
1972	1	144,05	1,68	3,56	0	6,32	135,85	0
1972	2	135,85	3,3	2,75	0	6,32	130,08	0
1972	3	130,08	13,42	2,02	0	6,32	135,15	0
1972	4	135,15	40,43	2,23	0	6,32	167,04	0
1972	5	167,04	7,03	2,46	0	6,32	165,29	0
1972	6	165,29	2,05	2,87	0	6,32	158,16	0
1972	7	158,16	1,38	3,79	0	6,32	149,44	0
1972	8	149,44	3,44	4,44	0	6,32	142,12	0
1972	9	142,12	0	4,99	0	6,32	130,8	0
1972	10	130,8	0	4,83	0	6,32	119,66	0
1972	11	119,66	0	4,47	0	6,32	108,86	0
1972	12	108,86	1,17	3,93	0	6,32	99,78	0
1973	1	99,78	5,86	2,83	0	6,32	96,48	0
1973	2	96,48	11,31	2,21	0	6,32	99,26	0
1973	3	99,26	33,83	1,71	0	6,32	125,07	0
1973	4	125,07	124,06	2,12	39,49	6,32	201,19	0
1973	5	201,19	22,12	2,73	13,07	6,32	201,19	0
1973	6	201,19	2,55	3,19	0	6,32	194,24	0
1973	7	194,24	0,73	4,24	0	6,32	184,41	0
1973	8	184,41	0	4,99	0	6,32	173,11	0
1973	9	173,11	0	5,58	0	6,32	161,21	0
1973	10	161,21	0	5,45	0	6,32	149,44	0
1973	11	149,44	0	5,11	0	6,32	138,01	0
1973	12	138,01	0	4,55	0	6,32	127,15	0
1974	1	127,15	14,92	3,31	0	6,32	132,44	0
1974	2	132,44	25,26	2,71	0	6,32	148,66	0
1974	3	148,66	250,41	2,19	189,38	6,32	201,19	0
1974	4	201,19	202,21	2,78	193,11	6,32	201,19	0
1974	5	201,19	63,33	2,73	54,29	6,32	201,19	0
1974	6	201,19	6,87	3,19	0	6,32	198,56	0
1974	7	198,56	1,24	4,29	0	6,32	189,18	0
1974	8	189,18	0,04	5,06	0	6,32	177,84	0
1974	9	177,84	0	5,66	0	6,32	165,86	0
1974	10	165,86	0,19	5,53	0	6,32	154,2	0
1974	11	154,2	0	5,2	0	6,32	142,68	0
1974	12	142,68	0,68	4,64	0	6,32	132,4	0
1975	1	132,4	1,82	3,39	0	6,32	124,51	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1975	2	124,51	7,41	2,61	0	6,32	122,99	0
1975	3	122,99	44,18	1,96	0	6,32	158,9	0
1975	4	158,9	26,04	2,44	0	6,32	176,17	0
1975	5	176,17	134,34	2,54	100,46	6,32	201,19	0
1975	6	201,19	9,2	3,19	0	6,32	200,88	0
1975	7	200,88	2,06	4,31	0	6,32	192,31	0
1975	8	192,31	0,17	5,11	0	6,32	181,06	0
1975	9	181,06	0,01	5,72	0	6,32	169,03	0
1975	10	169,03	0	5,59	0	6,32	157,12	0
1975	11	157,12	0	5,26	0	6,32	145,54	0
1975	12	145,54	0	4,69	0	6,32	134,53	0
1976	1	134,53	0	3,42	0	6,32	124,79	0
1976	2	124,79	9,68	2,61	0	6,32	125,54	0
1976	3	125,54	18	1,98	0	6,32	135,24	0
1976	4	135,24	16,17	2,23	0	6,32	142,86	0
1976	5	142,86	1,5	2,26	0	6,32	135,79	0
1976	6	135,79	0,19	2,56	0	6,32	127,09	0
1976	7	127,09	0	3,33	0	6,32	117,44	0
1976	8	117,44	0	3,85	0	6,32	107,27	0
1976	9	107,27	0	4,2	0	6,32	96,75	0
1976	10	96,75	0	3,98	0	6,32	86,45	0
1976	11	86,45	0	3,61	0	6,32	76,52	0
1976	12	76,52	0	3,08	0	6,32	67,12	0
1977	1	67,12	0	2,13	0	6,32	58,67	0
1977	2	58,67	1,71	1,54	0	6,32	52,52	0
1977	3	52,52	12,01	1,06	0	6,32	57,15	0
1977	4	57,15	31,14	1,22	0	6,32	80,75	0
1977	5	80,75	22,18	1,56	0	6,32	95,06	0
1977	6	95,06	0,7	2,04	0	6,32	87,39	0
1977	7	87,39	0,1	2,61	0	6,32	78,56	0
1977	8	78,56	0	2,93	0	6,32	69,31	0
1977	9	69,31	0	3,09	0	6,32	59,9	0
1977	10	59,9	0	2,8	0	6,32	50,78	0
1977	11	50,78	0	2,41	0	6,32	42,05	0
1977	12	42,05	0	1,92	0	6,32	33,81	0
1978	1	33,81	12,22	1,21	0	6,32	38,5	0
1978	2	38,5	36,38	1,09	0	6,32	67,47	0
1978	3	67,47	55,33	1,29	0	6,32	115,18	0
1978	4	115,18	9,37	2,02	0	6,32	116,21	0
1978	5	116,21	32,42	1,99	0	6,32	140,32	0
1978	6	140,32	0,78	2,61	0	6,32	132,17	0
1978	7	132,17	0,14	3,41	0	6,32	122,58	0
1978	8	122,58	0	3,95	0	6,32	112,31	0
1978	9	112,31	0	4,33	0	6,32	101,66	0
1978	10	101,66	0	4,12	0	6,32	91,23	0
1978	11	91,23	1,21	3,75	0	6,32	82,36	0
1978	12	82,36	1,06	3,25	0	6,32	73,85	0
1979	1	73,85	0	2,29	0	6,32	65,24	0
1979	2	65,24	0	1,67	0	6,32	57,25	0
1979	3	57,25	1,51	1,14	0	6,32	51,29	0
1979	4	51,29	21,94	1,12	0	6,32	65,79	0
1979	5	65,79	2,09	1,34	0	6,32	60,23	0
1979	6	60,23	0,11	1,46	0	6,32	52,55	0
1979	7	52,55	0	1,78	0	6,32	44,46	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1979	8	44,46	0	1,87	0	6,32	36,26	0
1979	9	36,26	0	1,82	0	6,32	28,12	0
1979	10	28,12	0	1,48	0	6,32	20,32	0
1979	11	20,32	0	1,08	0	6,32	12,92	0
1979	12	12,92	0	0,66	0	6,32	5,94	0
1980	1	5,94	0	0,24	0	5,7	0	1
1980	2	0	17,79	0	0	6,32	11,47	0
1980	3	11,47	198,61	0,27	2,3	6,32	201,19	0
1980	4	201,19	1,24	2,78	0	6,32	193,33	0
1980	5	193,33	0,01	2,67	0	6,32	184,36	0
1980	6	184,36	0	3,04	0	6,32	174,99	0
1980	7	174,99	0	4	0	6,32	164,67	0
1980	8	164,67	0	4,69	0	6,32	153,66	0
1980	9	153,66	0	5,22	0	6,32	142,12	0
1980	10	142,12	0	5,07	0	6,32	130,73	0
1980	11	130,73	0	4,72	0	6,32	119,69	0
1980	12	119,69	0	4,17	0	6,32	109,19	0
1981	1	109,19	0	3,01	0	6,32	99,87	0
1981	2	99,87	0,18	2,27	0	6,32	91,46	0
1981	3	91,46	75,93	1,61	0	6,32	159,46	0
1981	4	159,46	37,34	2,45	0	6,32	188,03	0
1981	5	188,03	0	2,63	0	6,32	179,08	0
1981	6	179,08	0	2,99	0	6,32	169,77	0
1981	7	169,77	0	3,94	0	6,32	159,51	0
1981	8	159,51	0	4,61	0	6,32	148,58	0
1981	9	148,58	0	5,12	0	6,32	137,14	0
1981	10	137,14	0	4,96	0	6,32	125,86	0
1981	11	125,86	0	4,62	0	6,32	114,92	0
1981	12	114,92	0	4,07	0	6,32	104,53	0
1982	1	104,53	0	2,92	0	6,32	95,29	0
1982	2	95,29	7,05	2,2	0	6,32	93,82	0
1982	3	93,82	10,52	1,64	0	6,32	96,38	0
1982	4	96,38	56,58	1,8	0	6,32	144,84	0
1982	5	144,84	10,81	2,27	0	6,32	147,06	0
1982	6	147,06	3,77	2,68	0	6,32	141,83	0
1982	7	141,83	0,14	3,56	0	6,32	132,1	0
1982	8	132,1	0,11	4,13	0	6,32	121,75	0
1982	9	121,75	0	4,55	0	6,32	110,88	0
1982	10	110,88	0,08	4,36	0	6,32	100,29	0
1982	11	100,29	0,07	3,99	0	6,32	90,04	0
1982	12	90,04	0,01	3,46	0	6,32	80,27	0
1983	1	80,27	0,05	2,44	0	6,32	71,56	0
1983	2	71,56	1,74	1,79	0	6,32	65,19	0
1983	3	65,19	1,92	1,26	0	6,32	59,53	0
1983	4	59,53	1,85	1,26	0	6,32	53,8	0
1983	5	53,8	0,06	1,14	0	6,32	46,4	0
1983	6	46,4	0,06	1,18	0	6,32	38,95	0
1983	7	38,95	0	1,38	0	6,32	31,25	0
1983	8	31,25	0	1,38	0	6,32	23,54	0
1983	9	23,54	0	1,24	0	6,32	15,98	0
1983	10	15,98	0	0,88	0	6,32	8,78	0
1983	11	8,78	0	0,49	0	6,32	1,97	0
1983	12	1,97	0	0,1	0	1,87	0	1
1984	1	0	0,05	0	0	0,05	0	1

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1984	2	0	0,39	0	0	0,39	0	1
1984	3	0	39,88	0	0	6,32	33,56	0
1984	4	33,56	245,93	0,78	71,2	6,32	201,19	0
1984	5	201,19	38,78	2,73	29,74	6,32	201,19	0
1984	6	201,19	9,14	3,19	0	6,32	200,83	0
1984	7	200,83	0,46	4,31	0	6,32	190,66	0
1984	8	190,66	0,01	5,08	0	6,32	179,26	0
1984	9	179,26	0	5,69	0	6,32	167,26	0
1984	10	167,26	0	5,56	0	6,32	155,38	0
1984	11	155,38	0	5,22	0	6,32	143,84	0
1984	12	143,84	0	4,66	0	6,32	132,86	0
1985	1	132,86	3,32	3,39	0	6,32	126,46	0
1985	2	126,46	9,72	2,63	0	6,32	127,22	0
1985	3	127,22	44,5	2	0	6,32	163,41	0
1985	4	163,41	65,42	2,48	18,84	6,32	201,19	0
1985	5	201,19	27,76	2,73	18,71	6,32	201,19	0
1985	6	201,19	3,45	3,19	0	6,32	195,13	0
1985	7	195,13	1,3	4,25	0	6,32	185,86	0
1985	8	185,86	0,26	5,01	0	6,32	174,79	0
1985	9	174,79	0,03	5,61	0	6,32	162,88	0
1985	10	162,88	0,05	5,48	0	6,32	151,14	0
1985	11	151,14	0,1	5,14	0	6,32	139,78	0
1985	12	139,78	0,29	4,58	0	6,32	129,16	0
1986	1	129,16	3,32	3,34	0	6,32	122,82	0
1986	2	122,82	9,72	2,59	0	6,32	123,64	0
1986	3	123,64	44,5	1,96	0	6,32	159,86	0
1986	4	159,86	65,42	2,45	15,32	6,32	201,19	0
1986	5	201,19	27,76	2,73	18,71	6,32	201,19	0
1986	6	201,19	3,45	3,19	0	6,32	195,13	0
1986	7	195,13	1,3	4,25	0	6,32	185,86	0
1986	8	185,86	0,26	5,01	0	6,32	174,79	0
1986	9	174,79	0,03	5,61	0	6,32	162,88	0
1986	10	162,88	0,05	5,48	0	6,32	151,14	0
1986	11	151,14	0,1	5,14	0	6,32	139,78	0
1986	12	139,78	0,29	4,58	0	6,32	129,16	0
1987	1	129,16	0,23	3,34	0	6,32	119,74	0
1987	2	119,74	1,4	2,55	0	6,32	112,27	0
1987	3	112,27	75,04	1,85	0	6,32	179,14	0
1987	4	179,14	28,38	2,61	0	6,32	198,59	0
1987	5	198,59	3,14	2,71	0	6,32	192,7	0
1987	6	192,7	0,99	3,12	0	6,32	184,26	0
1987	7	184,26	0,24	4,12	0	6,32	174,06	0
1987	8	174,06	0	4,84	0	6,32	162,9	0
1987	9	162,9	0	5,39	0	6,32	151,19	0
1987	10	151,19	0	5,25	0	6,32	139,61	0
1987	11	139,61	0	4,91	0	6,32	128,38	0
1987	12	128,38	0	4,36	0	6,32	117,7	0
1988	1	117,7	0	3,15	0	6,32	108,23	0
1988	2	108,23	12,22	2,39	0	6,32	111,74	0
1988	3	111,74	92,74	1,84	0	6,32	196,32	0
1988	4	196,32	171,52	2,74	157,59	6,32	201,19	0
1988	5	201,19	54,1	2,73	45,05	6,32	201,19	0
1988	6	201,19	6,02	3,19	0	6,32	197,71	0
1988	7	197,71	2,77	4,28	0	6,32	189,88	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1988	8	189,88	0,21	5,07	0	6,32	178,71	0
1988	9	178,71	0	5,68	0	6,32	166,71	0
1988	10	166,71	0	5,55	0	6,32	154,84	0
1988	11	154,84	0	5,21	0	6,32	143,31	0
1988	12	143,31	0	4,65	0	6,32	132,34	0
1989	1	132,34	0	3,39	0	6,32	122,63	0
1989	2	122,63	0	2,59	0	6,32	113,73	0
1989	3	113,73	16,97	1,86	0	6,32	122,52	0
1989	4	122,52	229,31	2,1	142,22	6,32	201,19	0
1989	5	201,19	107,75	2,73	98,7	6,32	201,19	0
1989	6	201,19	3,61	3,19	0	6,32	195,3	0
1989	7	195,3	0	4,25	0	6,32	184,73	0
1989	8	184,73	0	5	0	6,32	173,41	0
1989	9	173,41	0	5,58	0	6,32	161,51	0
1989	10	161,51	0	5,45	0	6,32	149,74	0
1989	11	149,74	0	5,11	0	6,32	138,3	0
1989	12	138,3	1,37	4,56	0	6,32	128,79	0
1990	1	128,79	0,32	3,33	0	6,32	119,46	0
1990	2	119,46	4,92	2,54	0	6,32	115,51	0
1990	3	115,51	9,98	1,88	0	6,32	117,29	0
1990	4	117,29	7,42	2,04	0	6,32	116,35	0
1990	5	116,35	19,21	1,99	0	6,32	127,24	0
1990	6	127,24	0,65	2,46	0	6,32	119,11	0
1990	7	119,11	0	3,2	0	6,32	109,58	0
1990	8	109,58	0	3,68	0	6,32	99,58	0
1990	9	99,58	0	4	0	6,32	89,26	0
1990	10	89,26	0	3,77	0	6,32	79,18	0
1990	11	79,18	0	3,39	0	6,32	69,47	0
1990	12	69,47	0	2,87	0	6,32	60,28	0
1991	1	60,28	0	1,96	0	6,32	51,99	0
1991	2	51,99	20,18	1,4	0	6,32	64,46	0
1991	3	64,46	10,82	1,25	0	6,32	67,71	0
1991	4	67,71	20,13	1,39	0	6,32	80,13	0
1991	5	80,13	6,86	1,55	0	6,32	79,12	0
1991	6	79,12	0,66	1,79	0	6,32	71,66	0
1991	7	71,66	0	2,26	0	6,32	63,08	0
1991	8	63,08	0	2,49	0	6,32	54,28	0
1991	9	54,28	0	2,55	0	6,32	45,4	0
1991	10	45,4	0	2,24	0	6,32	36,84	0
1991	11	36,84	0	1,84	0	6,32	28,68	0
1991	12	28,68	0	1,38	0	6,32	20,99	0
1992	1	20,99	28,7	0,79	0	6,32	42,58	0
1992	2	42,58	8,14	1,18	0	6,32	43,21	0
1992	3	43,21	2,9	0,91	0	6,32	38,89	0
1992	4	38,89	8,46	0,89	0	6,32	40,14	0
1992	5	40,14	0,12	0,9	0	6,32	33,05	0
1992	6	33,05	0	0,89	0	6,32	25,84	0
1992	7	25,84	0	0,96	0	6,32	18,56	0
1992	8	18,56	0	0,86	0	6,32	11,38	0
1992	9	11,38	0	0,63	0	6,32	4,43	0
1992	10	4,43	0	0,26	0	4,17	0	1
1992	11	0	0	0	0	0	0	1
1992	12	0	0	0	0	0	0	1
1993	1	0	0	0	0	0	0	1

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1993	2	0	1,57	0	0	1,57	0	1
1993	3	0	0,21	0	0	0,21	0	1
1993	4	0	0,1	0	0	0,1	0	1
1993	5	0	0,04	0	0	0,04	0	1
1993	6	0	0	0	0	0	0	1
1993	7	0	0	0	0	0	0	1
1993	8	0	0	0	0	0	0	1
1993	9	0	0	0	0	0	0	1
1993	10	0	0	0	0	0	0	1
1993	11	0	0	0	0	0	0	1
1993	12	0	0	0	0	0	0	1
1994	1	0	11,5	0	0	6,32	5,18	0
1994	2	5,18	1,19	0,17	0	6,2	0	1
1994	3	0	27,13	0	0	6,32	20,81	0
1994	4	20,81	17	0,51	0	6,32	30,97	0
1994	5	30,97	10,33	0,72	0	6,32	34,27	0
1994	6	34,27	1,68	0,91	0	6,32	28,71	0
1994	7	28,71	1,51	1,06	0	6,32	22,85	0
1994	8	22,85	0	1,04	0	6,32	15,48	0
1994	9	15,48	0	0,84	0	6,32	8,32	0
1994	10	8,32	0	0,47	0	6,32	1,53	0
1994	11	1,53	0	0,09	0	1,44	0	1
1994	12	0	0	0	0	0	0	1
1995	1	0	0	0	0	0	0	1
1995	2	0	1,72	0	0	1,72	0	1
1995	3	0	8,78	0	0	6,32	2,46	0
1995	4	2,46	91,6	0,06	0	6,32	87,68	0
1995	5	87,68	22,49	1,65	0	6,32	102,19	0
1995	6	102,19	4,91	2,14	0	6,32	98,64	0
1995	7	98,64	0,34	2,84	0	6,32	89,83	0
1995	8	89,83	0	3,22	0	6,32	80,29	0
1995	9	80,29	0	3,44	0	6,32	70,52	0
1995	10	70,52	0	3,18	0	6,32	61,02	0
1995	11	61,02	0	2,79	0	6,32	51,92	0
1995	12	51,92	0	2,28	0	6,32	43,31	0
1996	1	43,31	0	1,5	0	6,32	35,49	0
1996	2	35,49	0	1,01	0	6,32	28,16	0
1996	3	28,16	84,34	0,62	0	6,32	105,56	0
1996	4	105,56	212,92	1,91	109,05	6,32	201,19	0
1996	5	201,19	40,98	2,73	31,94	6,32	201,19	0
1996	6	201,19	1,9	3,19	0	6,32	193,58	0
1996	7	193,58	0,13	4,23	0	6,32	183,17	0
1996	8	183,17	0	4,97	0	6,32	171,87	0
1996	9	171,87	0	5,56	0	6,32	160	0
1996	10	160	0	5,42	0	6,32	148,26	0
1996	11	148,26	0	5,08	0	6,32	136,85	0
1996	12	136,85	0	4,53	0	6,32	126	0
1997	1	126	0,54	3,29	0	6,32	116,94	0
1997	2	116,94	0	2,51	0	6,32	108,11	0
1997	3	108,11	11	1,8	0	6,32	110,99	0
1997	4	110,99	23,24	1,97	0	6,32	125,93	0
1997	5	125,93	3,47	2,09	0	6,32	120,99	0
1997	6	120,99	0,07	2,39	0	6,32	112,35	0
1997	7	112,35	0	3,09	0	6,32	102,95	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
1997	8	102,95	0	3,53	0	6,32	93,09	0
1997	9	93,09	0	3,82	0	6,32	82,95	0
1997	10	82,95	0	3,58	0	6,32	73,05	0
1997	11	73,05	0	3,19	0	6,32	63,54	0
1997	12	63,54	0	2,68	0	6,32	54,54	0
1998	1	54,54	0,93	1,81	0	6,32	47,33	0
1998	2	47,33	0,1	1,29	0	6,32	39,82	0
1998	3	39,82	0	0,84	0	6,32	32,65	0
1998	4	32,65	4,7	0,76	0	6,32	30,27	0
1998	5	30,27	0,26	0,7	0	6,32	23,51	0
1998	6	23,51	0	0,65	0	6,32	16,54	0
1998	7	16,54	0	0,64	0	6,32	9,58	0
1998	8	9,58	0	0,46	0	6,32	2,8	0
1998	9	2,8	0	0,16	0	2,64	0	1
1998	10	0	0	0	0	0	0	1
1998	11	0	0	0	0	0	0	1
1998	12	0	0	0	0	0	0	1
1999	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	2	0	0	0	0	0	0	1
1999	3	0	13,72	0	0	6,32	7,4	0
1999	4	7,4	1,21	0,19	0	6,32	2,1	0
1999	5	2,1	6,8	0,05	0	6,32	2,53	0
1999	6	2,53	1,55	0,08	0	4	0	1
1999	7	0	0,01	0	0	0,01	0	1
1999	8	0	0	0	0	0	0	1
1999	9	0	0	0	0	0	0	1
1999	10	0	0	0	0	0	0	1
1999	11	0	0	0	0	0	0	1
1999	12	0	0	0	0	0	0	1
2000	1	0	0,74	0	0	0,74	0	1
2000	2	0	36,13	0	0	6,32	29,81	0
2000	3	29,81	51,68	0,66	0	6,32	74,51	0
2000	4	74,51	120,61	1,5	0	6,32	187,31	0
2000	5	187,31	2,87	2,62	0	6,32	181,23	0
2000	6	181,23	0,35	3,01	0	6,32	172,25	0
2000	7	172,25	0	3,97	0	6,32	161,96	0
2000	8	161,96	0	4,65	0	6,32	150,99	0
2000	9	150,99	0	5,17	0	6,32	139,5	0
2000	10	139,5	0	5,01	0	6,32	128,17	0
2000	11	128,17	0	4,67	0	6,32	117,18	0
2000	12	117,18	0	4,12	0	6,32	106,74	0
2001	1	106,74	0	2,96	0	6,32	97,46	0
2001	2	97,46	0,07	2,23	0	6,32	88,98	0
2001	3	88,98	5,94	1,58	0	6,32	87,03	0
2001	4	87,03	63,59	1,67	0	6,32	142,62	0
2001	5	142,62	2,31	2,25	0	6,32	136,36	0
2001	6	136,36	0,06	2,57	0	6,32	127,53	0
2001	7	127,53	0	3,34	0	6,32	117,87	0
2001	8	117,87	0	3,85	0	6,32	107,7	0
2001	9	107,7	0	4,21	0	6,32	97,17	0
2001	10	97,17	0	3,99	0	6,32	86,85	0
2001	11	86,85	0	3,62	0	6,32	76,92	0
2001	12	76,92	0	3,09	0	6,32	67,5	0
2002	1	67,5	41,03	2,14	0	6,32	100,07	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
2002	2	100,07	1,81	2,27	0	6,32	93,29	0
2002	3	93,29	1,7	1,64	0	6,32	87,03	0
2002	4	87,03	27,74	1,67	0	6,32	106,78	0
2002	5	106,78	6,89	1,89	0	6,32	105,47	0
2002	6	105,47	0,26	2,19	0	6,32	97,21	0
2002	7	97,21	0	2,81	0	6,32	88,08	0
2002	8	88,08	0	3,18	0	6,32	78,59	0
2002	9	78,59	0	3,39	0	6,32	68,88	0
2002	10	68,88	0	3,12	0	6,32	59,43	0
2002	11	59,43	0	2,73	0	6,32	50,39	0
2002	12	50,39	0	2,23	0	6,32	41,84	0
2003	1	41,84	0	1,46	0	6,32	34,06	0
2003	2	34,06	16,3	0,98	0	6,32	43,07	0
2003	3	43,07	135,58	0,9	0	6,32	171,43	0
2003	4	171,43	91,44	2,55	52,81	6,32	201,19	0
2003	5	201,19	2,41	2,73	0	6,32	194,56	0
2003	6	194,56	0,11	3,13	0	6,32	185,21	0
2003	7	185,21	0	4,13	0	6,32	174,76	0
2003	8	174,76	0	4,85	0	6,32	163,6	0
2003	9	163,6	0	5,41	0	6,32	151,87	0
2003	10	151,87	0	5,27	0	6,32	140,29	0
2003	11	140,29	0	4,92	0	6,32	129,04	0
2003	12	129,04	0	4,37	0	6,32	118,35	0
2004	1	118,35	3,32	3,16	0	6,32	112,18	0
2004	2	112,18	9,72	2,45	0	6,32	113,14	0
2004	3	113,14	44,5	1,86	0	6,32	149,47	0
2004	4	149,47	65,42	2,36	5,02	6,32	201,19	0
2004	5	201,19	27,76	2,73	18,71	6,32	201,19	0
2004	6	201,19	3,45	3,19	0	6,32	195,13	0
2004	7	195,13	1,3	4,25	0	6,32	185,86	0
2004	8	185,86	0,26	5,01	0	6,32	174,79	0
2004	9	174,79	0,03	5,61	0	6,32	162,88	0
2004	10	162,88	0,05	5,48	0	6,32	151,14	0
2004	11	151,14	0,1	5,14	0	6,32	139,78	0
2004	12	139,78	0,29	4,58	0	6,32	129,16	0
2005	1	129,16	0	3,34	0	6,32	119,51	0
2005	2	119,51	0	2,54	0	6,32	110,64	0
2005	3	110,64	64,1	1,83	0	6,32	166,59	0
2005	4	166,59	14,79	2,51	0	6,32	172,55	0
2005	5	172,55	10,77	2,51	0	6,32	174,49	0
2005	6	174,49	3,7	2,95	0	6,32	168,92	0
2005	7	168,92	0	3,93	0	6,32	158,67	0
2005	8	158,67	0	4,59	0	6,32	147,75	0
2005	9	147,75	0	5,1	0	6,32	136,33	0
2005	10	136,33	0	4,95	0	6,32	125,06	0
2005	11	125,06	0	4,6	0	6,32	114,14	0
2005	12	114,14	0	4,05	0	6,32	103,77	0
2006	1	103,77	0	2,91	0	6,32	94,54	0
2006	2	94,54	0	2,18	0	6,32	86,04	0
2006	3	86,04	23,82	1,55	0	6,32	101,99	0
2006	4	101,99	48,62	1,87	0	6,32	142,43	0
2006	5	142,43	30,04	2,25	0	6,32	163,89	0
2006	6	163,89	0,45	2,85	0	6,32	155,18	0
2006	7	155,18	0	3,75	0	6,32	145,11	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
2006	8	145,11	0	4,37	0	6,32	134,43	0
2006	9	134,43	0	4,83	0	6,32	123,27	0
2006	10	123,27	0	4,66	0	6,32	112,3	0
2006	11	112,3	0	4,3	0	6,32	101,68	0
2006	12	101,68	0	3,76	0	6,32	91,6	0
2007	1	91,6	0	2,67	0	6,32	82,61	0
2007	2	82,61	0	1,99	0	6,32	74,3	0
2007	3	74,3	0,44	1,39	0	6,32	67,03	0
2007	4	67,03	5,21	1,38	0	6,32	64,54	0
2007	5	64,54	2,09	1,32	0	6,32	58,99	0
2007	6	58,99	0	1,44	0	6,32	51,23	0
2007	7	51,23	0	1,74	0	6,32	43,17	0
2007	8	43,17	0	1,83	0	6,32	35,02	0
2007	9	35,02	0	1,77	0	6,32	26,93	0
2007	10	26,93	0	1,42	0	6,32	19,19	0
2007	11	19,19	0	1,02	0	6,32	11,85	0
2007	12	11,85	0	0,61	0	6,32	4,92	0
2008	1	4,92	0	0,2	0	4,72	0	1
2008	2	0	0	0	0	0	0	1
2008	3	0	162,74	0	0	6,32	156,42	0
2008	4	156,42	283,06	2,42	229,55	6,32	201,19	0
2008	5	201,19	7,19	2,73	0	6,32	199,33	0
2008	6	199,33	0	3,17	0	6,32	189,84	0
2008	7	189,84	0	4,18	0	6,32	179,33	0
2008	8	179,33	0	4,92	0	6,32	168,1	0
2008	9	168,1	0	5,49	0	6,32	156,29	0
2008	10	156,29	0	5,35	0	6,32	144,62	0
2008	11	144,62	0	5,01	0	6,32	133,29	0
2008	12	133,29	0	4,46	0	6,32	122,51	0
2009	1	122,51	3,32	3,23	0	6,32	116,27	0
2009	2	116,27	9,72	2,5	0	6,32	117,17	0
2009	3	117,17	44,5	1,9	0	6,32	153,46	0
2009	4	153,46	65,42	2,39	8,97	6,32	201,19	0
2009	5	201,19	27,76	2,73	18,71	6,32	201,19	0
2009	6	201,19	3,45	3,19	0	6,32	195,13	0
2009	7	195,13	1,3	4,25	0	6,32	185,86	0
2009	8	185,86	0,26	5,01	0	6,32	174,79	0
2009	9	174,79	0,03	5,61	0	6,32	162,88	0
2009	10	162,88	0,05	5,48	0	6,32	151,14	0
2009	11	151,14	0,1	5,14	0	6,32	139,78	0
2009	12	139,78	0,29	4,58	0	6,32	129,16	0
2010	1	129,16	0	3,34	0	6,32	119,51	0
2010	2	119,51	0	2,54	0	6,32	110,64	0
2010	3	110,64	0	1,83	0	6,32	102,49	0
2010	4	102,49	3,29	1,87	0	6,32	97,59	0
2010	5	97,59	1,16	1,78	0	6,32	90,65	0
2010	6	90,65	0	1,98	0	6,32	82,35	0
2010	7	82,35	0	2,5	0	6,32	73,53	0
2010	8	73,53	0	2,79	0	6,32	64,42	0
2010	9	64,42	0	2,92	0	6,32	55,18	0
2010	10	55,18	0	2,63	0	6,32	46,23	0
2010	11	46,23	0	2,23	0	6,32	37,68	0
2010	12	37,68	0,58	1,75	0	6,32	30,2	0
2011	1	30,2	30,79	1,1	0	6,32	53,57	0

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
2011	2	53,57	7,76	1,43	0	6,32	53,58	0
2011	3	53,58	49,03	1,08	0	6,32	95,22	0
2011	4	95,22	113,34	1,78	0	6,32	200,46	0
2011	5	200,46	97,7	2,72	87,93	6,32	201,19	0
2011	6	201,19	0	3,19	0	6,32	191,68	0
2011	7	191,68	0	4,21	0	6,32	181,16	0
2011	8	181,16	1,36	4,94	0	6,32	171,25	0
2011	9	171,25	0	5,55	0	6,32	159,38	0
2011	10	159,38	0,98	5,41	0	6,32	148,63	0
2011	11	148,63	0	5,09	0	6,32	137,22	0
2011	12	137,22	0	4,53	0	6,32	126,37	0
2012	1	126,37	0,22	3,29	0	6,32	116,98	0
2012	2	116,98	1,47	2,51	0	6,32	109,61	0
2012	3	109,61	2,34	1,82	0	6,32	103,81	0
2012	4	103,81	1,47	1,89	0	6,32	97,07	0
2012	5	97,07	0,03	1,77	0	6,32	89,01	0
2012	6	89,01	0,01	1,95	0	6,32	80,75	0
2012	7	80,75	0	2,47	0	6,32	71,97	0
2012	8	71,97	0	2,75	0	6,32	62,9	0
2012	9	62,9	0	2,87	0	6,32	53,71	0
2012	10	53,71	0	2,57	0	6,32	44,82	0
2012	11	44,82	0	2,17	0	6,32	36,33	0
2012	12	36,33	0	1,69	0	6,32	28,32	0
2013	1	28,32	0,22	1,04	0	6,32	21,18	0
2013	2	21,18	0,4	0,64	0	6,32	14,62	0
2013	3	14,62	1,02	0,34	0	6,32	8,98	0
2013	4	8,98	0,46	0,23	0	6,32	2,89	0
2013	5	2,89	5,37	0,07	0	6,32	1,86	0
2013	6	1,86	1,69	0,06	0	3,49	0	1
2013	7	0	1,03	0	0	1,03	0	1
2013	8	0	0	0	0	0	0	1
2013	9	0	0	0	0	0	0	1
2013	10	0	0	0	0	0	0	1
2013	11	0	0	0	0	0	0	1
2013	12	0	0	0	0	0	0	1
2014	1	0	0	0	0	0	0	1
2014	2	0	0	0	0	0	0	1
2014	3	0	0	0	0	0	0	1
2014	4	0	3,87	0	0	3,87	0	1
2014	5	0	0,58	0	0	0,58	0	1
2014	6	0	0	0	0	0	0	1
2014	7	0	0	0	0	0	0	1
2014	8	0	0	0	0	0	0	1
2014	9	0	0	0	0	0	0	1
2014	10	0	0	0	0	0	0	1
2014	11	0	0	0	0	0	0	1
2014	12	0	0	0	0	0	0	1
2015	1	0	0,09	0	0	0,09	0	1
2015	2	0	2,23	0	0	2,23	0	1
2015	3	0	12,52	0	0	6,32	6,2	0
2015	4	6,2	13,02	0,16	0	6,32	12,73	0
2015	5	12,73	2,42	0,32	0	6,32	8,51	0
2015	6	8,51	1,97	0,25	0	6,32	3,92	0
2015	7	3,92	0,81	0,16	0	4,57	0	1

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)	Falha?
2015	8	0	0	0	0	0	0	1
2015	9	0	0	0	0	0	0	1
2015	10	0	0	0	0	0	0	1
2015	11	0	0	0	0	0	0	1
2015	12	0	0,03	0	0	0,03	0	1
2016	1	0	6,33	0	0	6,32	0,01	0
2016	2	0,01	1,99	0	0	2	0	1
2016	3	0	10,84	0	0	6,32	4,52	0
2016	4	4,52	13,9	0,12	0	6,32	11,98	0
2016	5	11,98	2,36	0,3	0	6,32	7,72	0
2016	6	7,72	0,52	0,23	0	6,32	1,69	0
2016	7	1,69	0,06	0,07	0	1,68	0	1
2016	8	0	0	0	0	0	0	1
2016	9	0	0	0	0	0	0	1
2016	10	0	0	0	0	0	0	1
2016	11	0	0	0	0	0	0	1
2016	12	0	0,04	0	0	0,04	0	1
2017	1	0	0,79	0	0	0,79	0	1
2017	2	0	18,25	0	0	6,32	11,93	0
2017	3	11,93	60,49	0,28	0	6,32	65,82	0
2017	4	65,82	18,65	1,36	0	6,32	76,78	0
2017	5	76,78	18,46	1,5	0	6,32	87,42	0
2017	6	87,42	0,93	1,93	0	6,32	80,11	0
2017	7	80,11	0,59	2,45	0	6,32	71,93	0
2017	8	71,93	0	2,75	0	6,32	62,86	0
2017	9	62,86	0	2,87	0	6,32	53,67	0
2017	10	53,67	0	2,57	0	6,32	44,78	0
2017	11	44,78	0	2,17	0	6,32	36,3	0
2017	12	36,3	0,01	1,69	0	6,32	28,29	0
Totais								
			Aflu (hm3)	Evap (hm3)	Vertido (hm3)	Retirado (hm3)		Falha
		Volume (hm3)	11557,74	2370,2	4127,21	5132,24	N	88
		%	100%	20%	36%	44%	%	10%

Quadro A2 – Simulação da série pseudo histórica do reservatório Carmina

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1944	1	6	0,25	0,27	0	0,3	5,68
1944	2	5,68	0,16	0,21	0	0,3	5,33
1944	3	5,33	9,73	0,15	0,98	0,3	13,63
1944	4	13,63	3,87	0,29	3,28	0,3	13,63
1944	5	13,63	3,86	0,28	3,27	0,3	13,63
1944	6	13,63	0,31	0,33	0	0,3	13,3
1944	7	13,3	0,11	0,44	0	0,3	12,67
1944	8	12,67	0	0,52	0	0,3	11,84
1944	9	11,84	0,01	0,58	0	0,3	10,96
1944	10	10,96	0	0,57	0	0,3	10,09
1944	11	10,09	0	0,53	0	0,3	9,26
1944	12	9,26	0,15	0,47	0	0,3	8,63
1945	1	8,63	1,08	0,35	0	0,3	9,06
1945	2	9,06	21,48	0,28	16,33	0,3	13,63
1945	3	13,63	9,34	0,27	8,77	0,3	13,63
1945	4	13,63	13,93	0,29	13,34	0,3	13,63
1945	5	13,63	9,7	0,28	9,11	0,3	13,63
1945	6	13,63	1,61	0,33	0,98	0,3	13,63
1945	7	13,63	1,07	0,45	0,31	0,3	13,63
1945	8	13,63	0,01	0,54	0	0,3	12,8
1945	9	12,8	0	0,61	0	0,3	11,88
1945	10	11,88	0	0,59	0	0,3	10,99
1945	11	10,99	0,01	0,56	0	0,3	10,14
1945	12	10,14	0,01	0,5	0	0,3	9,35
1946	1	9,35	0,71	0,36	0	0,3	9,39
1946	2	9,39	3,01	0,29	0	0,3	11,81
1946	3	11,81	1,84	0,25	0	0,3	13,1
1946	4	13,1	10,32	0,28	9,21	0,3	13,63
1946	5	13,63	1,85	0,28	1,26	0,3	13,63
1946	6	13,63	0,75	0,33	0,11	0,3	13,63
1946	7	13,63	0	0,45	0	0,3	12,88
1946	8	12,88	0,01	0,53	0	0,3	12,06
1946	9	12,06	0	0,59	0	0,3	11,16
1946	10	11,16	0	0,57	0	0,3	10,29
1946	11	10,29	0	0,54	0	0,3	9,45
1946	12	9,45	0,1	0,48	0	0,3	8,77
1947	1	8,77	0,25	0,35	0	0,3	8,37
1947	2	8,37	3,71	0,27	0	0,3	11,51
1947	3	11,51	13,5	0,25	10,82	0,3	13,63
1947	4	13,63	10,88	0,29	10,28	0,3	13,63
1947	5	13,63	6,3	0,28	5,72	0,3	13,63
1947	6	13,63	0,62	0,33	0	0,3	13,62
1947	7	13,62	0,59	0,45	0	0,3	13,45
1947	8	13,45	0,1	0,54	0	0,3	12,71
1947	9	12,71	0	0,61	0	0,3	11,8
1947	10	11,8	0	0,59	0	0,3	10,91
1947	11	10,91	0,36	0,56	0	0,3	10,41
1947	12	10,41	0,24	0,5	0	0,3	9,84
1948	1	9,84	0,1	0,37	0	0,3	9,26
1948	2	9,26	0,71	0,29	0	0,3	9,38
1948	3	9,38	7,47	0,22	2,7	0,3	13,63
1948	4	13,63	3,11	0,29	2,52	0,3	13,63
1948	5	13,63	5,16	0,28	4,58	0,3	13,63
1948	6	13,63	0,79	0,33	0,16	0,3	13,63
1948	7	13,63	0,34	0,45	0	0,3	13,21
1948	8	13,21	0,12	0,53	0	0,3	12,5

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1948	9	12,5	0,01	0,6	0	0,3	11,61
1948	10	11,61	0,02	0,59	0	0,3	10,74
1948	11	10,74	0	0,55	0	0,3	9,88
1948	12	9,88	0,1	0,49	0	0,3	9,19
1949	1	9,19	0,06	0,36	0	0,3	8,59
1949	2	8,59	0,95	0,28	0	0,3	8,96
1949	3	8,96	6,16	0,21	0,98	0,3	13,63
1949	4	13,63	5,69	0,29	5,1	0,3	13,63
1949	5	13,63	6,64	0,28	6,05	0,3	13,63
1949	6	13,63	0,51	0,33	0	0,3	13,5
1949	7	13,5	0	0,45	0	0,3	12,75
1949	8	12,75	0,03	0,52	0	0,3	11,95
1949	9	11,95	0,01	0,59	0	0,3	11,07
1949	10	11,07	0	0,57	0	0,3	10,19
1949	11	10,19	0,28	0,54	0	0,3	9,63
1949	12	9,63	0,01	0,48	0	0,3	8,85
1950	1	8,85	1,09	0,35	0	0,3	9,29
1950	2	9,29	2,14	0,29	0	0,3	10,84
1950	3	10,84	11,2	0,24	7,87	0,3	13,63
1950	4	13,63	20,96	0,29	20,37	0,3	13,63
1950	5	13,63	12,41	0,28	11,83	0,3	13,63
1950	6	13,63	0,33	0,33	0	0,3	13,32
1950	7	13,32	0,16	0,44	0	0,3	12,73
1950	8	12,73	0	0,52	0	0,3	11,9
1950	9	11,9	0	0,59	0	0,3	11,02
1950	10	11,02	0,01	0,57	0	0,3	10,15
1950	11	10,15	0	0,53	0	0,3	9,31
1950	12	9,31	0	0,47	0	0,3	8,54
1951	1	8,54	0	0,34	0	0,3	7,9
1951	2	7,9	0	0,26	0	0,3	7,33
1951	3	7,33	0,11	0,19	0	0,3	6,96
1951	4	6,96	0,69	0,2	0	0,3	7,15
1951	5	7,15	0,43	0,19	0	0,3	7,08
1951	6	7,08	1,69	0,23	0	0,3	8,24
1951	7	8,24	0,01	0,34	0	0,3	7,61
1951	8	7,61	0	0,39	0	0,3	6,92
1951	9	6,92	0	0,42	0	0,3	6,19
1951	10	6,19	0	0,4	0	0,3	5,49
1951	11	5,49	0	0,36	0	0,3	4,83
1951	12	4,83	0,7	0,3	0	0,3	4,92
1952	1	4,92	0,09	0,23	0	0,3	4,47
1952	2	4,47	0,33	0,17	0	0,3	4,33
1952	3	4,33	5,98	0,13	0	0,3	9,88
1952	4	9,88	4,02	0,24	0	0,3	13,35
1952	5	13,35	1,65	0,28	0,79	0,3	13,63
1952	6	13,63	0,64	0,33	0,01	0,3	13,63
1952	7	13,63	0,03	0,45	0	0,3	12,91
1952	8	12,91	0	0,53	0	0,3	12,08
1952	9	12,08	0	0,59	0	0,3	11,18
1952	10	11,18	0	0,58	0	0,3	10,3
1952	11	10,3	0	0,54	0	0,3	9,46
1952	12	9,46	0,01	0,48	0	0,3	8,69
1953	1	8,69	0	0,35	0	0,3	8,04
1953	2	8,04	0,08	0,26	0	0,3	7,56
1953	3	7,56	0,34	0,19	0	0,3	7,4
1953	4	7,4	1,97	0,2	0	0,3	8,87
1953	5	8,87	0,62	0,22	0	0,3	8,96

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1953	6	8,96	0,13	0,26	0	0,3	8,53
1953	7	8,53	0,08	0,35	0	0,3	7,96
1953	8	7,96	0	0,4	0	0,3	7,25
1953	9	7,25	0	0,44	0	0,3	6,51
1953	10	6,51	0	0,41	0	0,3	5,8
1953	11	5,8	0	0,37	0	0,3	5,12
1953	12	5,12	0,02	0,32	0	0,3	4,52
1954	1	4,52	0,02	0,22	0	0,3	4,02
1954	2	4,02	0,32	0,16	0	0,3	3,87
1954	3	3,87	1,85	0,12	0	0,3	5,3
1954	4	5,3	1,7	0,16	0	0,3	6,54
1954	5	6,54	4,39	0,18	0	0,3	10,44
1954	6	10,44	0,41	0,29	0	0,3	10,26
1954	7	10,26	0	0,39	0	0,3	9,57
1954	8	9,57	0,02	0,45	0	0,3	8,84
1954	9	8,84	0	0,5	0	0,3	8,04
1954	10	8,04	0	0,47	0	0,3	7,27
1954	11	7,27	0,02	0,43	0	0,3	6,55
1954	12	6,55	0	0,38	0	0,3	5,87
1955	1	5,87	0,37	0,27	0	0,3	5,67
1955	2	5,67	0,27	0,21	0	0,3	5,43
1955	3	5,43	1,23	0,15	0	0,3	6,21
1955	4	6,21	8,15	0,18	0,25	0,3	13,63
1955	5	13,63	6,47	0,28	5,88	0,3	13,63
1955	6	13,63	0,26	0,33	0	0,3	13,25
1955	7	13,25	0,03	0,44	0	0,3	12,54
1955	8	12,54	0,24	0,52	0	0,3	11,96
1955	9	11,96	0	0,59	0	0,3	11,07
1955	10	11,07	0,01	0,57	0	0,3	10,2
1955	11	10,2	0	0,54	0	0,3	9,36
1955	12	9,36	0,01	0,48	0	0,3	8,6
1956	1	8,6	0,01	0,34	0	0,3	7,96
1956	2	7,96	0,29	0,26	0	0,3	7,69
1956	3	7,69	1,72	0,19	0	0,3	8,91
1956	4	8,91	4,25	0,23	0	0,3	12,63
1956	5	12,63	0,37	0,27	0	0,3	12,42
1956	6	12,42	0,25	0,32	0	0,3	12,06
1956	7	12,06	0,09	0,42	0	0,3	11,43
1956	8	11,43	0,05	0,5	0	0,3	10,68
1956	9	10,68	0	0,55	0	0,3	9,82
1956	10	9,82	0	0,53	0	0,3	8,98
1956	11	8,98	0	0,5	0	0,3	8,18
1956	12	8,18	0	0,44	0	0,3	7,44
1957	1	7,44	0,13	0,31	0	0,3	6,95
1957	2	6,95	0	0,24	0	0,3	6,41
1957	3	6,41	3,15	0,17	0	0,3	9,09
1957	4	9,09	29,54	0,23	24,47	0,3	13,63
1957	5	13,63	0,82	0,28	0,24	0,3	13,63
1957	6	13,63	0,34	0,33	0	0,3	13,33
1957	7	13,33	0,55	0,44	0	0,3	13,14
1957	8	13,14	0	0,53	0	0,3	12,3
1957	9	12,3	0	0,6	0	0,3	11,4
1957	10	11,4	0	0,58	0	0,3	10,52
1957	11	10,52	0	0,54	0	0,3	9,67
1957	12	9,67	0	0,48	0	0,3	8,88
1958	1	8,88	0,05	0,35	0	0,3	8,27
1958	2	8,27	0,71	0,27	0	0,3	8,41

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1958	3	8,41	0,21	0,21	0	0,3	8,11
1958	4	8,11	0,24	0,22	0	0,3	7,83
1958	5	7,83	0,62	0,21	0	0,3	7,93
1958	6	7,93	0,04	0,24	0	0,3	7,43
1958	7	7,43	0,07	0,32	0	0,3	6,88
1958	8	6,88	0	0,36	0	0,3	6,22
1958	9	6,22	0	0,39	0	0,3	5,52
1958	10	5,52	0	0,37	0	0,3	4,85
1958	11	4,85	0	0,33	0	0,3	4,22
1958	12	4,22	0	0,27	0	0,3	3,65
1959	1	3,65	0,28	0,19	0	0,3	3,43
1959	2	3,43	1,07	0,14	0	0,3	4,06
1959	3	4,06	2,33	0,12	0	0,3	5,96
1959	4	5,96	0,95	0,18	0	0,3	6,44
1959	5	6,44	1,3	0,18	0	0,3	7,25
1959	6	7,25	0,58	0,23	0	0,3	7,3
1959	7	7,3	0,3	0,31	0	0,3	6,98
1959	8	6,98	0,22	0,37	0	0,3	6,53
1959	9	6,53	0	0,41	0	0,3	5,82
1959	10	5,82	0	0,38	0	0,3	5,14
1959	11	5,14	0	0,34	0	0,3	4,49
1959	12	4,49	0	0,29	0	0,3	3,9
1960	1	3,9	0,01	0,2	0	0,3	3,42
1960	2	3,42	0,01	0,14	0	0,3	2,99
1960	3	2,99	8,94	0,09	0	0,3	11,53
1960	4	11,53	4,09	0,26	1,43	0,3	13,63
1960	5	13,63	0,54	0,28	0	0,3	13,58
1960	6	13,58	0,33	0,33	0	0,3	13,28
1960	7	13,28	0,35	0,44	0	0,3	12,88
1960	8	12,88	0	0,53	0	0,3	12,04
1960	9	12,04	0	0,59	0	0,3	11,15
1960	10	11,15	0	0,57	0	0,3	10,27
1960	11	10,27	0	0,54	0	0,3	9,43
1960	12	9,43	0,02	0,48	0	0,3	8,68
1961	1	8,68	0,38	0,35	0	0,3	8,4
1961	2	8,4	4,56	0,27	0	0,3	12,39
1961	3	12,39	10,83	0,26	9,03	0,3	13,63
1961	4	13,63	17,96	0,29	17,36	0,3	13,63
1961	5	13,63	7,66	0,28	7,07	0,3	13,63
1961	6	13,63	0,25	0,33	0	0,3	13,24
1961	7	13,24	0,7	0,44	0	0,3	13,2
1961	8	13,2	0,04	0,53	0	0,3	12,4
1961	9	12,4	0	0,6	0	0,3	11,5
1961	10	11,5	0	0,58	0	0,3	10,61
1961	11	10,61	0	0,55	0	0,3	9,76
1961	12	9,76	0	0,49	0	0,3	8,97
1962	1	8,97	0,35	0,35	0	0,3	8,67
1962	2	8,67	0,48	0,28	0	0,3	8,57
1962	3	8,57	3,37	0,21	0	0,3	11,43
1962	4	11,43	2,65	0,26	0	0,3	13,52
1962	5	13,52	2,75	0,28	2,06	0,3	13,63
1962	6	13,63	0,13	0,33	0	0,3	13,12
1962	7	13,12	0,13	0,44	0	0,3	12,51
1962	8	12,51	0	0,52	0	0,3	11,68
1962	9	11,68	0,01	0,58	0	0,3	10,81
1962	10	10,81	0	0,56	0	0,3	9,94
1962	11	9,94	0,01	0,53	0	0,3	9,12

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1962	12	9,12	0	0,47	0	0,3	8,35
1963	1	8,35	0,1	0,34	0	0,3	7,81
1963	2	7,81	1,55	0,26	0	0,3	8,8
1963	3	8,8	28,64	0,21	23,29	0,3	13,63
1963	4	13,63	17,49	0,29	16,9	0,3	13,63
1963	5	13,63	1,52	0,28	0,94	0,3	13,63
1963	6	13,63	1,18	0,33	0,55	0,3	13,63
1963	7	13,63	0,01	0,45	0	0,3	12,88
1963	8	12,88	0,04	0,53	0	0,3	12,09
1963	9	12,09	0	0,59	0	0,3	11,2
1963	10	11,2	0	0,58	0	0,3	10,32
1963	11	10,32	0,01	0,54	0	0,3	9,49
1963	12	9,49	0,21	0,48	0	0,3	8,92
1964	1	8,92	2,81	0,35	0	0,3	11,07
1964	2	11,07	9,87	0,32	6,69	0,3	13,63
1964	3	13,63	20,02	0,27	19,45	0,3	13,63
1964	4	13,63	26,18	0,29	25,58	0,3	13,63
1964	5	13,63	17,04	0,28	16,46	0,3	13,63
1964	6	13,63	1,49	0,33	0,86	0,3	13,63
1964	7	13,63	1,59	0,45	0,84	0,3	13,63
1964	8	13,63	0,49	0,54	0	0,3	13,28
1964	9	13,28	0,02	0,62	0	0,3	12,37
1964	10	12,37	0	0,61	0	0,3	11,46
1964	11	11,46	0	0,57	0	0,3	10,59
1964	12	10,59	0	0,51	0	0,3	9,78
1965	1	9,78	0,05	0,37	0	0,3	9,15
1965	2	9,15	0,04	0,29	0	0,3	8,6
1965	3	8,6	3,38	0,21	0	0,3	11,47
1965	4	11,47	31,38	0,26	28,66	0,3	13,63
1965	5	13,63	3,65	0,28	3,06	0,3	13,63
1965	6	13,63	5,27	0,33	4,64	0,3	13,63
1965	7	13,63	0,07	0,45	0	0,3	12,94
1965	8	12,94	0	0,53	0	0,3	12,11
1965	9	12,11	0,01	0,59	0	0,3	11,22
1965	10	11,22	0,31	0,58	0	0,3	10,65
1965	11	10,65	0,01	0,55	0	0,3	9,81
1965	12	9,81	0,07	0,49	0	0,3	9,09
1966	1	9,09	0,01	0,36	0	0,3	8,44
1966	2	8,44	0,31	0,27	0	0,3	8,18
1966	3	8,18	1,47	0,2	0	0,3	9,14
1966	4	9,14	3,01	0,23	0	0,3	11,61
1966	5	11,61	2,54	0,26	0	0,3	13,58
1966	6	13,58	0,17	0,33	0	0,3	13,12
1966	7	13,12	0,14	0,44	0	0,3	12,51
1966	8	12,51	0	0,52	0	0,3	11,69
1966	9	11,69	0	0,58	0	0,3	10,81
1966	10	10,81	0	0,56	0	0,3	9,94
1966	11	9,94	0	0,53	0	0,3	9,12
1966	12	9,12	0,02	0,47	0	0,3	8,36
1967	1	8,36	0,15	0,34	0	0,3	7,87
1967	2	7,87	0,83	0,26	0	0,3	8,13
1967	3	8,13	9,28	0,2	3,28	0,3	13,63
1967	4	13,63	18,1	0,29	17,51	0,3	13,63
1967	5	13,63	25,26	0,28	24,67	0,3	13,63
1967	6	13,63	0,26	0,33	0	0,3	13,25
1967	7	13,25	0,44	0,44	0	0,3	12,95
1967	8	12,95	0	0,53	0	0,3	12,11

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1967	9	12,11	0	0,59	0	0,3	11,22
1967	10	11,22	0	0,58	0	0,3	10,34
1967	11	10,34	0	0,54	0	0,3	9,5
1967	12	9,5	0,25	0,48	0	0,3	8,96
1968	1	8,96	0,67	0,35	0	0,3	8,98
1968	2	8,98	1,12	0,28	0	0,3	9,51
1968	3	9,51	17,15	0,22	12,51	0,3	13,63
1968	4	13,63	12,07	0,29	11,48	0,3	13,63
1968	5	13,63	14,95	0,28	14,37	0,3	13,63
1968	6	13,63	0,3	0,33	0	0,3	13,29
1968	7	13,29	0,23	0,44	0	0,3	12,78
1968	8	12,78	0,26	0,53	0	0,3	12,21
1968	9	12,21	0	0,59	0	0,3	11,31
1968	10	11,31	0	0,58	0	0,3	10,43
1968	11	10,43	0	0,54	0	0,3	9,58
1968	12	9,58	0,03	0,48	0	0,3	8,83
1969	1	8,83	0,09	0,35	0	0,3	8,27
1969	2	8,27	0,37	0,27	0	0,3	8,07
1969	3	8,07	3,74	0,2	0	0,3	11,31
1969	4	11,31	9,95	0,26	7,06	0,3	13,63
1969	5	13,63	2,11	0,28	1,52	0,3	13,63
1969	6	13,63	0,78	0,33	0,15	0,3	13,63
1969	7	13,63	1,45	0,45	0,7	0,3	13,63
1969	8	13,63	0,04	0,54	0	0,3	12,82
1969	9	12,82	0	0,61	0	0,3	11,91
1969	10	11,91	0	0,59	0	0,3	11,01
1969	11	11,01	0	0,56	0	0,3	10,15
1969	12	10,15	0	0,5	0	0,3	9,35
1970	1	9,35	0,34	0,36	0	0,3	9,02
1970	2	9,02	0,33	0,28	0	0,3	8,77
1970	3	8,77	2,35	0,21	0	0,3	10,6
1970	4	10,6	2,36	0,25	0	0,3	12,4
1970	5	12,4	0,31	0,27	0	0,3	12,14
1970	6	12,14	0,08	0,31	0	0,3	11,61
1970	7	11,61	0,07	0,41	0	0,3	10,96
1970	8	10,96	0	0,48	0	0,3	10,17
1970	9	10,17	0	0,54	0	0,3	9,33
1970	10	9,33	0	0,52	0	0,3	8,51
1970	11	8,51	0,07	0,48	0	0,3	7,79
1970	12	7,79	0	0,42	0	0,3	7,07
1971	1	7,07	0,24	0,3	0	0,3	6,7
1971	2	6,7	1,1	0,23	0	0,3	7,27
1971	3	7,27	4,06	0,19	0	0,3	10,84
1971	4	10,84	17,24	0,26	13,89	0,3	13,63
1971	5	13,63	10,74	0,28	10,15	0,3	13,63
1971	6	13,63	3,7	0,33	3,06	0,3	13,63
1971	7	13,63	1,58	0,45	0,83	0,3	13,63
1971	8	13,63	0,06	0,54	0	0,3	12,85
1971	9	12,85	0,1	0,61	0	0,3	12,03
1971	10	12,03	0,05	0,6	0	0,3	11,18
1971	11	11,18	0	0,56	0	0,3	10,31
1971	12	10,31	0	0,5	0	0,3	9,51
1972	1	9,51	0,22	0,37	0	0,3	9,07
1972	2	9,07	0,44	0,28	0	0,3	8,92
1972	3	8,92	1,78	0,21	0	0,3	10,19
1972	4	10,19	5,38	0,25	1,39	0,3	13,63
1972	5	13,63	0,94	0,28	0,35	0,3	13,63

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1972	6	13,63	0,27	0,33	0	0,3	13,27
1972	7	13,27	0,18	0,44	0	0,3	12,7
1972	8	12,7	0,46	0,52	0	0,3	12,34
1972	9	12,34	0	0,6	0	0,3	11,44
1972	10	11,44	0	0,58	0	0,3	10,55
1972	11	10,55	0	0,55	0	0,3	9,7
1972	12	9,7	0,16	0,49	0	0,3	9,07
1973	1	9,07	0,78	0,36	0	0,3	9,19
1973	2	9,19	1,5	0,29	0	0,3	10,1
1973	3	10,1	4,5	0,23	0,44	0,3	13,63
1973	4	13,63	16,5	0,29	15,91	0,3	13,63
1973	5	13,63	2,94	0,28	2,36	0,3	13,63
1973	6	13,63	0,34	0,33	0	0,3	13,33
1973	7	13,33	0,1	0,44	0	0,3	12,68
1973	8	12,68	0	0,52	0	0,3	11,86
1973	9	11,86	0	0,58	0	0,3	10,97
1973	10	10,97	0	0,57	0	0,3	10,1
1973	11	10,1	0	0,53	0	0,3	9,26
1973	12	9,26	0	0,47	0	0,3	8,49
1974	1	8,49	1,98	0,34	0	0,3	9,83
1974	2	9,83	3,36	0,3	0	0,3	12,58
1974	3	12,58	33,3	0,26	31,7	0,3	13,63
1974	4	13,63	26,89	0,29	26,3	0,3	13,63
1974	5	13,63	8,42	0,28	7,84	0,3	13,63
1974	6	13,63	0,91	0,33	0,28	0,3	13,63
1974	7	13,63	0,16	0,45	0	0,3	13,04
1974	8	13,04	0,01	0,53	0	0,3	12,21
1974	9	12,21	0	0,59	0	0,3	11,31
1974	10	11,31	0,03	0,58	0	0,3	10,46
1974	11	10,46	0	0,54	0	0,3	9,61
1974	12	9,61	0,09	0,48	0	0,3	8,92
1975	1	8,92	0,24	0,35	0	0,3	8,5
1975	2	8,5	0,99	0,27	0	0,3	8,91
1975	3	8,91	5,88	0,21	0,64	0,3	13,63
1975	4	13,63	3,46	0,29	2,87	0,3	13,63
1975	5	13,63	17,87	0,28	17,28	0,3	13,63
1975	6	13,63	1,22	0,33	0,59	0,3	13,63
1975	7	13,63	0,27	0,45	0	0,3	13,15
1975	8	13,15	0,02	0,53	0	0,3	12,34
1975	9	12,34	0	0,6	0	0,3	11,44
1975	10	11,44	0	0,58	0	0,3	10,55
1975	11	10,55	0	0,55	0	0,3	9,7
1975	12	9,7	0	0,49	0	0,3	8,92
1976	1	8,92	0	0,35	0	0,3	8,26
1976	2	8,26	1,29	0,27	0	0,3	8,98
1976	3	8,98	2,39	0,21	0	0,3	10,85
1976	4	10,85	2,15	0,26	0	0,3	12,44
1976	5	12,44	0,2	0,27	0	0,3	12,07
1976	6	12,07	0,02	0,31	0	0,3	11,48
1976	7	11,48	0	0,41	0	0,3	10,77
1976	8	10,77	0	0,48	0	0,3	9,99
1976	9	9,99	0	0,53	0	0,3	9,15
1976	10	9,15	0	0,51	0	0,3	8,33
1976	11	8,33	0	0,47	0	0,3	7,56
1976	12	7,56	0	0,42	0	0,3	6,84
1977	1	6,84	0	0,3	0	0,3	6,24
1977	2	6,24	0,23	0,22	0	0,3	5,94

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1977	3	5,94	1,6	0,16	0	0,3	7,07
1977	4	7,07	4,14	0,2	0	0,3	10,71
1977	5	10,71	2,95	0,25	0	0,3	13,11
1977	6	13,11	0,09	0,32	0	0,3	12,57
1977	7	12,57	0,01	0,43	0	0,3	11,85
1977	8	11,85	0	0,51	0	0,3	11,04
1977	9	11,04	0	0,56	0	0,3	10,18
1977	10	10,18	0	0,55	0	0,3	9,33
1977	11	9,33	0	0,51	0	0,3	8,52
1977	12	8,52	0	0,45	0	0,3	7,77
1978	1	7,77	1,63	0,32	0	0,3	8,76
1978	2	8,76	4,84	0,28	0	0,3	13,02
1978	3	13,02	7,36	0,26	6,19	0,3	13,63
1978	4	13,63	1,25	0,29	0,65	0,3	13,63
1978	5	13,63	4,31	0,28	3,73	0,3	13,63
1978	6	13,63	0,1	0,33	0	0,3	13,1
1978	7	13,1	0,02	0,44	0	0,3	12,37
1978	8	12,37	0	0,52	0	0,3	11,55
1978	9	11,55	0	0,58	0	0,3	10,67
1978	10	10,67	0	0,56	0	0,3	9,81
1978	11	9,81	0,16	0,52	0	0,3	9,14
1978	12	9,14	0,14	0,47	0	0,3	8,51
1979	1	8,51	0	0,34	0	0,3	7,87
1979	2	7,87	0	0,26	0	0,3	7,3
1979	3	7,3	0,2	0,19	0	0,3	7,01
1979	4	7,01	2,92	0,2	0	0,3	9,43
1979	5	9,43	0,28	0,23	0	0,3	9,17
1979	6	9,17	0,01	0,27	0	0,3	8,62
1979	7	8,62	0	0,35	0	0,3	7,97
1979	8	7,97	0	0,4	0	0,3	7,26
1979	9	7,26	0	0,44	0	0,3	6,52
1979	10	6,52	0	0,41	0	0,3	5,81
1979	11	5,81	0	0,37	0	0,3	5,13
1979	12	5,13	0	0,32	0	0,3	4,51
1980	1	4,51	0	0,22	0	0,3	3,99
1980	2	3,99	2,37	0,16	0	0,3	5,89
1980	3	5,89	26,42	0,16	18,21	0,3	13,63
1980	4	13,63	0,16	0,29	0	0,3	13,2
1980	5	13,2	0	0,28	0	0,3	12,62
1980	6	12,62	0	0,32	0	0,3	12
1980	7	12	0	0,42	0	0,3	11,28
1980	8	11,28	0	0,49	0	0,3	10,48
1980	9	10,48	0	0,55	0	0,3	9,63
1980	10	9,63	0	0,53	0	0,3	8,8
1980	11	8,8	0	0,49	0	0,3	8,01
1980	12	8,01	0	0,43	0	0,3	7,27
1981	1	7,27	0	0,31	0	0,3	6,66
1981	2	6,66	0,02	0,23	0	0,3	6,14
1981	3	6,14	10,1	0,17	2,15	0,3	13,63
1981	4	13,63	4,97	0,29	4,37	0,3	13,63
1981	5	13,63	0	0,28	0	0,3	13,04
1981	6	13,04	0	0,32	0	0,3	12,41
1981	7	12,41	0	0,43	0	0,3	11,68
1981	8	11,68	0	0,5	0	0,3	10,88
1981	9	10,88	0	0,56	0	0,3	10,02
1981	10	10,02	0	0,54	0	0,3	9,17
1981	11	9,17	0	0,5	0	0,3	8,37

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1981	12	8,37	0	0,44	0	0,3	7,62
1982	1	7,62	0	0,32	0	0,3	7
1982	2	7	0,94	0,24	0	0,3	7,39
1982	3	7,39	1,4	0,19	0	0,3	8,3
1982	4	8,3	7,53	0,22	1,67	0,3	13,63
1982	5	13,63	1,44	0,28	0,85	0,3	13,63
1982	6	13,63	0,5	0,33	0	0,3	13,5
1982	7	13,5	0,02	0,45	0	0,3	12,77
1982	8	12,77	0,01	0,53	0	0,3	11,95
1982	9	11,95	0	0,59	0	0,3	11,06
1982	10	11,06	0,01	0,57	0	0,3	10,2
1982	11	10,2	0,01	0,54	0	0,3	9,37
1982	12	9,37	0	0,48	0	0,3	8,59
1983	1	8,59	0,01	0,34	0	0,3	7,95
1983	2	7,95	0,23	0,26	0	0,3	7,62
1983	3	7,62	0,25	0,19	0	0,3	7,37
1983	4	7,37	0,25	0,2	0	0,3	7,11
1983	5	7,11	0,01	0,19	0	0,3	6,62
1983	6	6,62	0,01	0,22	0	0,3	6,11
1983	7	6,11	0	0,28	0	0,3	5,53
1983	8	5,53	0	0,31	0	0,3	4,92
1983	9	4,92	0	0,33	0	0,3	4,28
1983	10	4,28	0	0,3	0	0,3	3,68
1983	11	3,68	0	0,26	0	0,3	3,11
1983	12	3,11	0	0,21	0	0,3	2,59
1984	1	2,59	0,01	0,14	0	0,3	2,16
1984	2	2,16	0,05	0,09	0	0,3	1,81
1984	3	1,81	5,3	0,06	0	0,3	6,75
1984	4	6,75	32,71	0,19	25,34	0,3	13,63
1984	5	13,63	5,16	0,28	4,57	0,3	13,63
1984	6	13,63	1,22	0,33	0,58	0,3	13,63
1984	7	13,63	0,06	0,45	0	0,3	12,94
1984	8	12,94	0	0,53	0	0,3	12,11
1984	9	12,11	0	0,59	0	0,3	11,21
1984	10	11,21	0	0,58	0	0,3	10,33
1984	11	10,33	0	0,54	0	0,3	9,49
1984	12	9,49	0	0,48	0	0,3	8,71
1985	1	8,71	0,45	0,35	0	0,3	8,51
1985	2	8,51	1,31	0,27	0	0,3	9,24
1985	3	9,24	6,07	0,22	1,16	0,3	13,63
1985	4	13,63	8,88	0,29	8,29	0,3	13,63
1985	5	13,63	3,74	0,28	3,16	0,3	13,63
1985	6	13,63	0,46	0,33	0	0,3	13,46
1985	7	13,46	0,17	0,45	0	0,3	12,88
1985	8	12,88	0,04	0,53	0	0,3	12,08
1985	9	12,08	0	0,59	0	0,3	11,19
1985	10	11,19	0,01	0,58	0	0,3	10,32
1985	11	10,32	0,01	0,54	0	0,3	9,49
1985	12	9,49	0,04	0,48	0	0,3	8,75
1986	1	8,75	0,45	0,35	0	0,3	8,55
1986	2	8,55	1,31	0,27	0	0,3	9,28
1986	3	9,28	6,07	0,22	1,2	0,3	13,63
1986	4	13,63	8,88	0,29	8,29	0,3	13,63
1986	5	13,63	3,74	0,28	3,16	0,3	13,63
1986	6	13,63	0,46	0,33	0	0,3	13,46
1986	7	13,46	0,17	0,45	0	0,3	12,88
1986	8	12,88	0,04	0,53	0	0,3	12,08

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1986	9	12,08	0	0,59	0	0,3	11,19
1986	10	11,19	0,01	0,58	0	0,3	10,32
1986	11	10,32	0,01	0,54	0	0,3	9,49
1986	12	9,49	0,04	0,48	0	0,3	8,75
1987	1	8,75	0,03	0,35	0	0,3	8,13
1987	2	8,13	0,19	0,27	0	0,3	7,75
1987	3	7,75	9,98	0,19	3,6	0,3	13,63
1987	4	13,63	3,77	0,29	3,18	0,3	13,63
1987	5	13,63	0,42	0,28	0	0,3	13,46
1987	6	13,46	0,13	0,33	0	0,3	12,96
1987	7	12,96	0,03	0,44	0	0,3	12,25
1987	8	12,25	0	0,51	0	0,3	11,43
1987	9	11,43	0	0,57	0	0,3	10,56
1987	10	10,56	0	0,56	0	0,3	9,7
1987	11	9,7	0	0,52	0	0,3	8,87
1987	12	8,87	0	0,46	0	0,3	8,11
1988	1	8,11	0	0,33	0	0,3	7,47
1988	2	7,47	1,63	0,25	0	0,3	8,54
1988	3	8,54	12,33	0,21	6,74	0,3	13,63
1988	4	13,63	22,81	0,29	22,22	0,3	13,63
1988	5	13,63	7,19	0,28	6,61	0,3	13,63
1988	6	13,63	0,8	0,33	0,17	0,3	13,63
1988	7	13,63	0,37	0,45	0	0,3	13,25
1988	8	13,25	0,03	0,54	0	0,3	12,44
1988	9	12,44	0	0,6	0	0,3	11,53
1988	10	11,53	0	0,58	0	0,3	10,64
1988	11	10,64	0	0,55	0	0,3	9,79
1988	12	9,79	0	0,49	0	0,3	9
1989	1	9	0	0,35	0	0,3	8,34
1989	2	8,34	0	0,27	0	0,3	7,77
1989	3	7,77	2,26	0,2	0	0,3	9,53
1989	4	9,53	30,5	0,24	25,86	0,3	13,63
1989	5	13,63	14,33	0,28	13,74	0,3	13,63
1989	6	13,63	0,48	0,33	0	0,3	13,47
1989	7	13,47	0	0,45	0	0,3	12,73
1989	8	12,73	0	0,52	0	0,3	11,9
1989	9	11,9	0	0,59	0	0,3	11,01
1989	10	11,01	0	0,57	0	0,3	10,14
1989	11	10,14	0	0,53	0	0,3	9,3
1989	12	9,3	0,18	0,47	0	0,3	8,7
1990	1	8,7	0,04	0,35	0	0,3	8,1
1990	2	8,1	0,65	0,27	0	0,3	8,18
1990	3	8,18	1,33	0,2	0	0,3	9
1990	4	9	0,99	0,23	0	0,3	9,46
1990	5	9,46	2,55	0,23	0	0,3	11,48
1990	6	11,48	0,09	0,3	0	0,3	10,96
1990	7	10,96	0	0,4	0	0,3	10,25
1990	8	10,25	0	0,47	0	0,3	9,48
1990	9	9,48	0	0,52	0	0,3	8,66
1990	10	8,66	0	0,5	0	0,3	7,86
1990	11	7,86	0	0,46	0	0,3	7,1
1990	12	7,1	0	0,4	0	0,3	6,4
1991	1	6,4	0	0,28	0	0,3	5,81
1991	2	5,81	2,68	0,21	0	0,3	7,98
1991	3	7,98	1,44	0,2	0	0,3	8,92
1991	4	8,92	2,68	0,23	0	0,3	11,06
1991	5	11,06	0,91	0,25	0	0,3	11,42

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1991	6	11,42	0,09	0,3	0	0,3	10,9
1991	7	10,9	0	0,4	0	0,3	10,2
1991	8	10,2	0	0,47	0	0,3	9,43
1991	9	9,43	0	0,51	0	0,3	8,61
1991	10	8,61	0	0,49	0	0,3	7,82
1991	11	7,82	0	0,46	0	0,3	7,06
1991	12	7,06	0	0,4	0	0,3	6,36
1992	1	6,36	3,82	0,28	0	0,3	9,59
1992	2	9,59	1,08	0,29	0	0,3	10,07
1992	3	10,07	0,39	0,23	0	0,3	9,93
1992	4	9,93	1,13	0,24	0	0,3	10,51
1992	5	10,51	0,02	0,25	0	0,3	9,97
1992	6	9,97	0	0,28	0	0,3	9,39
1992	7	9,39	0	0,37	0	0,3	8,72
1992	8	8,72	0	0,42	0	0,3	7,99
1992	9	7,99	0	0,47	0	0,3	7,22
1992	10	7,22	0	0,44	0	0,3	6,48
1992	11	6,48	0	0,4	0	0,3	5,77
1992	12	5,77	0	0,35	0	0,3	5,12
1993	1	5,12	0	0,24	0	0,3	4,58
1993	2	4,58	0,21	0,18	0	0,3	4,31
1993	3	4,31	0,03	0,13	0	0,3	3,9
1993	4	3,9	0,01	0,13	0	0,3	3,48
1993	5	3,48	0	0,11	0	0,3	3,07
1993	6	3,07	0	0,12	0	0,3	2,65
1993	7	2,65	0	0,14	0	0,3	2,2
1993	8	2,2	0	0,15	0	0,3	1,75
1993	9	1,75	0	0,14	0	0,3	1,31
1993	10	1,31	0	0,11	0	0,3	0,9
1993	11	0,9	0	0,07	0	0,3	0,52
1993	12	0,52	0	0,04	0	0,3	0,18
1994	1	0,18	1,53	0,01	0	0,3	1,39
1994	2	1,39	0,16	0,06	0	0,3	1,19
1994	3	1,19	3,61	0,04	0	0,3	4,45
1994	4	4,45	2,26	0,14	0	0,3	6,27
1994	5	6,27	1,37	0,18	0	0,3	7,16
1994	6	7,16	0,22	0,23	0	0,3	6,85
1994	7	6,85	0,2	0,3	0	0,3	6,45
1994	8	6,45	0	0,35	0	0,3	5,8
1994	9	5,8	0	0,37	0	0,3	5,12
1994	10	5,12	0	0,35	0	0,3	4,47
1994	11	4,47	0	0,31	0	0,3	3,86
1994	12	3,86	0	0,25	0	0,3	3,3
1995	1	3,3	0	0,17	0	0,3	2,83
1995	2	2,83	0,23	0,12	0	0,3	2,63
1995	3	2,63	1,17	0,09	0	0,3	3,41
1995	4	3,41	12,18	0,11	1,55	0,3	13,63
1995	5	13,63	2,99	0,28	2,4	0,3	13,63
1995	6	13,63	0,65	0,33	0,02	0,3	13,63
1995	7	13,63	0,04	0,45	0	0,3	12,92
1995	8	12,92	0	0,53	0	0,3	12,09
1995	9	12,09	0	0,59	0	0,3	11,2
1995	10	11,2	0	0,58	0	0,3	10,32
1995	11	10,32	0	0,54	0	0,3	9,47
1995	12	9,47	0	0,48	0	0,3	8,69
1996	1	8,69	0	0,35	0	0,3	8,04
1996	2	8,04	0	0,26	0	0,3	7,48

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
1996	3	7,48	11,22	0,19	4,57	0,3	13,63
1996	4	13,63	28,32	0,29	27,73	0,3	13,63
1996	5	13,63	5,45	0,28	4,86	0,3	13,63
1996	6	13,63	0,25	0,33	0	0,3	13,25
1996	7	13,25	0,02	0,44	0	0,3	12,52
1996	8	12,52	0	0,52	0	0,3	11,7
1996	9	11,7	0	0,58	0	0,3	10,81
1996	10	10,81	0	0,56	0	0,3	9,94
1996	11	9,94	0	0,53	0	0,3	9,11
1996	12	9,11	0	0,47	0	0,3	8,34
1997	1	8,34	0,07	0,34	0	0,3	7,77
1997	2	7,77	0	0,26	0	0,3	7,21
1997	3	7,21	1,46	0,19	0	0,3	8,19
1997	4	8,19	3,09	0,22	0	0,3	10,76
1997	5	10,76	0,46	0,25	0	0,3	10,66
1997	6	10,66	0,01	0,29	0	0,3	10,08
1997	7	10,08	0	0,38	0	0,3	9,4
1997	8	9,4	0	0,44	0	0,3	8,65
1997	9	8,65	0	0,49	0	0,3	7,86
1997	10	7,86	0	0,47	0	0,3	7,09
1997	11	7,09	0	0,43	0	0,3	6,35
1997	12	6,35	0	0,37	0	0,3	5,68
1998	1	5,68	0,12	0,26	0	0,3	5,24
1998	2	5,24	0,01	0,2	0	0,3	4,75
1998	3	4,75	0	0,14	0	0,3	4,31
1998	4	4,31	0,63	0,14	0	0,3	4,5
1998	5	4,5	0,04	0,14	0	0,3	4,09
1998	6	4,09	0	0,15	0	0,3	3,63
1998	7	3,63	0	0,19	0	0,3	3,15
1998	8	3,15	0	0,2	0	0,3	2,64
1998	9	2,64	0	0,2	0	0,3	2,14
1998	10	2,14	0	0,17	0	0,3	1,67
1998	11	1,67	0	0,13	0	0,3	1,23
1998	12	1,23	0	0,09	0	0,3	0,84
1999	1	0,84	0	0,05	0	0,3	0,48
1999	2	0,48	0	0,02	0	0,3	0,16
1999	3	0,16	1,83	0,01	0	0,3	1,67
1999	4	1,67	0,16	0,06	0	0,3	1,47
1999	5	1,47	0,9	0,05	0	0,3	2,02
1999	6	2,02	0,21	0,08	0	0,3	1,84
1999	7	1,84	0	0,1	0	0,3	1,43
1999	8	1,43	0	0,1	0	0,3	1,03
1999	9	1,03	0	0,08	0	0,3	0,64
1999	10	0,64	0	0,05	0	0,3	0,28
1999	11	0,28	0	0,02	0	0,26	0
1999	12	0	0	0	0	0	0
2000	1	0	0,1	0	0	0,1	0
2000	2	0	4,81	0	0	0,3	4,5
2000	3	4,5	6,87	0,13	0	0,3	10,94
2000	4	10,94	16,04	0,26	12,79	0,3	13,63
2000	5	13,63	0,38	0,28	0	0,3	13,42
2000	6	13,42	0,05	0,33	0	0,3	12,84
2000	7	12,84	0	0,43	0	0,3	12,1
2000	8	12,1	0	0,51	0	0,3	11,29
2000	9	11,29	0	0,57	0	0,3	10,41
2000	10	10,41	0	0,55	0	0,3	9,56
2000	11	9,56	0	0,52	0	0,3	8,74

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
2000	12	8,74	0	0,46	0	0,3	7,98
2001	1	7,98	0	0,33	0	0,3	7,35
2001	2	7,35	0,01	0,25	0	0,3	6,8
2001	3	6,8	0,79	0,18	0	0,3	7,11
2001	4	7,11	8,46	0,2	1,44	0,3	13,63
2001	5	13,63	0,31	0,28	0	0,3	13,35
2001	6	13,35	0,01	0,33	0	0,3	12,73
2001	7	12,73	0	0,43	0	0,3	11,99
2001	8	11,99	0	0,51	0	0,3	11,18
2001	9	11,18	0	0,57	0	0,3	10,31
2001	10	10,31	0	0,55	0	0,3	9,46
2001	11	9,46	0	0,51	0	0,3	8,64
2001	12	8,64	0	0,45	0	0,3	7,88
2002	1	7,88	5,46	0,33	0	0,3	12,71
2002	2	12,71	0,24	0,34	0	0,3	12,31
2002	3	12,31	0,23	0,25	0	0,3	11,97
2002	4	11,97	3,69	0,27	1,46	0,3	13,63
2002	5	13,63	0,92	0,28	0,33	0,3	13,63
2002	6	13,63	0,03	0,33	0	0,3	13,03
2002	7	13,03	0	0,44	0	0,3	12,29
2002	8	12,29	0	0,51	0	0,3	11,47
2002	9	11,47	0	0,57	0	0,3	10,59
2002	10	10,59	0	0,56	0	0,3	9,73
2002	11	9,73	0	0,52	0	0,3	8,9
2002	12	8,9	0	0,46	0	0,3	8,14
2003	1	8,14	0	0,33	0	0,3	7,5
2003	2	7,5	2,5	0,25	0	0,3	9,45
2003	3	9,45	20,8	0,22	16,1	0,3	13,63
2003	4	13,63	14,03	0,29	13,44	0,3	13,63
2003	5	13,63	0,37	0,28	0	0,3	13,41
2003	6	13,41	0,02	0,33	0	0,3	12,8
2003	7	12,8	0	0,43	0	0,3	12,06
2003	8	12,06	0	0,51	0	0,3	11,25
2003	9	11,25	0	0,57	0	0,3	10,37
2003	10	10,37	0	0,55	0	0,3	9,52
2003	11	9,52	0	0,51	0	0,3	8,7
2003	12	8,7	0	0,45	0	0,3	7,94
2004	1	7,94	0,45	0,33	0	0,3	7,77
2004	2	7,77	1,31	0,26	0	0,3	8,51
2004	3	8,51	6,07	0,21	0,44	0,3	13,63
2004	4	13,63	8,88	0,29	8,29	0,3	13,63
2004	5	13,63	3,74	0,28	3,16	0,3	13,63
2004	6	13,63	0,46	0,33	0	0,3	13,46
2004	7	13,46	0,17	0,45	0	0,3	12,88
2004	8	12,88	0,04	0,53	0	0,3	12,08
2004	9	12,08	0	0,59	0	0,3	11,19
2004	10	11,19	0,01	0,58	0	0,3	10,32
2004	11	10,32	0,01	0,54	0	0,3	9,49
2004	12	9,49	0,04	0,48	0	0,3	8,75
2005	1	8,75	0	0,35	0	0,3	8,1
2005	2	8,1	0	0,27	0	0,3	7,53
2005	3	7,53	9,83	0,19	3,24	0,3	13,63
2005	4	13,63	2,27	0,29	1,68	0,3	13,63
2005	5	13,63	1,65	0,28	1,07	0,3	13,63
2005	6	13,63	0,57	0,33	0	0,3	13,56
2005	7	13,56	0	0,45	0	0,3	12,81
2005	8	12,81	0	0,53	0	0,3	11,98

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
2005	9	11,98	0	0,59	0	0,3	11,09
2005	10	11,09	0	0,57	0	0,3	10,21
2005	11	10,21	0	0,54	0	0,3	9,37
2005	12	9,37	0	0,48	0	0,3	8,6
2006	1	8,6	0	0,34	0	0,3	7,95
2006	2	7,95	0	0,26	0	0,3	7,38
2006	3	7,38	3,65	0,19	0	0,3	10,54
2006	4	10,54	7,46	0,25	3,82	0,3	13,63
2006	5	13,63	4,61	0,28	4,02	0,3	13,63
2006	6	13,63	0,07	0,33	0	0,3	13,06
2006	7	13,06	0	0,44	0	0,3	12,32
2006	8	12,32	0	0,52	0	0,3	11,5
2006	9	11,5	0	0,58	0	0,3	10,62
2006	10	10,62	0	0,56	0	0,3	9,76
2006	11	9,76	0	0,52	0	0,3	8,94
2006	12	8,94	0	0,46	0	0,3	8,17
2007	1	8,17	0	0,33	0	0,3	7,53
2007	2	7,53	0	0,25	0	0,3	6,98
2007	3	6,98	0,07	0,18	0	0,3	6,56
2007	4	6,56	0,8	0,19	0	0,3	6,87
2007	5	6,87	0,32	0,19	0	0,3	6,7
2007	6	6,7	0	0,22	0	0,3	6,17
2007	7	6,17	0	0,28	0	0,3	5,59
2007	8	5,59	0	0,32	0	0,3	4,97
2007	9	4,97	0	0,33	0	0,3	4,34
2007	10	4,34	0	0,31	0	0,3	3,73
2007	11	3,73	0	0,26	0	0,3	3,16
2007	12	3,16	0	0,22	0	0,3	2,64
2008	1	2,64	0	0,14	0	0,3	2,2
2008	2	2,2	0	0,1	0	0,3	1,8
2008	3	1,8	24,97	0,06	12,77	0,3	13,63
2008	4	13,63	43,42	0,29	42,83	0,3	13,63
2008	5	13,63	1,1	0,28	0,52	0,3	13,63
2008	6	13,63	0	0,33	0	0,3	12,99
2008	7	12,99	0	0,44	0	0,3	12,25
2008	8	12,25	0	0,51	0	0,3	11,44
2008	9	11,44	0	0,57	0	0,3	10,56
2008	10	10,56	0	0,56	0	0,3	9,7
2008	11	9,7	0	0,52	0	0,3	8,88
2008	12	8,88	0	0,46	0	0,3	8,11
2009	1	8,11	0,45	0,33	0	0,3	7,93
2009	2	7,93	1,31	0,26	0	0,3	8,67
2009	3	8,67	6,07	0,21	0,6	0,3	13,63
2009	4	13,63	8,88	0,29	8,29	0,3	13,63
2009	5	13,63	3,74	0,28	3,16	0,3	13,63
2009	6	13,63	0,46	0,33	0	0,3	13,46
2009	7	13,46	0,17	0,45	0	0,3	12,88
2009	8	12,88	0,04	0,53	0	0,3	12,08
2009	9	12,08	0	0,59	0	0,3	11,19
2009	10	11,19	0,01	0,58	0	0,3	10,32
2009	11	10,32	0,01	0,54	0	0,3	9,49
2009	12	9,49	0,04	0,48	0	0,3	8,75
2010	1	8,75	0	0,35	0	0,3	8,1
2010	2	8,1	0	0,27	0	0,3	7,53
2010	3	7,53	0	0,19	0	0,3	7,03
2010	4	7,03	0,51	0,2	0	0,3	7,04
2010	5	7,04	0,18	0,19	0	0,3	6,72

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
2010	6	6,72	0	0,22	0	0,3	6,2
2010	7	6,2	0	0,28	0	0,3	5,62
2010	8	5,62	0	0,32	0	0,3	5
2010	9	5	0	0,34	0	0,3	4,36
2010	10	4,36	0	0,31	0	0,3	3,75
2010	11	3,75	0	0,27	0	0,3	3,18
2010	12	3,18	0,09	0,22	0	0,3	2,75
2011	1	2,75	4,72	0,15	0	0,3	7,02
2011	2	7,02	1,19	0,24	0	0,3	7,67
2011	3	7,67	7,52	0,19	1,06	0,3	13,63
2011	4	13,63	17,39	0,29	16,8	0,3	13,63
2011	5	13,63	14,99	0,28	14,4	0,3	13,63
2011	6	13,63	0	0,33	0	0,3	12,99
2011	7	12,99	0	0,44	0	0,3	12,25
2011	8	12,25	0,21	0,51	0	0,3	11,64
2011	9	11,64	0	0,58	0	0,3	10,76
2011	10	10,76	0,15	0,56	0	0,3	10,05
2011	11	10,05	0	0,53	0	0,3	9,21
2011	12	9,21	0	0,47	0	0,3	8,44
2012	1	8,44	0,03	0,34	0	0,3	7,83
2012	2	7,83	0,23	0,26	0	0,3	7,49
2012	3	7,49	0,36	0,19	0	0,3	7,35
2012	4	7,35	0,23	0,2	0	0,3	7,07
2012	5	7,07	0	0,19	0	0,3	6,58
2012	6	6,58	0	0,22	0	0,3	6,06
2012	7	6,06	0	0,28	0	0,3	5,49
2012	8	5,49	0	0,31	0	0,3	4,87
2012	9	4,87	0	0,33	0	0,3	4,24
2012	10	4,24	0	0,3	0	0,3	3,64
2012	11	3,64	0	0,26	0	0,3	3,07
2012	12	3,07	0	0,21	0	0,3	2,56
2013	1	2,56	0,03	0,14	0	0,3	2,15
2013	2	2,15	0,06	0,09	0	0,3	1,82
2013	3	1,82	0,16	0,06	0	0,3	1,61
2013	4	1,61	0,07	0,06	0	0,3	1,32
2013	5	1,32	0,82	0,05	0	0,3	1,79
2013	6	1,79	0,26	0,07	0	0,3	1,67
2013	7	1,67	0,16	0,09	0	0,3	1,43
2013	8	1,43	0	0,1	0	0,3	1,03
2013	9	1,03	0	0,08	0	0,3	0,64
2013	10	0,64	0	0,05	0	0,3	0,28
2013	11	0,28	0	0,02	0	0,26	0
2013	12	0	0	0	0	0	0
2014	1	0	0	0	0	0	0
2014	2	0	0	0	0	0	0
2014	3	0	0	0	0	0	0
2014	4	0	0,59	0	0	0,3	0,29
2014	5	0,29	0,09	0,01	0	0,3	0,06
2014	6	0,06	0	0	0	0,06	0
2014	7	0	0	0	0	0	0
2014	8	0	0	0	0	0	0
2014	9	0	0	0	0	0	0
2014	10	0	0	0	0	0	0
2014	11	0	0	0	0	0	0
2014	12	0	0	0	0	0	0
2015	1	0	0,01	0	0	0,01	0
2015	2	0	0,34	0	0	0,3	0,04

Ano	mes	Vi (hm3)	Aflu(hm3)	Evap(hm3)	Sangria(hm3)	Retirada(hm3)	Vf(hm3)
2015	3	0,04	1,92	0	0	0,3	1,65
2015	4	1,65	2	0,06	0	0,3	3,29
2015	5	3,29	0,37	0,11	0	0,3	3,25
2015	6	3,25	0,3	0,13	0	0,3	3,12
2015	7	3,12	0,12	0,16	0	0,3	2,78
2015	8	2,78	0	0,18	0	0,3	2,29
2015	9	2,29	0	0,18	0	0,3	1,82
2015	10	1,82	0	0,15	0	0,3	1,37
2015	11	1,37	0	0,11	0	0,3	0,95
2015	12	0,95	0	0,07	0	0,3	0,58
2016	1	0,58	0,97	0,03	0	0,3	1,21
2016	2	1,21	0,31	0,06	0	0,3	1,16
2016	3	1,16	1,66	0,04	0	0,3	2,48
2016	4	2,48	2,13	0,09	0	0,3	4,22
2016	5	4,22	0,36	0,13	0	0,3	4,15
2016	6	4,15	0,08	0,15	0	0,3	3,77
2016	7	3,77	0,01	0,19	0	0,3	3,29
2016	8	3,29	0	0,21	0	0,3	2,77
2016	9	2,77	0	0,21	0	0,3	2,26
2016	10	2,26	0	0,18	0	0,3	1,78
2016	11	1,78	0	0,14	0	0,3	1,34
2016	12	1,34	0,01	0,1	0	0,3	0,94
2017	1	0,94	0,12	0,05	0	0,3	0,71
2017	2	0,71	2,8	0,03	0	0,3	3,17
2017	3	3,17	9,28	0,1	0	0,3	12,04
2017	4	12,04	2,86	0,27	0,7	0,3	13,63
2017	5	13,63	2,83	0,28	2,25	0,3	13,63
2017	6	13,63	0,14	0,33	0	0,3	13,14
2017	7	13,14	0,09	0,44	0	0,3	12,48
2017	8	12,48	0	0,52	0	0,3	11,66
2017	9	11,66	0	0,58	0	0,3	10,78
2017	10	10,78	0	0,56	0	0,3	9,91
2017	11	9,91	0	0,53	0	0,3	9,08
2017	12	9,08	0	0,47	0	0,3	8,31

Dados de Entrada – Estudos de Cheia e o Amortecimento dos Vertedouros

- Curve Number=71
- Tipo do Vertedouro – Perfil Creager
- Tempo de Concentração = 23.5 horas
- Chuvas de projeto (milenar e decamilenar):

Duração da chuva (h)	Precipitação (mm)	
	Tr = 1000	Tr = 10000
1	89.94	105.43
2	118.29	140.51
3	134.87	161.02
4	146.63	175.58
5	155.76	186.87
6	163.22	196.10
7	169.52	203.90
8	174.98	210.66
9	179.80	216.62
10	184.11	221.95
11	188.00	226.77

Duração da chuva (h)	Precipitação (mm)	
	Tr = 1000	Tr = 10000
12	191.56	231.17
13	194.83	235.22
14	197.87	238.97
15	200.69	242.46
16	203.33	245.73
17	205.80	248.80
18	208.14	251.69
19	210.35	254.43
20	212.45	257.02
21	214.45	259.49
22	216.35	261.84
23	218.17	264.09
23.5	219.04	265.17
24	219.91	266.25

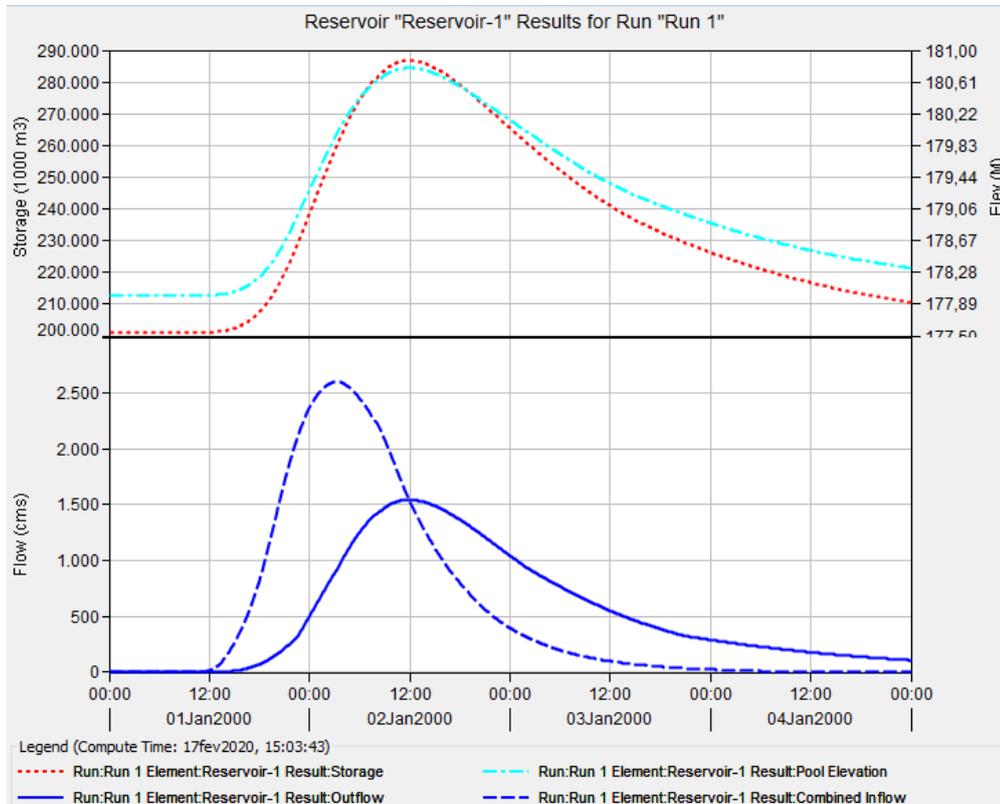
– Cota-Volume do reservatório:

Cota (m)	Área (km ²)	Volume acumulado (hm ³)
156	0.01	0.01
157	0.25	0.14
158	0.49	0.52
159	0.74	1.13
160	0.99	2.00
161	1.40	3.19
162	1.81	4.79
163	2.60	7.00
164	3.40	10.00
165	4.30	13.85
166	5.21	18.61
167	6.41	24.42
168	7.60	31.42
169	9.43	39.94
170	11.26	50.28
171	12.95	62.39
172	14.64	76.18
173	16.65	91.82
174	18.66	109.48
175	20.79	129.20
176	22.92	151.05
177	25.07	175.04
178	27.23	201.19
179	29.71	229.66
180	32.20	260.61
181	34.49	293.95
182	36.78	329.59
183	39.39	367.67
184	42.00	408.36
185	44.91	451.81
186	47.82	498.18

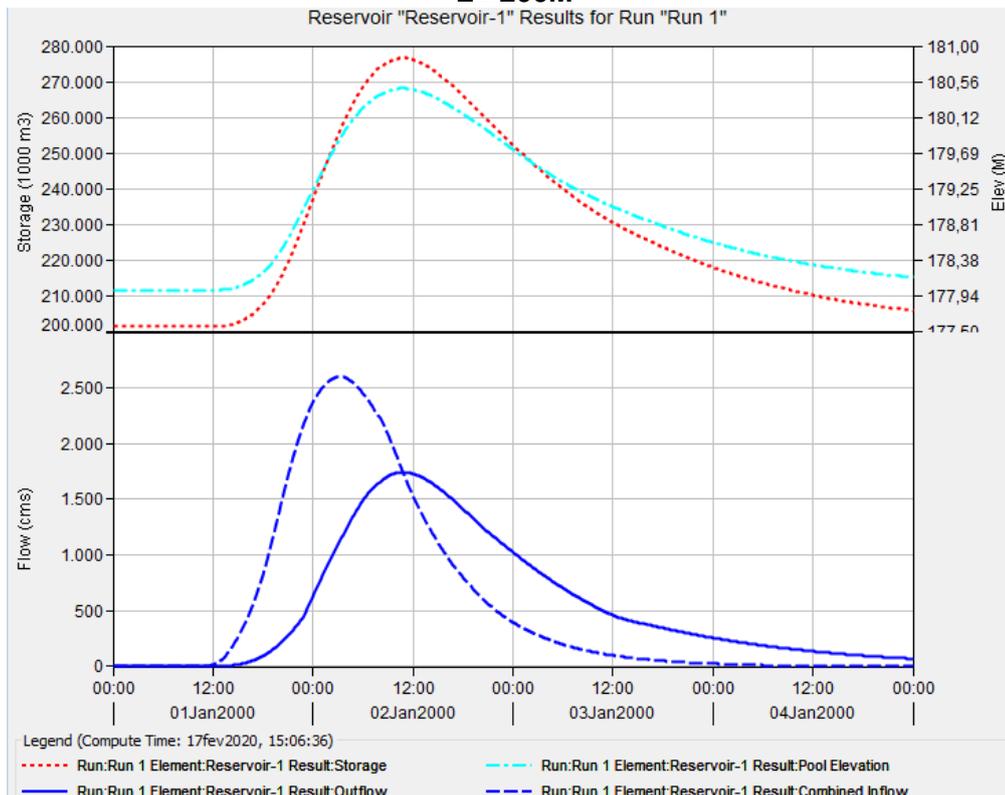
**Saídas – Cheia Afluente e Defluente, Variação de Nível e Amortecimento:
VERTEDOIRO H=178M**

Cheia milenar

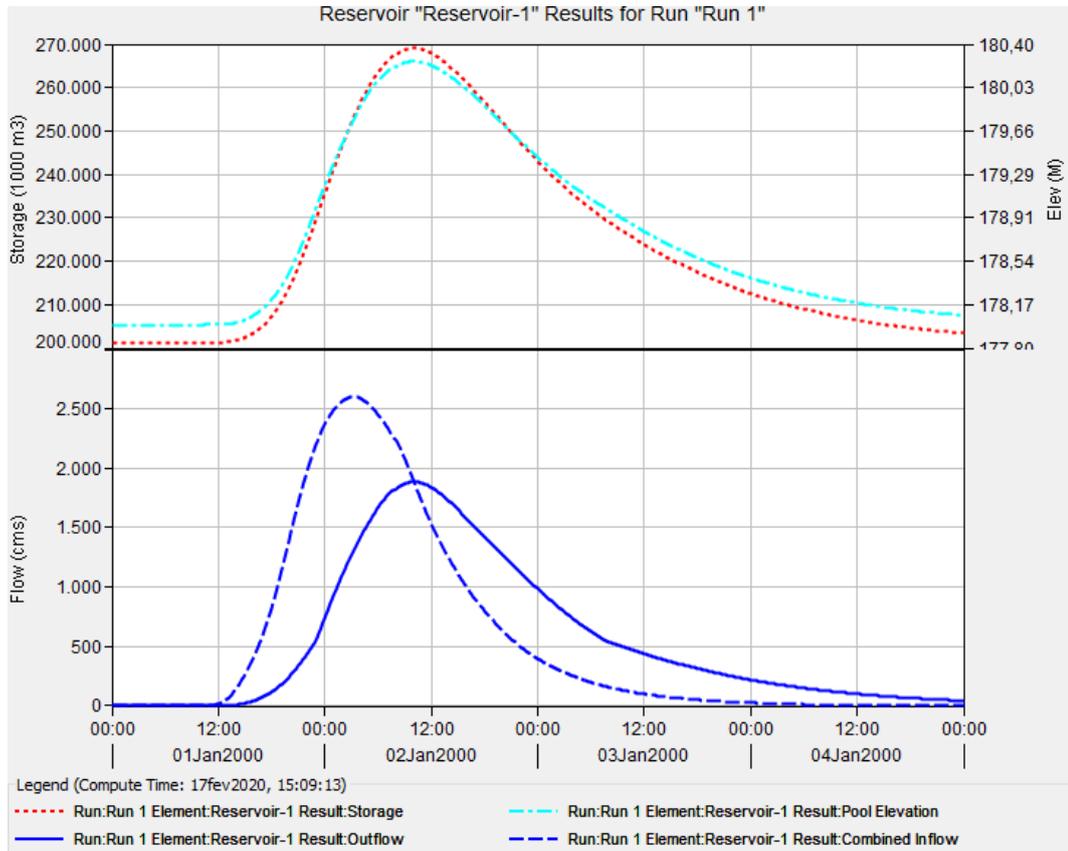
L= 150M



L= 200M

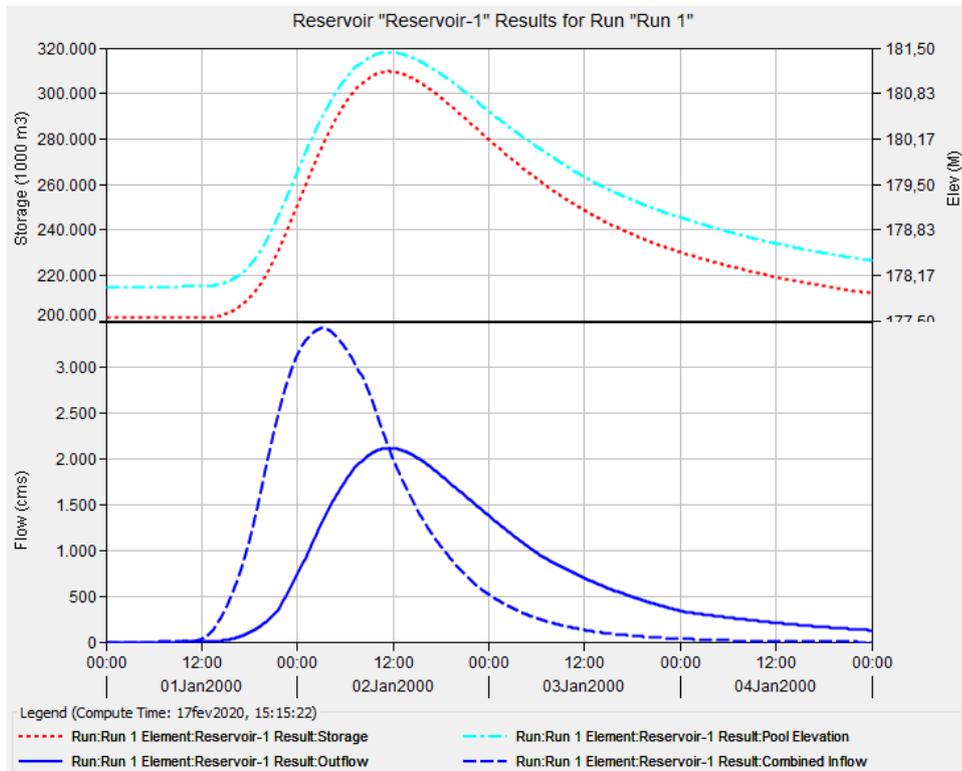


L= 250M

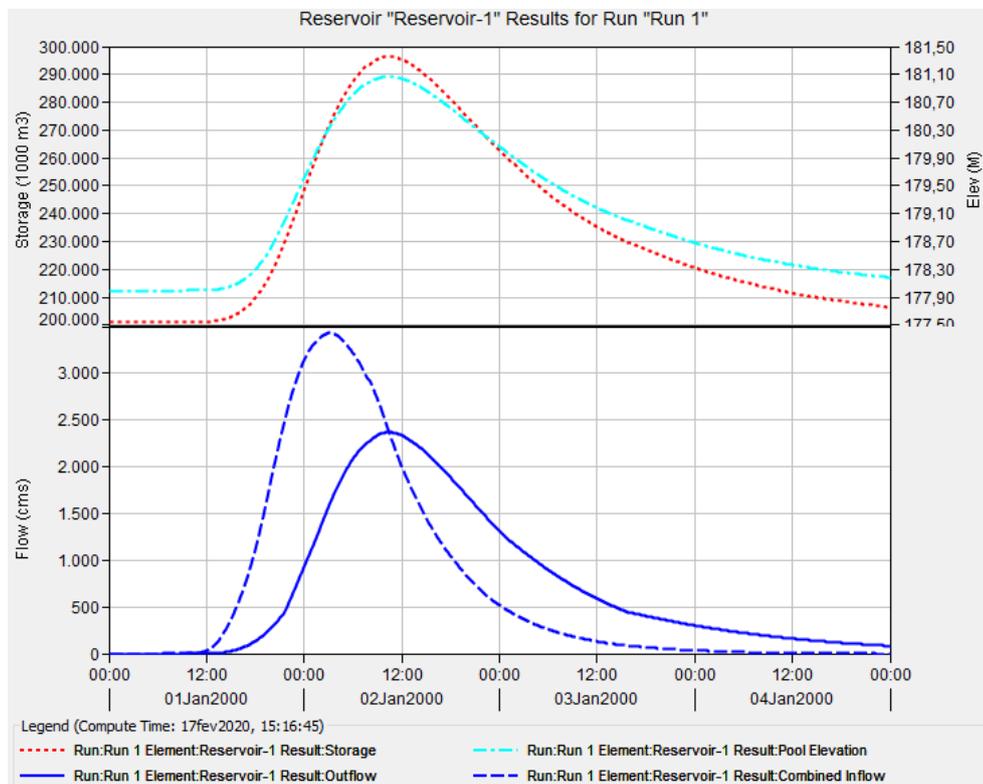


Cheia Decamilenar

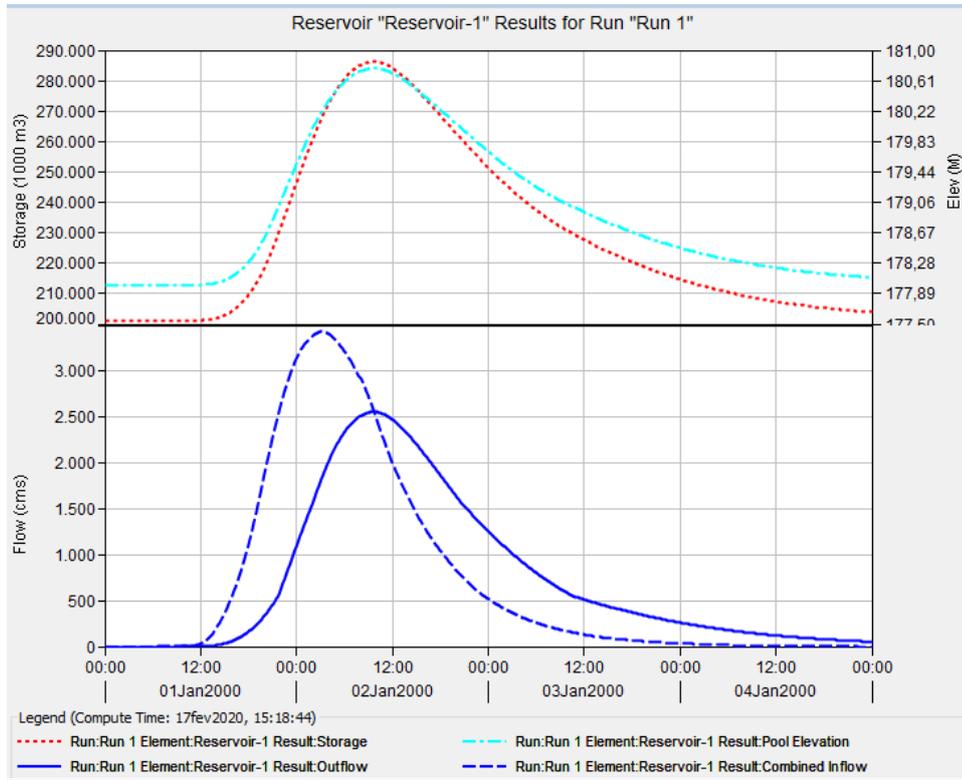
L= 150M



L= 200M



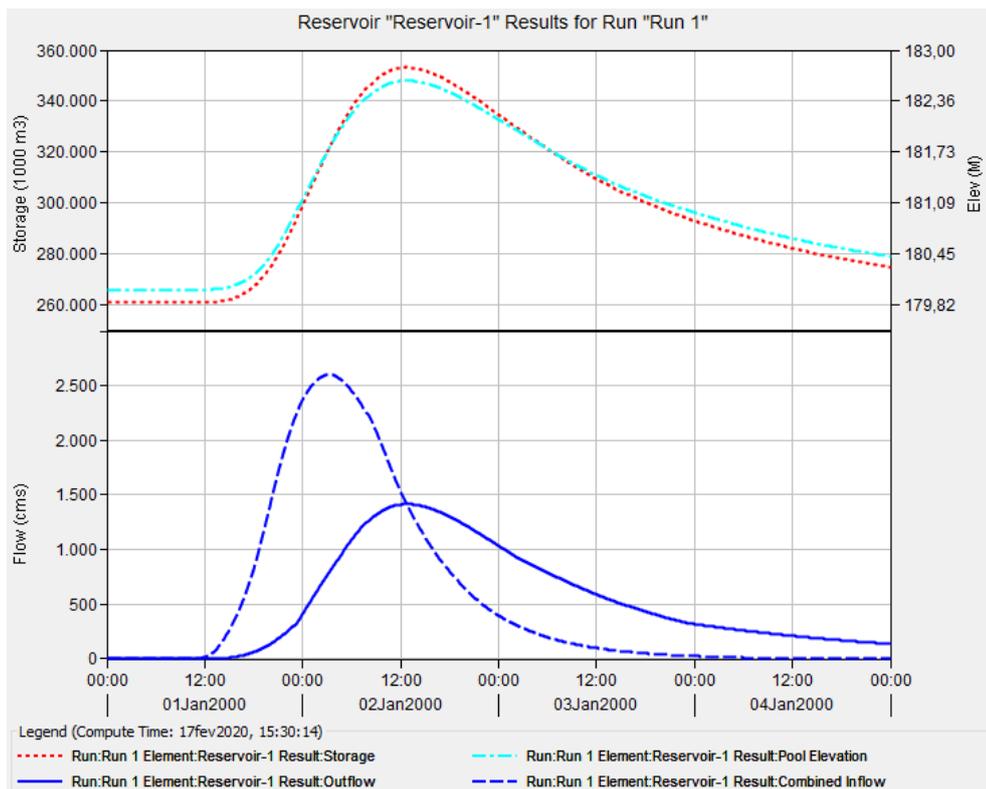
L= 250M



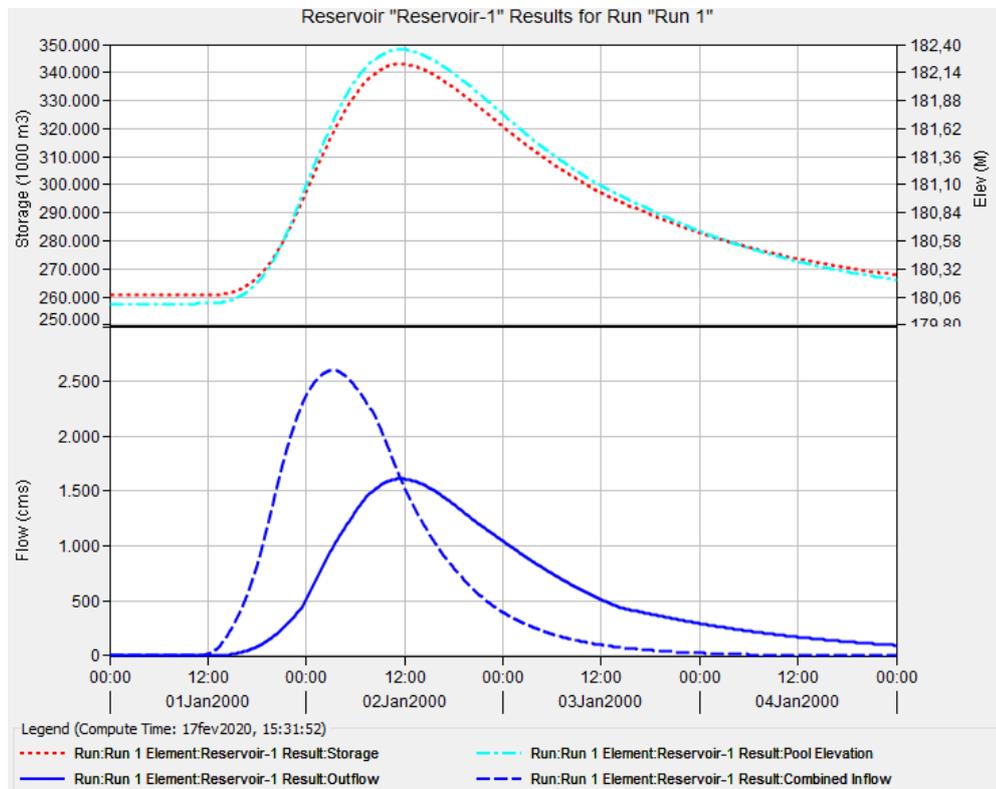
VERTEDOURO H = 180M

Cheia milenar

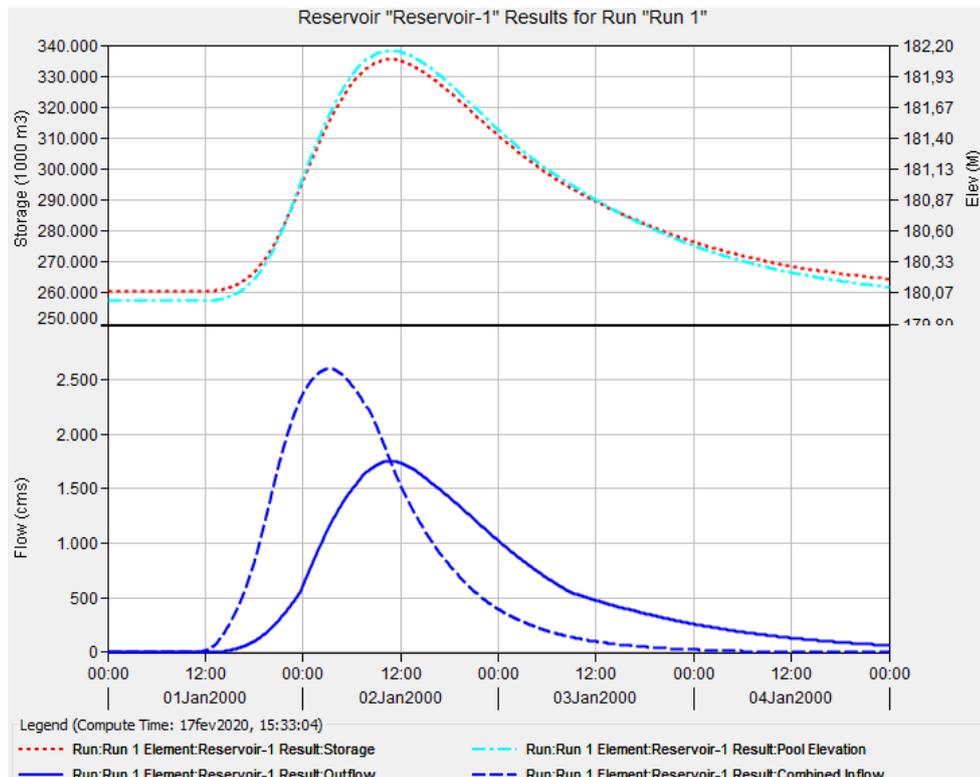
L= 150M



L = 200M

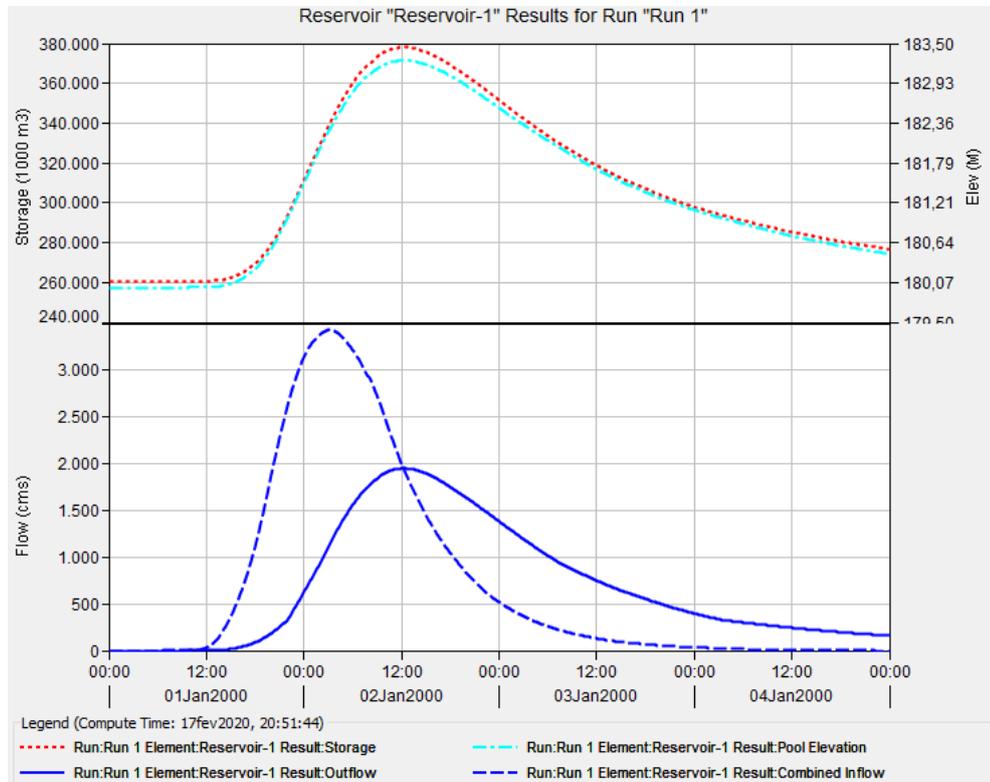


L = 250M

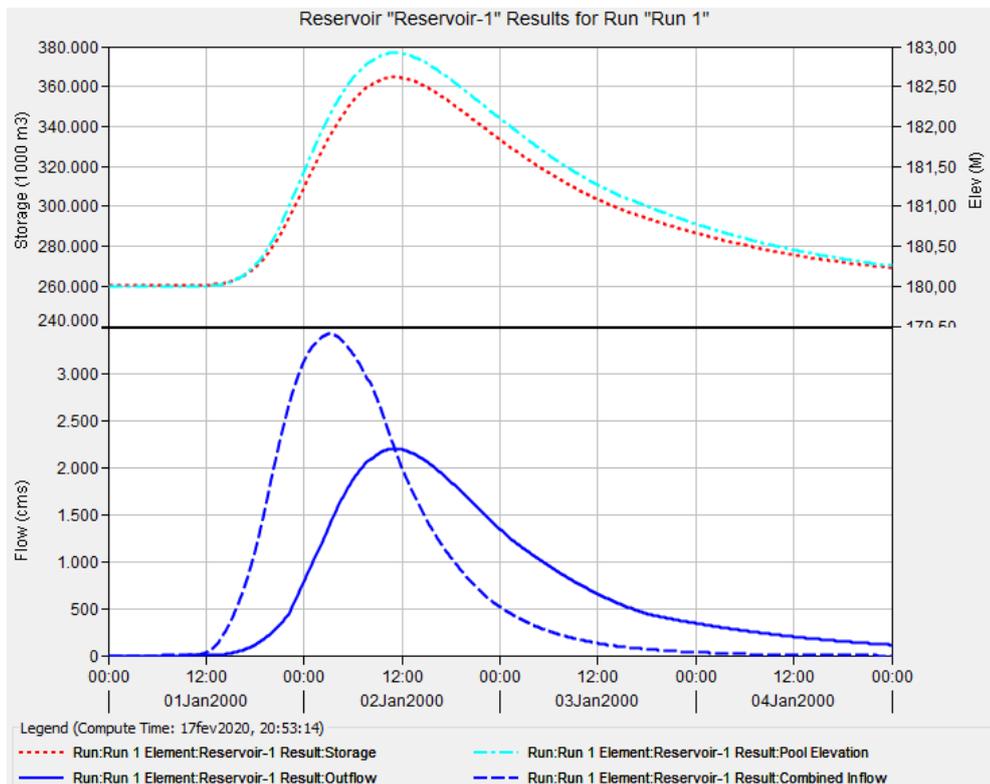


Cheia Decamilenar

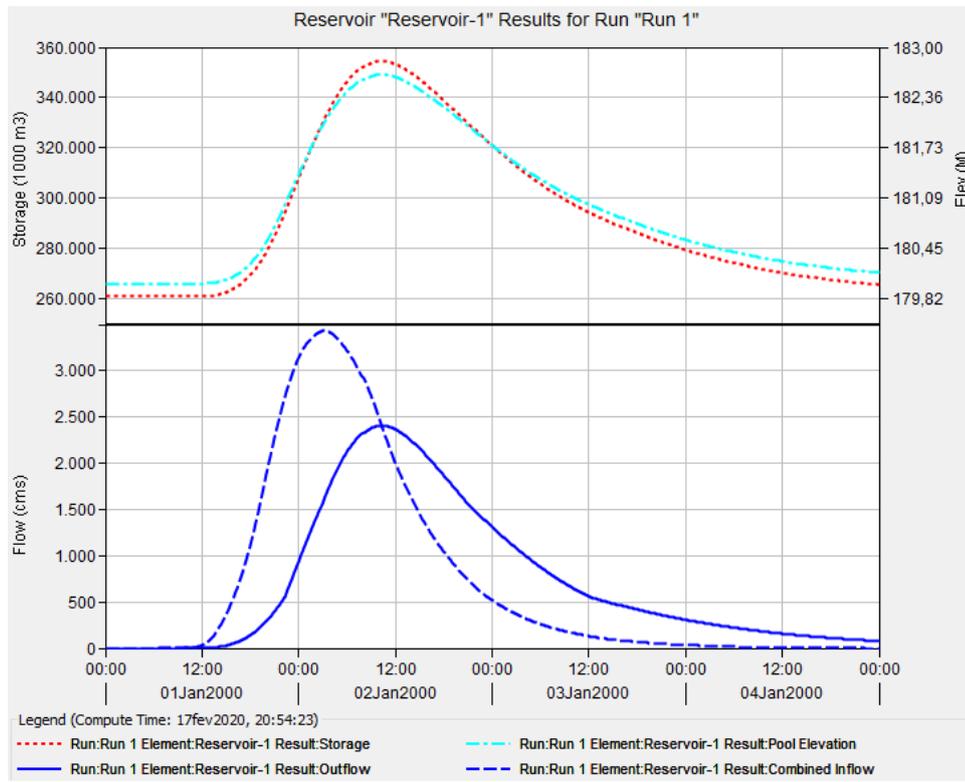
L = 150M



L = 200M



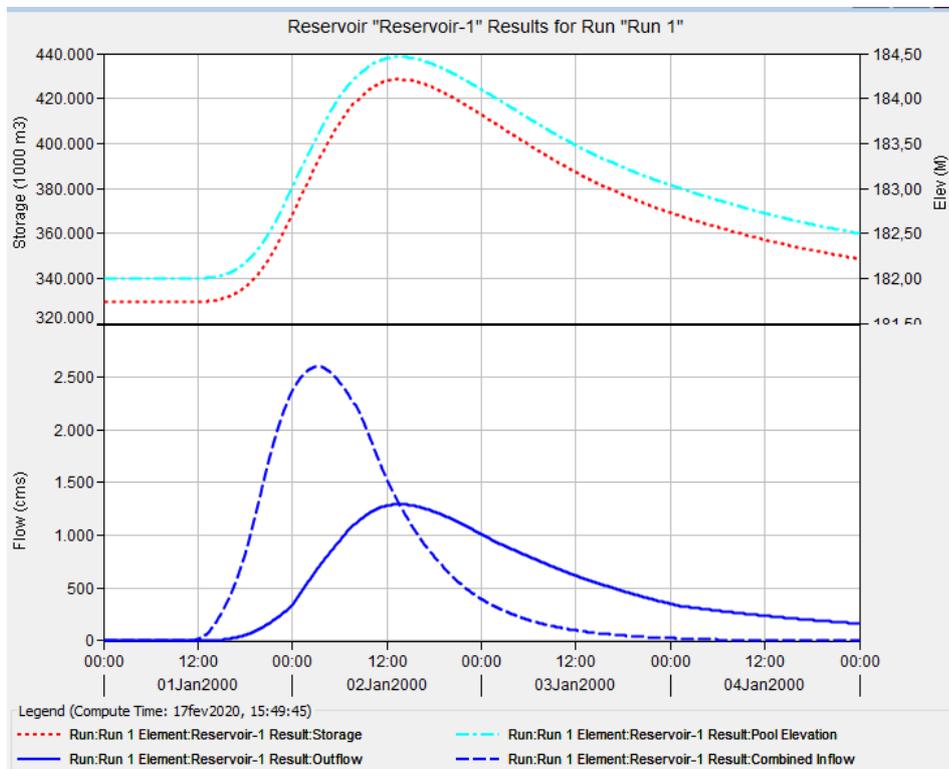
L = 250M



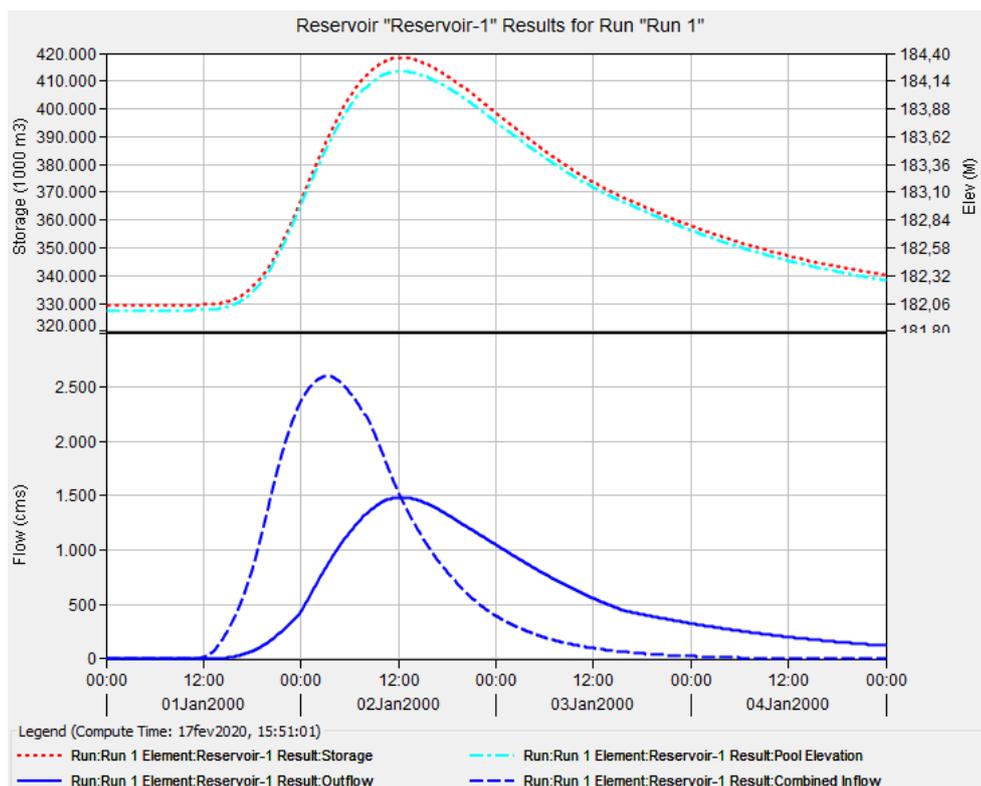
VERTEDOIRO H=182M

Cheia milenar

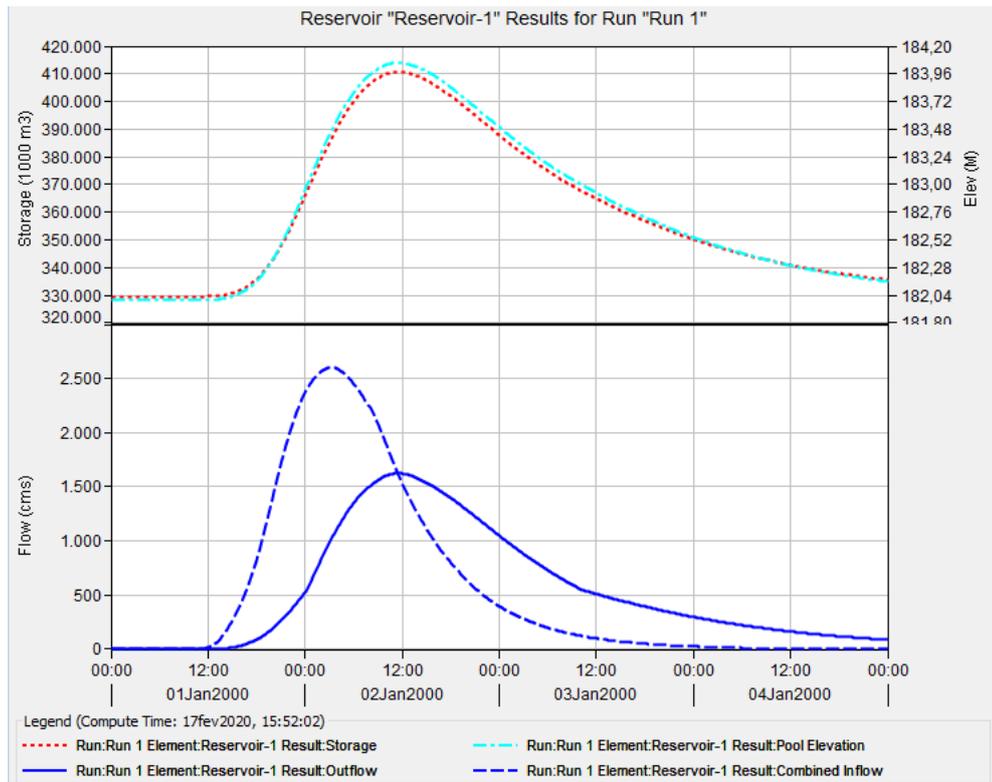
L = 150M



L = 200M

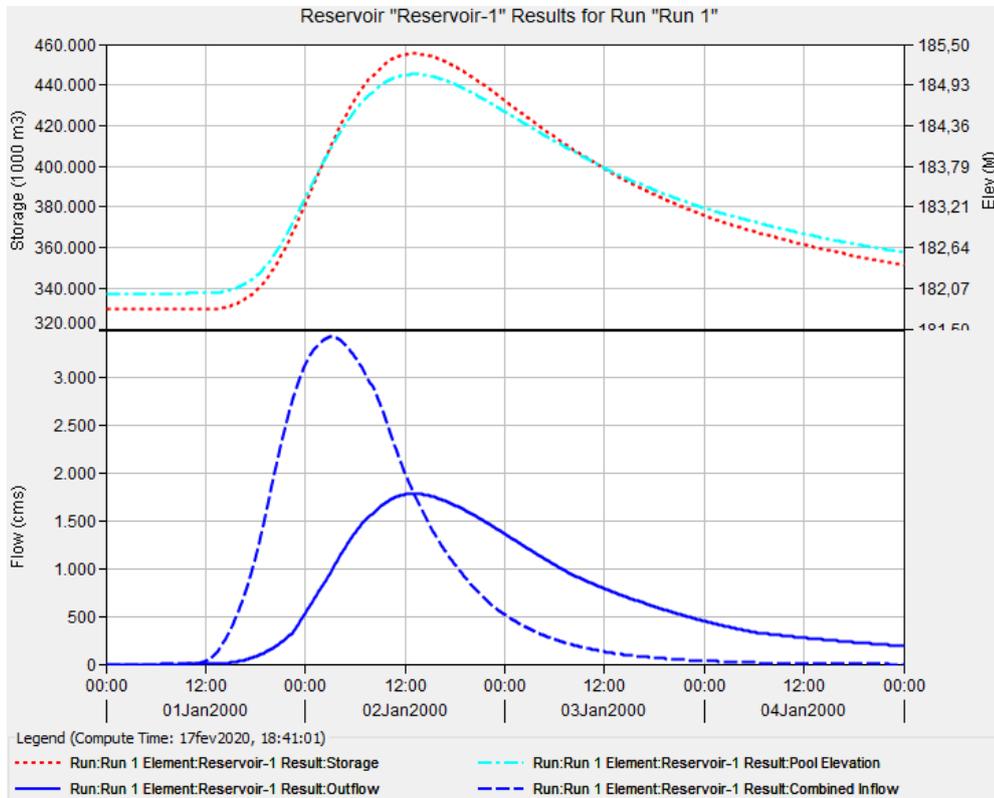


L = 250M

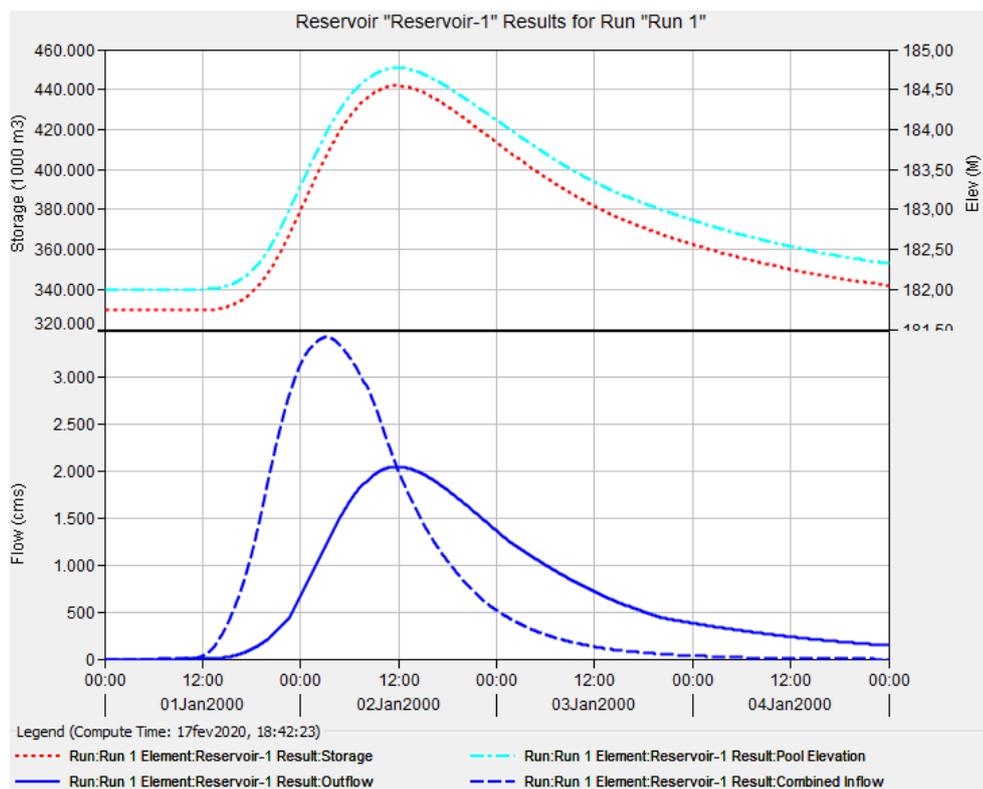


Cheia Decamilenar

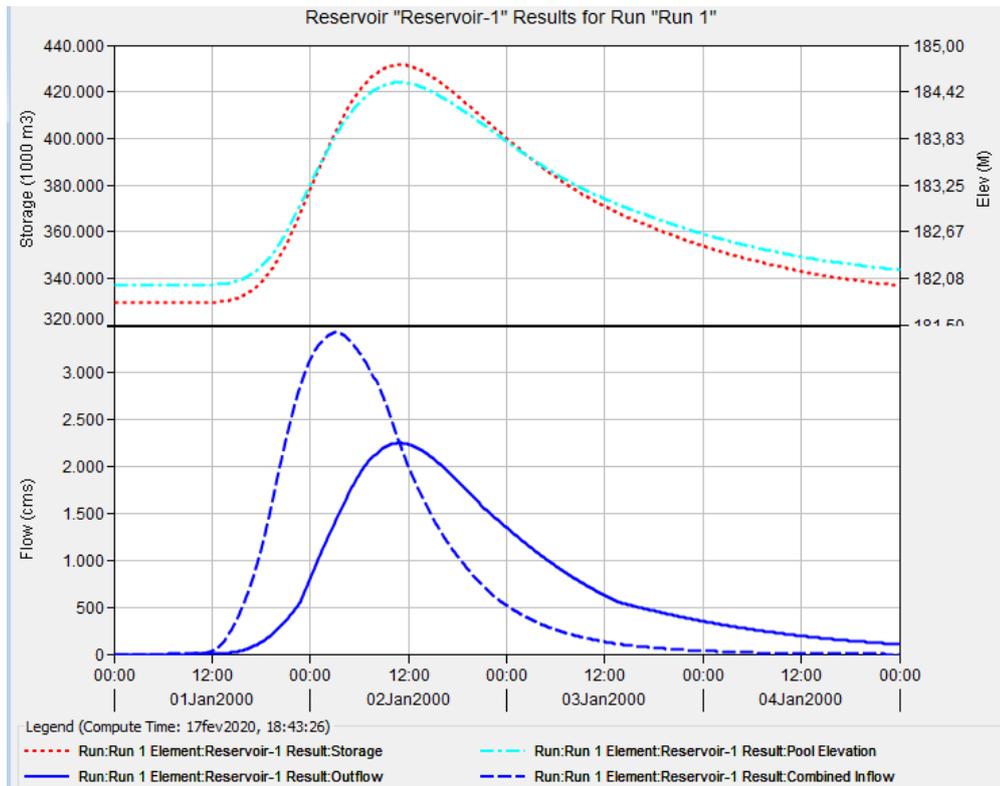
L = 150M



L = 200M



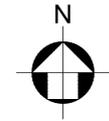
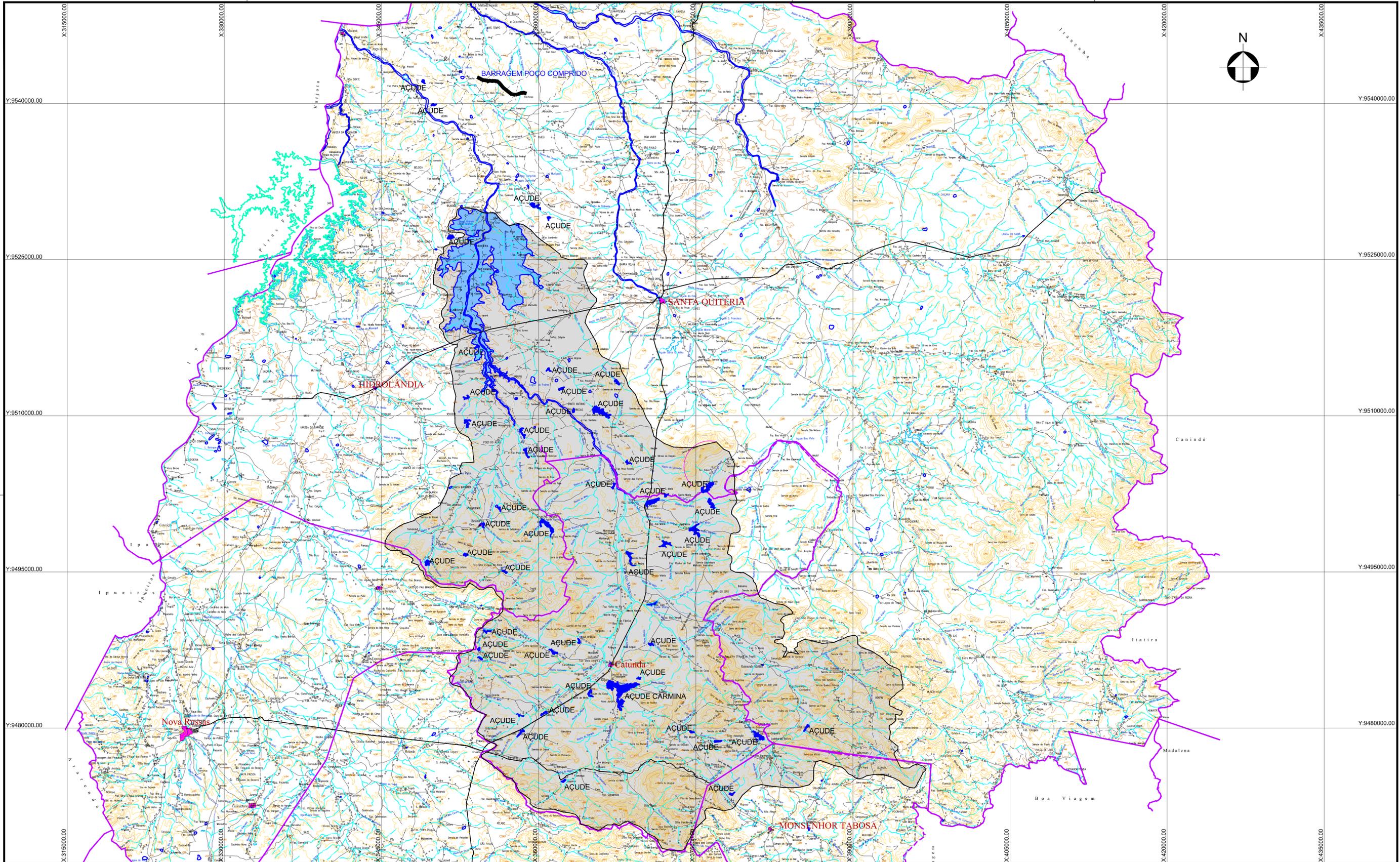
L = 250M



ANEXO 2 – PLANTAS

Planta 01 – Bacia Hidrográfica

Planta 02 – Bacia Hidráulica



LEGENDA :

	Área Urbana		Ponto Cotado
	Revestimento Sólido		Curso d'água intermitente
	Revestimento solto		Lago ou lagoa intermitente
	Caminho, Trilha		Acúdes
	Linha_transmissão_energia		Curva de Nível
	Limite Municipal		

NOTAS :

- 1) - MEDIDAS E ELEVAÇÕES EM METRO.
- 2) - ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA = 1461,28 Km²

ACÚDES COM ESPELHO D'ÁGUA > 5 HECTARES

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

CARTAS DO IPLANICE

REVISÕES			
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	MARÇO/2020	

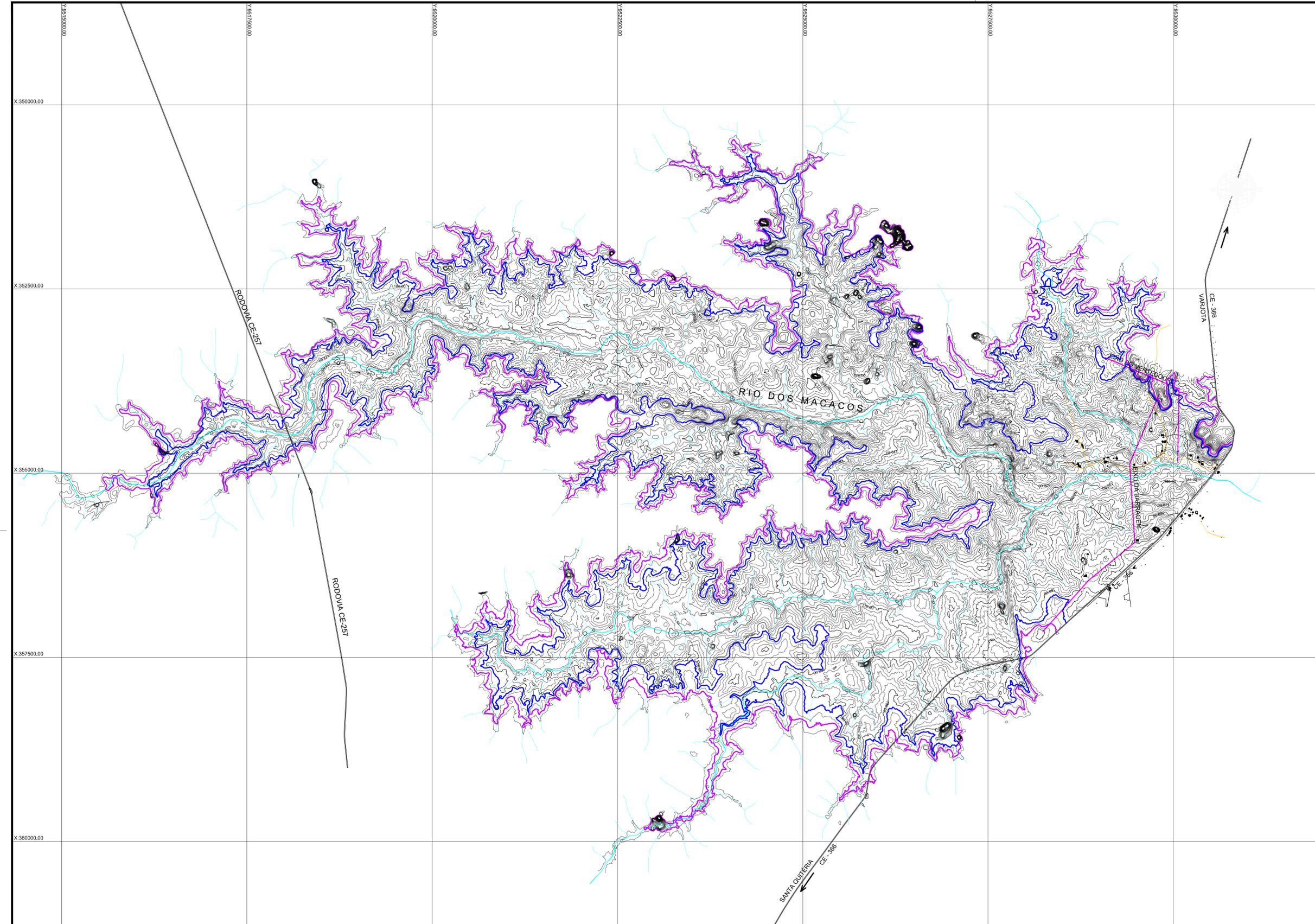
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

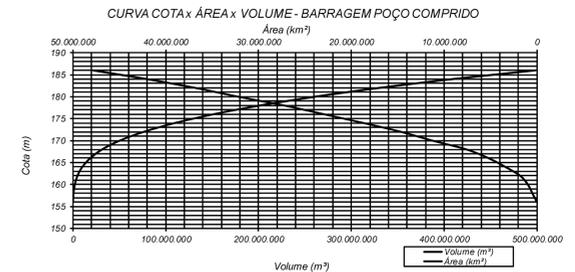
BARRAGEM POÇO COMPRIDO

ESTUDO HDROLÓGICO
BACIA HIDROGRÁFICA

Escala: 1:150.000
Data: FEV./2019
Nº Desenho: I-3-01/02-000



COTA ÁREA VOLUME DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO			
Cota (m)	Área		Volume Acumulado (m³)
	Km²	m²	
		0,000	
156	0,01	14.192.957	14.192.957
158	0,49	494.241.756	522.627.670
160	0,99	986.808.944	2.003.678.370
162	1,81	1.809.296.610	4.799.783.924
164	3,40	3.396.855.924	10.005.936.458
166	5,21	5.211.922.687	18.614.715.069
168	7,60	7.601.337.426	31.427.975.182
170	11,26	11.261.202.190	50.290.514.798
172	14,64	14.636.634.464	76.188.351.452
174	18,66	18.657.357.634	109.482.343.550
176	22,92	22.916.179.819	151.055.881.003
178	27,23	27.226.349.696	201.198.410.518
180	32,20	32.195.203.010	260.619.963.224
182	36,78	36.778.288.500	329.593.454.734
184	42,00	41.995.624.019	408.367.367.253
186	47,82	47.822.292.373	498.185.283.645



LEGENDA :

- EIXO DA BARRAGEM
- COTA 182,00 ALTERNATIVA DE SANGRIA

NOTAS :

DADOS DA IMAGEM:
 IMAGEM DO DIA 06 DE SETEMBRO DE 2019 ORIGEM: AIRBUS DEFENSE & SPACE
 LAYER: 05_PHR1B_201909151303589_FR1_PX_W041505_0917_01728
 LAYER: 05_PHR1B_201909151304360_FR1_PX_W041505_0917_01728
 DESENHO DE REFERÊNCIA I-2A-03/03-000

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES			
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
	EMISSÃO INICIAL	JAN./2020	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
 COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO
ESTUDO HIDROLÓGICO
BACIA HIDRÁULICA

Desenho: _____ Escala: 1:25.000
 Coordenação Técnica: _____ Data: JAN./2020
 Coordenação Geral: _____ Nº do Desenho: I-3-02/02-000
 Descrição do Desenho: _____



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos