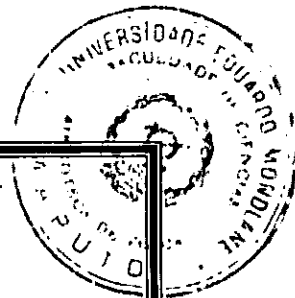


FIS. 22



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA

IMPACTO DA PRECIPITAÇÃO NAS CHEIAS DA BACIA DO UMBELUZI

AUTOR:

Iacamura, Felisberto Manuel Maria do Rosário

Maputo, Maio de 2003



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA:

IMPACTO DA PRECIPITAÇÃO NAS CHEIAS DA BACIA DO UMBELUZI

SUPERVISORES:

Engenheiro Domingos Mosquito P.

Engenheiro Custódio Vicente

Maputo, Maio de 2003

Resumo

A precipitação, é a água proveniente de vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob a forma de chuva, chuveiro, neve, granizo, saraiva (Retallack B.J.,1970:269).

Foram colectados dados de precipitações mensais, anuais e extremas observados e disponíveis Direcção Nacional de Águas (DNA), referentes ao período de 1950/2000 (50 anos) nas seguintes estações pluviométricas: Boane-Massaca II (P-3), Escola Agrária de Umbeluzi (P-6), Boane-ETA-Umbeluzi (P-7), Boane (P-302), Namaacha-Goba (P-315), Namaacha-Monte M'ponduine (P-924) e Pequenos Libombos (P-1169).Relativamente aos dados de caudais de cheia, foram extraídos na Monografia Hidrográfica da Bacia do rio Umbeluzi (Consultec,1992, Tabela 3.5.1(1/6 e 2/6)) para as estações hidrométricas de Goba (E10) e Boane (E8). A avaliação do impacto das precipitações nas cheias de 1999/2000, baseou-se nos valores diários da precipitação e caudais colectados na ARA SUL. Fazem parte integrante deste trabalho, análise das precipitações mensais, anuais e extremas bem como avaliação hidrológica de regime de caudais de cheias extremas recorrendo à análise estatística pelos métodos de **Gumbel e Pearson**. Em relação as cheias de 1999/2000, fez-se o estudo do impacto da precipitação –escoamento no troço Goba-Albufeira dos Pequenos Libombos.

As precipitações baixas registam-se nos meses de Julho e Agosto. Entre 70 a 79% da precipitação anual média ocorre no período húmido (Outubro –Março). No que diz respeito aos valores anuais médios da precipitação, conclui que as precipitações médias anuais na bacia variam de 530 a 700 milímetros. Os coeficientes de variação (Cv), determinados ao longo do rio Umbeluzi oscilam entre 0.27 a 0.31. Precipitações superiores à 140 milímetros, são críticas, podendo contribuir para a ocorrência de cheias na bacia, em função da sua distribuição espacial. As cheias de 1999/2000 são do tipo II. As cheias na bacia de Umbeluzi são causadas pela queda excessiva de chuvas de curta duração, resultado de anomalias da circulação da atmosfera, bem como ciclones tropicais Claude(1966), Demoina (1984) e Glória(2000).

Dedicatória

Aos meus progenitores,
Manuel Maria do Rosário Iacapurima
e Helena Muapassa.
À minha esposa Teresa Natura e
aos meus filhos Fidel e Felizarda Iacapurima.

Agradecimentos

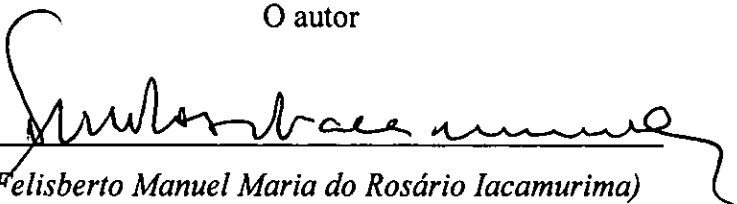
- Este trabalho é resultado do apoio moral, material e científico de todos que puderam dar ideias no sentido deste seja coroado de êxito.
- Aos Senhores. Engenheiros. Domingos Mosquito Patrício e Custódio Vicente, meus supervisores que sem fadiga dispuseram-se em dar o seu contributo no âmbito cultural e científico.
- Os meus sinceros agradecimentos se estendem a pessoas singulares, instituições e familiares.
- De igual modo é de salutar o apoio dos funcionários do Departamento de Física.
- A todos que foram meus docentes ao longo do curso, Dr. Mapossa, Dr. Utui, Dr. Hogueane, dr. Tembe, dr. Saíde, Dr. Chernysh, Dr. Burdeynyi, Dr. Rakov e muitos outros, que foram a fonte de inspiração no campo científico.
- As irmãs Franciscanas de ordem Nossa Senhora das Victórias, em particular a irmã Maria Nóbrega Spínola, professoras do ciclo preparatório, Mutuáli-Nampula.
- Aos meus colegas do curso Esmeralda, Tomas, Brizito, Macamo, Nhacuongue, Manhiça, Hipólito, Victor Melo, Elsídio, Buque, Cháile, Anacleto, Brito, Sawanguane, Mazuze, Higino, Rego, Mungaze e os demais pela ajuda e boa colaboração ao longo do curso.
- Ao senhor Janahir Abdul Abubacar pela sua hospitalidade durante o meu curso.
- Por último, uma imensa gratidão aos meus irmãos, Teófilo Iacaturima, Benedita Iacaturima, Olímpia Iacaturima, Horácio Iacaturima, Alda Iacaturima, Acácio Iacaturima e Regina Iacaturima, que deram um forte apoio.

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que os resultados deste trabalho são credíveis e as ideias nele expressas, são da minha inteira responsabilidade.

Maputo, Maio de 2003

O autor



(Felisberto Manuel Maria do Rosário Iacaturima)

Lista de símbolos e abreviaturas

mm	milímetros
Mm ³	Megametros cúbicos
m ³ /s	metros cúbicos por Segundo
INAM	Instituto nacional de Meteorologia
INGC	Instituto Nacional de Gestão de Calamidades
ARA -Sul	Administração Regional de Águas-Sul
DNA	Direcção Nacional de Águas
SW	Sudoeste
NE	Nordeste
Jan	Janeiro
Fev	Fevereiro
Mar	Março
Abr	Abril
Mai	Maio
Jun	Junho
Jul	Julho
Agos	Agosto
Set	Setembro

Índice

Capítulo I	
1 -Introdução.....	4
1.2 -Objectivos	5
1.2.1 -Objectivo geral:.....	5
1.2.2 -Objectivos específicos:.....	5
Capítulo II.....	6
Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 -Precipitação.....	6
2.2 -Formação da precipitação.....	7
2.2.1 -Classificação da precipitação.....	7
2.2.2 -Escoamento superficial e chuva excedente.....	10
Capítulo III.....	11
Material e Método.....	11
3.1 -Material.....	11
3.2.-Método.....	11
3.2.1 -Valores extremos (EVI).....	12
3.2.2 -Parâmetros de estimação	13
3.3.1 -Distribuição generalizada de valores extremos (GEV).....	13
3.3.2 -Os parâmetros de estimação são:	14
3.4 -Distribuição Pearson tipo III.....	14
3.5 -Log Pearson tipo III	15
3.6 -Medidas de dispersão	16
3.6.1- Teoria dos erros.....	16
3.6.2 -Estimação de intervalo de confiança	17
3.6.3 -Escoamento superficial e precipitação efectiva	17
3.7- Características Gerais da Bacia.....	18
3.7.1- Rede Pluviométrica e Hidrométrica	18
3.7.2 -Principais afluentes	21
3.7.3 -Comprimento dos Principais Rios.....	21
3.7.4 -Geologia.....	22
3.7.5 -Cobertura vegetal	22
3.8 -Classificação Climática e o Tempo.....	23
3.8.1 -Classificação Climática	23

3.8.2 -O tempo	23
3.9 -Estruturas Hidráulicas Existentes.....	24
3.10 -Cheias em Moçambique	24
3.10.1 -Conceito geral	24
3.10.2 -Características gerais das cheias na bacia do Umbeluzi.....	24
3.10.3 -Descrição de cada tipo de cheia	25
3.11 -Níveis de alerta na bacia do Umbeluzi.....	25
3.11.1 -Conceito geral	25
Capítulo IV	26
Resultados e Discussão.....	26
4.1 -Análise das precipitações mensais	26
4.1.1 -Análise das precipitações anuais.....	27
4.2 -Análise das precipitações extremas.....	28
4.3 -Análise estatística dos caudais extremos.....	31
4.4 -Avaliação da precipitação durante as cheias de 1999/2000	35
4.5 -Evolução das cheias de 1999/2000	37
4.5.1 -Análise do hietograma e hidrograma de cheia de 1999/2000.....	37
4.6 - Medidas de mitigação das cheias.....	39
Capítulo V.....	41
Conclusões e Recomendações:	41
5.1 -Conclusão:	41
5.2 -Recomendações.....	42
5.3 -Principais dificuldades	42
Capítulo VI	43
6.1 -Bibliografia	43
Tabelas	
Tabela 3.1 Estações Pluviométricas e Localização.....	11
Tabela 3.2 Estações Hidrométricas e Localização.....	11
Tabela 4.1 Distribuição da precipitação por períodos sazonais.....	27
Tabela 4.2 Precipitações anuais médias prováveis para vários períodos de retorno.....	28
Tabela 4.3 Erros das precipitações anuais médias prováveis	28
Tabela 4.4 Anomalias positivas da precipitação nas estações P-924 e P-1169	29
Tabela 4.5 Precipitações extremas associados a vários períodos de retorno.....	30

Tabela 4. 6 Erros das precipitações extremas prováveis associados a vários períodos de retorno	30
Tabela 4.7 Análise das anomalias em períodos sazonais nas estações hidrométricas	33
Tabela 4.8 Características dos Caudais de cheia em Goba.....	33
Tabela 4.9 Características dos Caudais de cheia em Boane	34
Tabela 4.10 Caudais extremos prováveis associados à vários períodos de retorno.....	34
Tabela 4.11 Erros dos caudais máximos prováveis associados à vários períodos de retorno	34
Tabela 4.12 Precipitação no período de Outubro - Dezembro de 1999	35
Tabela 4.13 Precipitação no período de Janeiro - Março de 2000.....	36
Tabela 4.14 Precipitação no período de Outubro de 1999-Março de 2000.....	36
Tabela 4.15 Precipitação-escoamento no troço Goba-Albufeira dos Pequenos Libombos (cheias de 2000).....	38
Tabela 4.16 População afectada.....	39

Figuras

Figura 3. 1 Mapa da bacia do Umbeluzi.....	20
Figura 4.1 Precipitações médias mensais da estação de Namaacha-Goba (P-315)	26
Figura 4. 2 Precipitações médias mensais da estação dos Pequenos Libombos (P-1169).....	27
Figura 4.3 Anomalia registada na estação Monte M'ponduine (P-924)	28
Figura 4.4 Anomalia registada na estação dos Pequenos Libombos (P-1169).....	29
Figura 4.5 Relação entre as precipitações máximas e as médias para diferentes períodos de retorno.	30
Figura 4. 6 Anomalias positivas de caudais extremos na estação hidrométrica	32
Figura 4.7 Anomalias positivas de caudais extremos na estação hidrométrica	32
Figura 4.8 Comparação das Precipitações acumuladas de Janeiro a Março e Outubro a Março	36

Capítulo I

1 - Introdução

A precipitação é um dos factores que condiciona a ocorrência de cheias associada à circulação da atmosfera e aos factores fisiológicos da superfície que condiciona o escoamento (Holtz, A.C., 1976, p.7). Portanto, as cheias são um dos problemas universais da hidrologia, cuja ocorrência em Moçambique está sobretudo ligada às precipitações extremas. O estudo das precipitações associadas à ocorrência das cheias numa certa região, permite a redução dos seus efeitos através de definição de medidas adequadas, nomeadamente, os sistemas de avisos de cheias, o planeamento das obras hidráulicas que permitam a amortização das ondas de cheias, dentre outras, minimizando deste modo largos prejuízos, tais como a destruição de infra-estruturas e perda de vidas humanas.

A bacia de Umbeluzi é vulnerável a cheias resultantes da queda excessiva da precipitação e por ciclones tropicais. Na bacia do Umbeluzi, destacam-se cinco (5) eventos de cheias catastróficas, nomeadamente, as cheias de 1972 e 1974 associadas a precipitações intensas e, aos ciclones tropicais, como por exemplo, em 1966 (Claude), 1984 (Demoína) e 2000 (Glória). No entanto, dentre as cheias citadas, a cheia de 1984 ocorrida antes da construção da barragem dos Pequenos Libombos, foi a pior, tendo causado enormes danos humanos e materiais, tendo sido associada ao ciclone "Demoína". As cheias de 2000 foram muito catastróficas, cujas causas deram-se à ocorrência de chuvas intensas. Embora nada se comparem com as cheias ocorridas no mesmo ano e noutras bacias, no Umbeluzi, elas foram de magnitude inferior comparadas com as cheias de 1984.

O presente trabalho integra, a análise hidrológica dos caudais de cheia, ligados à ocorrência de chuvas intensas.

Neste contexto, foram analisadas as precipitações extremas (24 horas) e a sua inter-relação com os caudais de cheias, tendo considerado a análise da magnitude e frequência das precipitações dos caudais extremos, para qual foram consideradas várias distribuições de probabilidades, pelos métodos de Gumbel (EVI, GEV) e Pearson III (Log Pearson III), em diferentes períodos de retorno. A análise das precipitações

mensais, sazonais e anuais foram também objecto de análise. Foi igualmente, considerada a análise das últimas cheias (2000), sua descrição, evolução, com base na informação disponível na ARA-SUL, bem como as medidas de mitigação tomadas, face à ocorrência da cheia. Faz-se uma abordagem do sistema de aviso de cheias em geral e medidas de mitigação nas últimas cheias.

1.2 – Objectivos

O presente trabalho tem por objectivos os seguintes:

1.2.1 - Objectivo geral:

- Avaliar o impacto da precipitação nas cheias da bacia do Umbeluzi;

1.2.2 - Objectivos específicos:

- Avaliar cronologicamente as variáveis hidrometeorológicas inter-relacionadas com as cheias;
- Conhecer as características da precipitação e sua interacção com as cheias da bacia do Umbeluzi;
- Definir os valores críticos da precipitação que originam cheias na bacia do Umbeluzi;
- Definir a frequência das precipitações e caudais extremos.

Capítulo II

Revisão Bibliográfica

2.1 -Precipitação

Chama-se precipitação á deposição de água no globo terrestre proveniente da atmosfera; pode efectuar-se no estado sólido ou líquido e daí as diferentes formas de precipitação (Holtz, A.C, 1976, p.7).

Além da precipitação, é importante em certas regiões a água que passa pela atmosfera para o globo sob forma de orvalho e de geada quer por intersecção das gotas de água das nuvens e do nevoeiro, pelos corpos à superfície do globo.

As formas mais significativas da precipitação são: o chuveiro, a chuva, o aguaceiro, a neve, o granizo e a saraiva que resultam de processos termodinâmicos que se verificam nos sistemas nebulosos.

Neste trabalho, aborda-se a precipitação em forma de chuva, as restantes são pouco comuns em Moçambique, tais como a neve, saraiva e granizo são negligenciáveis para vazão de enchentes dos rios. Porém, a água que escoa nos rios ou que está armazenada na superfície pode ser considerada como resíduo da precipitação.

A precipitação no estado líquido classifica-se em regra de acordo com as dimensões das gotas predominantes, as quais correspondem à intensidades de precipitações características; assim:

- a) Chuveiro- é a precipitação uniforme constituída por gotas de água líquida de diâmetro em regra inferior a 0.5 mm. Tem a sua origem em nuvens estratificadas, nomeadamente estratos, estratocumulos e mais raramente de nimbostratos e altostratos e a intensidade é geralmente inferior a 1mm/h;
- b) Chuva- precipitação no estado líquido que ocorre de forma contínua, em que as gotas têm diâmetro superior a 0.5mm; esta forma de precipitação ocorre a nuvens médias estratificadas (nimbostratos e altostratos); A chuva classifica-se em:
 - Fraca- a intensidade é inferior a 2.5mm/h;

- Moderada- para valores de 2.5 e 7.5mm/h;
- Forte- a intensidade é superior a 7.5mm/h;

c) Chuva congelada- ocorre quando as gotas de chuva congelam ao atravessarem o ar cuja temperatura é inferior a 0°C dando origem a grãos transparentes cujo diâmetro tem valores de ordem de 1 a 4 mm;

2.2 -Formação da precipitação

A formação das nuvens resulta do arrefecimento do ar húmido a temperaturas inferiores à temperatura do ponto de orvalho do ar. O arrefecimento de grandes extensões da atmosfera que conduzem a formação das massas nebulosas que originam precipitação só se pode efectuar por arrefecimento quase adiabático do ar que se expande ao subir para níveis onde a pressão é menor. Assim a quantidade e a intensidade de precipitação dependem essencialmente da taxa de arrefecimento condicionada pelo mecanismo ascensional do ar e do conteúdo em vapor de água do ar (Peixoto, J., 1973).

2.2.1 -Classificação da precipitação

Além da classificação da precipitação quanto à forma, classifica-se também quanto a intensidade e aos mecanismos que conduzem a condensação do vapor de água das nuvens e à agregação das gotas. Assim, a precipitação pode classificar-se quanto aos mecanismos que dão origem a ascendência de ar que mais frequentemente a fenómenos de precipitação e/ou persistente (Holtz, A.C., 1976, p.7).

- a) por convergência horizontal de ar na baixa troposfera, frequentemente nas depressões e nas superfícies frontais;
- b) convectiva;
- c) orográfica;

No ponto de vista da engenharia, os mais importantes são a) e c) ao projecto de grandes trabalhos de obras hidráulicas, controle de cheias e navegação enquanto b) interessa às obras em pequenas bacias.

As propriedades termodinâmicas das massas de ar ascendentes particularmente a sua estabilidade e o conteúdo do vapor de água são particularmente importantes na intensidade e persistência da precipitação.

a) Por convergência horizontal de ar na baixa troposfera frequentemente nas depressões e nas superfícies frontais:

1- A precipitação associada à aproximação e passagem de depressões designa-se precipitação ciclónica, visto ter como origem a ascendência que resulta da convergência horizontal do ar associada à aproximação de uma superfície frontal quente estende-se em regra até 300 a 500 km à frente da frente quente à superfície. A precipitação é em regra fraca inicialmente tornando-se moderada à aproximação da frente quente à superfície; a precipitação associada à superfície frontal quente tem carácter contínuo, embora por vezes possa apresentar interrupções em geral de pouca duração. Assim a precipitação associada às superfícies frontais quentes tem geralmente durações da ordem de 4 a 6 horas por vezes 8 a 12 horas.

2- A precipitação associada à aproximação e passagem da superfície frontal fria é em regra chuva forte, sendo acompanhada de aguaceiros que vão aumentar ainda mais a intensidade da precipitação; a faixa de precipitação associada à superfície frontal fria é da ordem de 100 a 150 km de largura e assim a duração da precipitação que lhe está associada é de 1 a 2 horas em regra. Como a intensidade de precipitação na região da superfície frontal fria é em regra muito superior à da superfície frontal quente, é normal as quantidades de precipitação associadas à passagem da superfície frontal fria serem superiores as que estão associadas à passagem de superfície frontal quente.

Este facto é de significado fundamental na análise hidrológica de cheias, com efeito o comportamento hidrológico numa bacia hidrográfica é significativamente diferente conforme o sistema frontal se desloca da nascente para foz do rio ou no sentido inverso;

3- A precipitação associada às depressões frias extra-tropicais ocorre numa forma generalizada em toda a extensão de circulação ciclónica sob forma de chuva ou de neve em latitudes altas, de intensidade moderada mas em geral de grande duração;

estas condições mantêm-se em regra de 24 a 72 horas e dão origem a quantidades de precipitação da ordem de 50 a 300 mm durante todo o período de ocorrência. As depressões tropicais dão origem a precipitação mais intensa, chegando a atingir valores de 300 a 400 mm em períodos de 12 a 24 horas;

b) Convectiva

A precipitação convectiva resulta de movimentos ascendentes intensos que se geram na baixa troposfera devido ao aquecimento do ar em contacto com a superfície do globo mais quente ou ainda por arrefecimento do ar na atmosfera livre por radiação. O aquecimento do ar em contacto com a superfície do globo pode ter como origem quer o aquecimento do solo continental por absorção da radiação solar quer por ser a superfície constituída por águas oceânicas mais quentes que o ar sub-adjacentes; assim, os movimentos ascendentes que se formam dão origem as nuvens de desenvolvimento vertical do tipo cumuliforme (cumulus e cumulonimbus) que eventualmente dão origem a aguaceiros.

Os aguaceiros correspondem portanto a uma forma de precipitação caracterizada por se iniciar e terminar bruscamente e com duração que não ultrapassa 30 a 60 minutos; a intensidade dos aguaceiros pode ser muito variável dependendo essencialmente da intensidade dos movimentos ascendentes do ar e do conteúdo em vapor de água, mas a quantidade total de precipitação de aguaceiros pode atingir 70 a 100 mm. Aos aguaceiros mais intensos estão frequentemente associados fenómenos eléctricos que se manifestam nas trovoadas através dos relâmpagos. A precipitação sólida sob forma de aguaceiros pode apresentar-se com neve quando a temperatura do ar à superfície é muito baixa (inferior a -30°C) ou ainda com granizo ou saraiva, que ocorre sempre na forma de aguaceiros e com temperatura do ar à superfície superior a 0°C .

c) Orográfica

A precipitação orográfica que resulta da condensação de vapor de água de massas de ar húmido que sobem ao longo das encostas montanhosas dá origem a precipitação fraca ou moderada mas muito persistente, principalmente na encosta sotavento

quando o ar é estável; por outro lado, se a massa de ar for instável ou convectivamente instável devido à acção orográfica apresentar-se mais intensas.

Deve-se destacar o efeito de deficiência de precipitação que nota a sotavento, como consequência da “desumidificação” que o ar sofre nas encostas de barlavento. As intensidades da precipitação de origem convectiva ou frontal são também influenciadas pela estabilidade das massas de ar onde se origina. Por vezes torna-se difícil distinguir a origem do mecanismo da precipitação numa dada região devido à interacção de diferentes mecanismos; no entanto é possível frequentemente dispor de resultados observados por exemplo em regiões planas e em encostas adjacentes que permitem individualizar a acção do efeito orográfico.

2.2.2 -Escoamento superficial e chuva excedente

O Hidrograma de uma onda de cheia é formado pela sobreposição de dois tipos de afluxo, provenientes do escoamento superficial e outro da contribuição do lençol freático. Considera-se englobados no escoamento superficial a contribuição do escoamento superficial a contribuição do escoamento sub-superficial e a vazão proveniente da precipitação sobre o canal do rio.

Assim, ao se iniciar a onda de cheia, os primeiros acréscimos sensíveis são devidos exclusivamente ao escoamento superficial, pois este sofre os efeitos da precipitação. Por outro lado, o escoamento subterrâneo, pela sua natureza do fenómeno da filtração, tarda em receber a influência da água precipitada e é regido, nos primeiros instantes, pela própria curva de depleção. Após um certo intervalo de tempo, pela continuidade do próprio processo de infiltração e conseqüente elevação de nível do lençol freático, sofre a descarga subterrânea uma intensificação, do que apresenta naturalmente um desenvolvimento menos acentuado que aquele do escoamento superficial. Cessado o efeito da precipitação, novo período de depleção tem lugar, voltando a contribuição subterrânea a obedecer a sua lei normal de variação. Hietograma da chuva excedente representa à parcela do hietograma que contribui directamente para o escoamento superficial directo na bacia, isto é, a parcela da precipitação que não infiltra (Porto, Ruben, L., 1999:8).

Capítulo III

Material e Método

3.1 -Material

Foram colectados dados de precipitações mensais, anuais e extremas observadas e disponíveis na Direcção Nacional de Águas (DNA), referentes ao período de 1950/2000 (50 anos). A recolha dos dados da precipitação extrema foi feita no Hydata (Software), banco de dados da DNA (Secção de Hidrologia) mediante o programa GETOFF, o qual permite a sua extracção e leitura no Microsoft Excel. Relativamente aos dados de caudais de cheia, foram extraídos na Monografia Hidrográfica da Bacia do rio Umbeluzi (Consultec, 1992, Tabela 3.5.1(1/6 e 2/6)) para as estações hidrométricas de Goba (E10) e Boane (E8). A avaliação do impacto das precipitações nas cheias de 1999/2000, baseou-se nos valores diários da precipitação e caudais colectados na ARA-SUL.

Em seguida são apresentadas as estações pluviométricas e hidrométricas estudadas.

Tabela 3.1 Estações Pluviométricas e Localização

Estação Pluviométrica		Coordenadas geográficas		
Nome	Código	Latitude	Longitude	Altitude(m)
Boane Massaca II	P-3	26.00'.00"	32.17'.30"	33.0
Boane- Escola Agrária de Umbeluzi	P-6	26.00'.00"	32.22'.00"	45.2
Boane ETA-Umbeluzi	P-7	26.00'.00"	32.22'.00"	45.2
Boane	P-302	26.00'.00"	32.21'.00"	10.0
Namaacha-Goba	P-315	26.12'.38"	32.00'.00"	41.4
Namaacha-Monte M'ponduine	P-924	25.56'.30"	31.58'.30"	29.8
Pequenos Libombos	P-1169	26.00'.00"	32.14'.30"	23.7

Tabela 3.2 Estações Hidrométricas e Localização

Estação hidrométrica		Coordenadas geográficas			
Nome	Código	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Área (km ²)
Boane	E-8	26.03'.00"	32.19'.30"	3.0	5400
Goba (Montante)	E-10	26.11'.48"	32.06'.59"	63.0	3100

3.2.-Método

Muitos pesquisadores tentam estabelecer leis teóricas de probabilidade que se ajustem melhor as N amostras que permitem estimar, para cada vazão da cheia ou precipitação

extrema a sua probabilidade teórica de ocorrer ou ser ultrapassada. Entre essas leis, a dos valores extremos (EVI) e a de Pearson, tiveram maior aplicação neste trabalho.

3.2.1 -Valores extremos (EVI)

Para aplicar estas leis deve-se ter em conta que existem N valores (amostras), das quais cada uma é baseada em 365 elementos do universo da população infinita da variável aleatória que é a precipitação ou caudal. De acordo com EVI de Fisher e Tippet (1928) a lei de distribuição estatística da série de N termos constituída pelos maiores valores de cada amostra tende assintoticamente para uma lei simples de probabilidade, que é independente da que rege, a variável aleatória nas diferentes amostras e no próprio universo da população infinita. Segundo Gumbel (1941) a probabilidade será dada:

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

Onde P é a probabilidade de excedência, e é base do logaritmo napierian e y é a variável reduzida em função a P .

Para fins práticos é cómodo usar a relação de Gringorten (1963)

$$P = \frac{m - 0.44}{n + 0.12} \quad (2)$$

onde m e n é o número de ordem e anos respectivamente.

$$\text{O período de retorno } T_r \text{ é expresso } T_r = 1/P \quad (3)$$

A variável reduzida é dada por:

$$y = \frac{1.282}{\sigma} (x - \bar{x}) + 0.58 \quad (4)$$

\bar{x} é a media da série de dados, σ é o desvio padrão e que se calcula pelas seguintes relações

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$e \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (6)$$

A magnitude do evento com um período de retorno T_r estima-se pela equação

$$x = u + \alpha Y_r \quad (7)$$

α é parâmetro de localização e u é moda

A função de distribuição para EVI é

$$F(x) = \exp \left\{ - \exp \left[- \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

o parâmetro de localização determina-se

$$\alpha = 1.2825 / \sigma \quad (9)$$

3.2.2 -Parâmetros de estimação

Para este tipo de distribuição destacam-se 3 parâmetros

- a) Método dos momentos (after Nerc 1975);
- b) MLE-Máxima estimação Provável;
- c) PWM-Máxima Probabilidade de Peso (after Landwehr *et al* 1979);

3.3.1 -Distribuição generalizada de valores extremos (GEV)

Jenkinson (1955) desenvolveu este método usando os mesmos critérios de Gumbel (1941)

A função de distribuição é

$$F(x) = \exp \left[- \left[1 - k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]^{1/k} \right] \quad (10)$$

a variável reduzida será dada pela relação (4).

A magnitude do evento é

$$x = u + \alpha \left(\frac{1 - e^{-ky}}{k} \right) \quad (11)$$

correlacionado com a variável reduzida de Gumbel, obedece certas condições, tal que:

$$u + \alpha/k \leq x < \infty, \quad \text{se } k < 0 \quad (11.1)$$

$$-\infty < x \leq u + \alpha/k, \quad \text{se } k > 0 \quad (11.2)$$

k é o parâmetro de controle da forma de distribuição;

- Se $k=0$, o GEV reduz-se para distribuição EVI;
- Se $k<0$, o GEV reduz-se para distribuição EVII, sem limite superior;
- Se $k>0$, o GEV torna-se EVIII com limite superior de $u + \alpha/k$;

3.3.2 -Os parâmetros de estimação são:

- a) MLE (after Hosking 1985);
- b) PWM (after Hosking *et al.* 1985);

3.4 -Distribuição Pearson tipo III

A distribuição Pearson III é uma das famílias de distribuição de probabilidade desenvolvida por Pearson (Nerc, 1975). Ambas distribuições exponencial e gama são casos especiais deste tipo III.

A função de distribuição é:

$$F(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} \exp\left[-\frac{(x - x_0)}{\beta}\right]}{\beta \Gamma(\gamma)} \quad (12)$$

onde $\beta = \frac{\mu_3^2}{\mu_2}$ (12.1) sendo μ_2 é covariância, μ_3 é o terceiro momento acerca da média = $\sigma^2 g$, Γ é gama função. X_0 , β e g são parâmetros de controlo, escala e forma respectivamente. X_0 constitui o limite inferior. Torna-se quão difícil calcular com

exactidão a magnitude do evento com um certo período de retorno T_r . É conveniente usar a fórmula de Ven - Te Chow (1951)

$$X_T = \bar{X} + K_T \sigma \quad (13)$$

O factor de frequência K_T varia com o período de retorno, declividade g e pode ser lido na tabela (US Water Resources Council 1987); Kite (1977), tabela(9-2); Linsley *et al* (1982), tabela (13-4, pp 349).

A declividade pode ser calculada pela relação

$$g = \frac{2}{\sqrt{\gamma}} \quad (13.1)$$

Pearson tipo III é difícil aplicar e a declividade é muito incerta, pois os resultados são pouco fiáveis.

3.5 -Log Pearson tipo III

Log Pearson tipo III é um requinte da distribuição de Pearson III converte a série de dados em logaritmos e computa-os.

Média

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (14)$$

Desvio padrão

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (15)$$

Coefficiente de declividade:

$$g = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_{\log x})^3} \quad (16)$$

E a função de distribuição é dada

$$F(x) = \left(\frac{\ln x - x_0}{\beta \gamma \Gamma(\gamma)} \right)^{\gamma-1} \exp \left\{ \frac{-(\ln x - x_0)}{\beta} \right\} \quad (17)$$

3.6 - Medidas de dispersão

De uma maneira geral, as medidas de dispersão relativas nos oferecem um grau maior de confiabilidade que as absolutas; além disso permite comparar diversas distribuições, mesmo sendo referentes a fenômenos distintos.

$$CV = \frac{\sigma}{x} \quad (18)$$

3.6.1- Teoria dos erros

O termo geral do erro é estimado aproximadamente

$$Se(X_T) = \left[\sum_{r=1}^P \sum_{s=1}^P \frac{dX_T dX_T}{d\theta_r d\theta_s} \text{cov}(\theta_r, \theta_s) \right]^{1/2} \quad (19)$$

onde P é o número de parâmetros e $\text{cov}(q_r, q_s)$ é a variância-covariância matriz entre P parâmetros.

A variância –covariância matriz é específica e dá a probabilidade de distribuição, método de estimação do parâmetro em muitos casos tem sido assintoticamente estimado.

Eles são 3 tipos de erros associados com a estimação de qualquer evento com um certo período de retorno

- Erros devido a leitura de dados;
- Erro causado, por exemplo, a inadequação da distribuição de probabilidade e razão da ocorrência do evento sobre o tempo;
- Erro do parâmetro devido a estimação de simples parâmetros provavelmente muito pequenos;

3.6.2 -Estimação de intervalo de confiança

Trata-se de uma técnica para fazer inferência estatística, isto é, a partir de um intervalo de confiança construído com os elementos amostrais, pode inferir sobre um parâmetro populacional. Para este trabalho assume-se que a distribuição é normal a nível de confiança de 95%.

$$\overline{X_T} - Z_P Se(\overline{x}) \leq X_T \leq \overline{X_T} + Z_P Se(\overline{x}) \quad (20)$$

onde Z_P é o desvio padrão normal com probabilidade de excedência ou de grau de confiança, P e Se é o erro padronizado.

3.6.3 -Escoamento superficial e precipitação efectiva

- Cálculo do volume precipitado sobre a bacia pela relação

$$V_p = A \cdot \overline{P} \quad (21)$$

onde A é área drenada da bacia e \overline{P} é a precipitação média

- Separação da vazão base (Q_b) e cálculo do volume escoado (V_{esc}) superficialmente

$$V_{escoado} = Q_{escoado} \cdot T \quad (22)$$

onde T é o período da propagação da onda de cheia.

- Cálculo do coeficiente médio de escoamento.

$$C = \frac{V_{escoado}}{V_{precipitado}} \quad (23)$$

- Cálculo da precipitação efectiva

$$P_{efectiva} = \frac{V_{escoado}}{A} \quad (24)$$

onde A é área drenada da bacia

3.7- Características Gerais da Bacia

3.7.1- Rede Pluviométrica e Hidrométrica

A bacia do Umbeluzi é constituída por 22 estações pluviométricas das quais 10 estão em pleno funcionamento.

A distribuição da rede pluviométrica não é uniforme pois há diminuição da rede de estações com o aumento da altitude, o que por regra geral devia ser o contrário. Entre 0 a 300 metros são 17 estações pluviométricas; de 300 a 700 metros são 4 e maiores que 700 metros, 1 estação pluviométrica.

Assumindo que todas as estações estivessem em pleno funcionamento em média seria de 100 km²/estação, valor aceitável dentro dos limites recomendados pelos padrões internacionais da WMO (Organização Mundial de Meteorologia) como sendo de 600-900 km²/estação em regiões planas e 100-250 km²/estação em regiões montanhosas.

É de sublinhar que as que estão em pleno funcionamento situam-se ao longo do rio principal não abrangendo a região norte da bacia e de acordo com a variabilidade climática, registam-se maiores valores da precipitação que são responsáveis pelas cheias nos principais afluentes do rio Umbeluzi.

Existem na bacia 24 estações hidrométricas, sendo 11 no próprio rio, 3 no Movene, 1 Muguene e as restantes 9 na bacia de Calichane. O número de estações reduziu actualmente para 6.

As densidades preconizadas pela WMO são de 1000-2500 km²/estação nas regiões planas e 300-1000 km²/estação nas regiões montanhosas. 20 estações foram instaladas na zona compreendida entre 0-100 m e 4 acima dos 100m. Se toda a rede estivesse a funcionar em pleno a densidade média seria de 50 km²/estação nas regiões planas e 300 km²/estação nas regiões montanhosas.

O rio Umbeluzi nasce na Swazilândia, drenando neste país uma área de cerca de 3140km², a que corresponde a cerca de 58% da área total da bacia. Atravessa a cadeia dos Libombos a sul da vila da Namaacha. A área total da bacia do rio Umbeluzi em território Moçambicano é de 2356 km². Ao atravessar os Pequenos Libombos ele foi

represado para captação de água potável destinada à cidade de Maputo e para a irrigação de mais de 12000 ha, dos quais 10500 ha a jusante, por gravidade e, 1500 ha a montante por bombagem.

Esta barragem, que é do tipo misto com um descarregador central em betão e os encontros de terra, tem também a função de regularizar os caudais, reforçando-os na época de estiagem.

A bacia é delimitada pelos paralelos $25^{\circ}30'$ e $26^{\circ}30'$ Sul e pelos meridianos 31° e $32^{\circ}30'$ Este. A forma da bacia é alongada, aproximando-se dum rectângulo com eixo maior no sentido SW – NE.

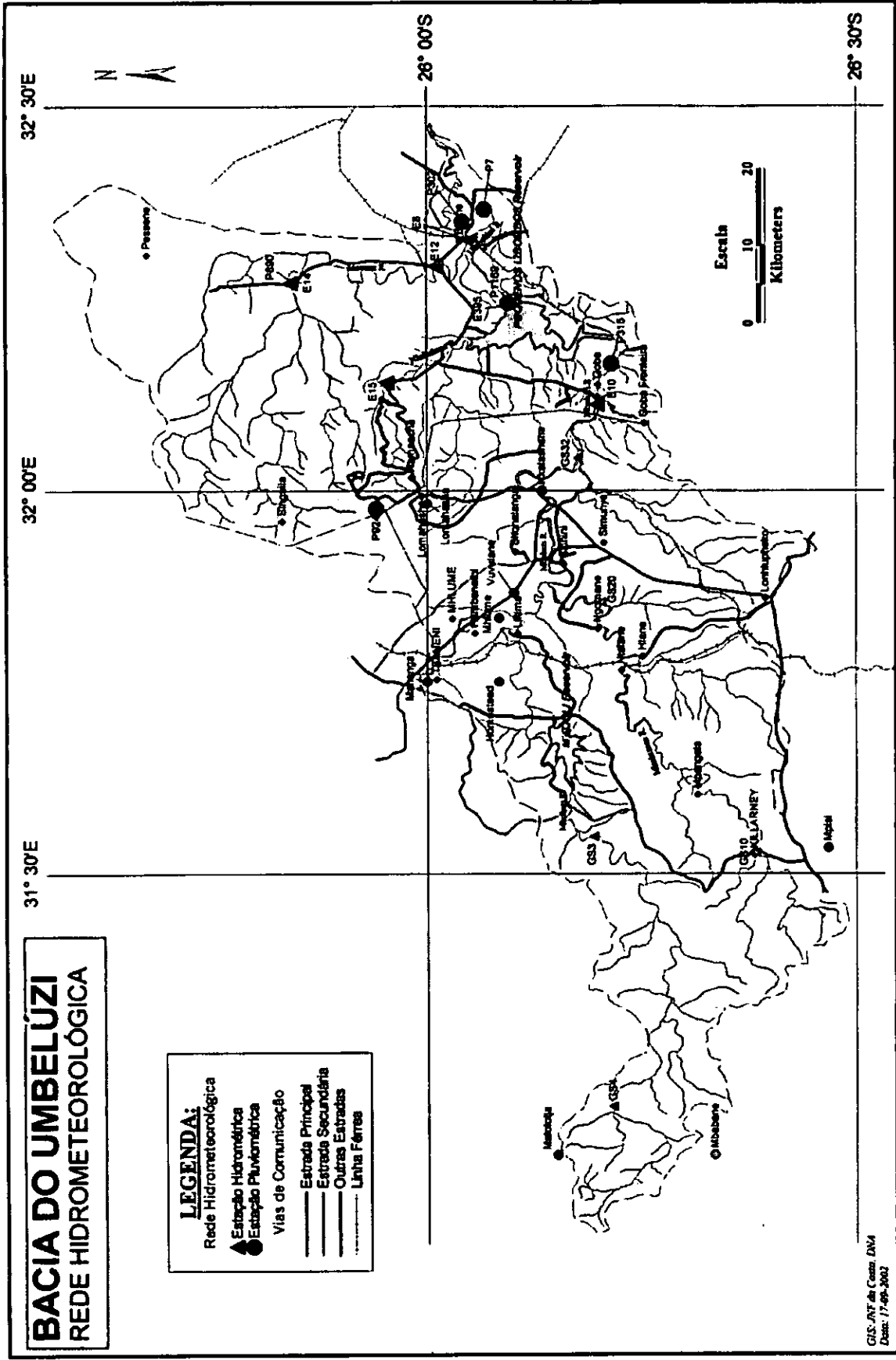
Na parte ocidental da bacia, em território Swázi, as altitudes variam dos 1,8 m até 350 m, elevando-se de novo com as cordilheiras dos grandes Libombos até aos 800 m, seguindo-se uma depressão até aos montes dos Pequenos Libombos, cujas altitudes vão até aos 300 m e, na parte final, uma planície litoral.

Figura 3. 1 Mapa da bacia do Umbeluzi

BACIA DO UMBELÚZI REDE HIDROMETEOROLÓGICA

LEGENDA:

- Rede Hidrometeorológica
- ▲ Estação Hidrométrica
- Estação Pluviométrica
- Vias de Comunicação
- Estrada Principal
- Estrada Secundária
- Outras Estradas
- Linha Férrea



3.7.2 -Principais afluentes

Como principais afluentes da bacia são (Kranendok, L., 1990):

Swázi- O rio Black Umbeluzi e White Umbeluzi, designados actualmente por M'Buluzi e M'Buluzane.

Moçambique- O rio Calichane, afluindo pela margem esquerda e encontrando-se com o Umbeluzi na secção correspondente à barragem dos Pequenos Libombos.

Movene afluindo pela margem esquerda e encontrando-se com o Umbeluzi próximo da vila de Boane. Grande parte dos afluentes e sub-afluentes em território moçambicano têm a sua origem nos Grandes Libombos. Tanto Calichane como Movene seca no período de estiagem quase todos os anos. Cada um deles tem seus tributários principais:

- O Matalha, o Maxibobo e o Cumbe são afluentes do Movene;
- Os rios Impocuane, Mabelebele, Impamputo e Machuanine são do Calichane;

Dada a grande extensão do rio Impamputo (nasce um pouco a norte da vila de Namaacha), diversos documentos referem o rio Calichane como o Impamputo-Calichane. Diversos braços de cheias abandonados mantêm o nome do rio sem contudo apresentar uma ligação permanente ou estável ao rio principal ou afluentes principais como caso de Changule e do Muguene, ambos da margem direita entre Goba e Boane. A bacia do rio Umbeluzi confina a Norte com as bacias dos rios Incomáti e Matola e a sul com as bacias dos rios Maputo e Tembe. A foz do rio Umbeluzi faz parte do estuário comum aos rios Tembe, Matola e Infulene, o estuário Espírito Santo, junto aos Porto de Maputo.

3.7.3 -Comprimento dos Principais Rios

O rio Calichane possui um afluente, o Impamputo, mais longo de todos, cujo comprimento é de 42 km ultrapassa o comprimento do próprio Calichane em Moçambique, o qual tem 32 km, dos quais 15 km desde a confluência com o Impamputo até a confluência com o Umbeluzi (Lopes 1979) enquanto que o Movene é quase todo nacional cujo comprimento é de 105 km (Lopes 1979).

Quanto ao comprimento total do rio Umbeluzi (Watermeyer 1971) é de 314 km e na parte moçambicana é cerca de 80 km.

3.7.4 -Geologia

A geologia da bacia do Umbeluzi (em Moçambique), é dominada por formações do Cretássio (riolitos e basaltos) com representações de eras mais modernas, nomeadamente na área costeira/planície litoral (Formações pós-Cretássicas cobertas por formações do quaternário – dunas interiores e aluviões). No que respeita aos solos apenas existem estudos detalhados em pequenas áreas. Os estudos mais globais indicam uma grande variedade de tipos de solos com predominância de solos com origem em formações sedimentares do terciário e quaternário, com grande representação de aluviões e formações dunares no baixo Umbeluzi (DNA, op cit p. 2-13 a 2-20).

3.7.5 -Cobertura vegetal (Consultec, 1992: 2-20)

Distinguem-se as seguintes formações vegetais na bacia de Umbeluzi:

a) Vegetação dos Libombos –Florestas e savanas herbáceas e acácia combretum.

Devido à acção dos derrubes das queimadas, grande parte é ocupada por savanas encontrando-se as florestas reduzidas a pequena manchas. Encontram-se em solos argilosos mais ou menos pedregosos de origem basáltica ou riolítica.

b) Floresta aberta com savana de Albizia, Afzeli, Sclerocarva, Strychnos.

Este tipo de vegetação encontra-se mais ou menos danificada apresentando manchas de savana secundária e árvores de fruto espontâneas ou sub-espontâneas. A vegetação original é a floresta densa ou aberta com dominância das espécie da família das sapotaceae.

Ocorre em solos arenosos, vermelhos, cinzentos ou alaranjados de má drenagem.

c) Savana arbórea das altitudes médias e dos vales interiores dos rios.

Este tipo de formação inclui sub-tipos vários os quais correspondem a variações edáficas. A vegetação tem carácter xerofílicos que aumenta com a salinidade. Ocorrem

em solos salinos e, em áreas restritas, em solos argilosos ou arenosos. Este tipo integra, em geral as pastagens e tipo de themeda-turbina.

d) Mosaico de savana arbórea, seca-graminais húmidos - floresta aquática envolvente de Acácia, Combretum – Ficus-Trichilia.

Importante formação costeira de áreas permanentemente inundadas e de planícies mal drenadas com extensos graminais, interceptados estes por áreas ligeiramente mais altas, bem drenadas, onde ocorre a savana seca com árvores e arbustos dispersos. A vegetação é altamente apta para o pastoreio, apresentando o estrato gramínoso espécie pertencentes à tribo andropogoneae e paniceae. Duma maneira geral, no que respeita à cobertura vegetal, predomina a *savana arbórea*.

3.8 -Classificação Climática e o Tempo

3.8.1 -Classificação Climática

De acordo com a classificação de Köppen, na parte sul da bacia o tipo climático é BS (seco de estepe) mas na região de Goba é tropical chuvoso de savana (Aw) e na parte norte é seco de estepe com estação seca no inverno (BSw). Na zona ocidental o clima é do tipo Cf, numa pequena área junto a Namaacha, que indica clima temperado húmido sem estação seca (Consultec, 1992 : 2-21)

3.8.2 -O tempo

O tempo é de baixas pressões caracterizado por chuvas contínuas de grandes intensidades com trovoadas dispersas (Muchangos, A., 1999 : 59-161).

Os alísios húmidos reforçam as condições de ocorrências de chuvas orográficas. Nesta época do ano, sobre o planalto sul africano, forma-se depressões de origem térmica que afecta o estado do tempo no sul de Moçambique com massas de ar instáveis dando origem a nuvens densas, ventos fortes, muitas vezes formam-se frentes frias acompanhadas de aguaceiros em contacto com massa de ar quente, solidifica as partículas aquosas na atmosfera e ocorre precipitação em forma de granizo e saraiva. Também ocorre precipitação na época fria no sul de Moçambique sob influência de frentes fria.

3.9 -Estruturas Hidráulicas Existentes

Como principais infra-estruturas hidráulicas (Kranendok, L., 1990), destacam-se as barragens de Mnjoli (na Suazilândia), no rio Black Umbeluzi construída em 1979 cuja capacidade de armazenamento é cerca de 130 Mm³ e dominando uma área de 750 km² e a barragem de Pequenos Libombos (em Moçambique), no Umbeluzi com um volume de cerca de 400 Mm³ e uma área dominada de cerca de 3900 km².

3.10 -Cheias em Moçambique

3.10.1 -Conceito geral (fonte:http://inseguranca.no.sapo.pt/pc_cheias.html)

Denomina-se uma cheia a uma ocorrência extrema “natural”, caracterizada por uma subida rápida e acentuada dos escoamentos nos cursos de água e alturas respectivamente; esta subida normalmente ocasiona galgamento das margens dos cursos de água, transbordando-as e originando as inundações ou cheias nas zonas baixas adjacentes, resultando em destruição de machambas, habitações, vilas cidades, vias de comunicação outras infra-estruturas económicas e sociais. Uma cheia pode ser catastrófica ou não, dependendo das características físicas e geométricas da região, da presença de obras de regularização de cheias ou não, e da existência de vidas humanas e bens económicos ou sociais da região.

3.10.2 -Características gerais das cheias na bacia do Umbeluzi

a) Factores influentes nas cheias:

1. A área, a forma, o relevo da bacia hidrográfica e a rede hidrográfica;
2. A permeabilidade do solo, cobertura vegetal e o armazenamento de água na bacia hidrográfica no início da precipitação;
3. Distribuição temporal e espacial da precipitação;

Para além destes factores universais, existem outros causados pela acção do homem numa maneira directa ou indirecta, tais como:

1. Colapso de barragens;
2. Má gestão de barragens;
3. O uso da terra;

b) Na bacia de Umbeluzi, as cheias são originadas pelo factor 3, precipitações intensas de curta e de longa duração. Para além do factor 3 importa realçar outros factores específicos que tornam a bacia mais vulnerável nomeadamente:

- A bacia hidrográfica do Umbeluzi é internacional e localiza-se à jusante dos rios. Black e White Umbeluzi;
- À montante da bacia internacional, o relevo é montanhoso e à jusante, em Moçambique, o relevo é praticamente planície ;

3.10.3 -Descrição de cada tipo de cheia (Kranendok,L., 1990)

- As cheias de tipo I, tem uma previsão de ocorrência mais fácil, uma vez que os ciclones tropicais são controlados pelos satélites pela WOM e pelo INAM; são destruidoras e de grandes dimensões, não tendo porém grande volume de encaixe nas barragens;
- As cheias de tipo II, são cheias provocadas por chuvas prolongadas, 2 a 5 dias, uniformemente distribuídas no espaço e de valores superiores a 50 mm/dia. As redes sinóptica e pluviométricas de Moçambique e outros países vizinhos podem fornecer dados suficientes para o estado de alerta;
- As cheias de tipo III, são cheias, muitas vezes de caudais de pico bastante elevados, mas com pequeno volume e tempo de propagação curto, sendo quase impossível de prever mas pode se regularizar os seus volumes encaixando-as nas albufeiras existentes;
- As cheias de tipo IV, são as cheias mais destruidoras e de maior dimensão, uma vez que estão associados a grandes volumes armazenados na barragem sendo o tempo de previsão quase nulo pois a ruptura é instantânea cuja duração máxima é cerca de 20 minutos;

3.11 -Níveis de alerta na bacia do Umbeluzi

3.11.1 -Conceito geral

Considera-se nível de alerta a altura a partir da qual a água atinge a cota superior das margens normais do rio. Pelo que se a água ultrapassar este nível começa a inundar regiões não normalmente inundáveis e, assim declara-se que o rio ou a bacia está em cheia. Os níveis de alerta, ou seja, níveis de declaração de cheia em cada uma das bacias

vulneráveis a são em função da altura hidrométrica e do respectivo caudal em cada estação hidrométrica nos locais de monitoramento, e do valor da precipitação capaz de originar inundações ou cheias, em caso de cair numa extensa área de certa bacia hidrográfica. O nível crítico de alerta de cheia em Goba (E-10) e Boane (E-8) é de 3.0 m respectivamente.

Capítulo IV

Resultados e Discussão

4.1 -Análise das precipitações mensais

As precipitações mensais e anuais foram objecto de análise para os postos pluviométricos P-924, P-1169, P-315, P-7 no período de 1950-2000. A série cronológica dos postos acima citados, apresenta falhas de registo de dados da precipitação em períodos variáveis nomeadamente: P-924 (1950-1965), P-1169 (1950-1971), P-315 (1950-1954) e P-7 (1950-1957). Uma análise das precipitações médias mensais da bacia, indicam que os meses mais chuvosos são Dezembro, Janeiro e Fevereiro e os menos chuvosos, Junho, Julho e Agosto em que a precipitação atinge magnitudes de cerca de 15 a 20 mm/mês (figuras 4.1 e 4.2). As precipitações no período húmido (Outubro - Março) variam de 70 a 79% da precipitação anual, enquanto que no período seco (Abril - Setembro) oscilam no intervalo de 21 a 30% (tabela 4.1).

Precipitações médias mensais nas estações pluviométricas P-1169 e P-315.

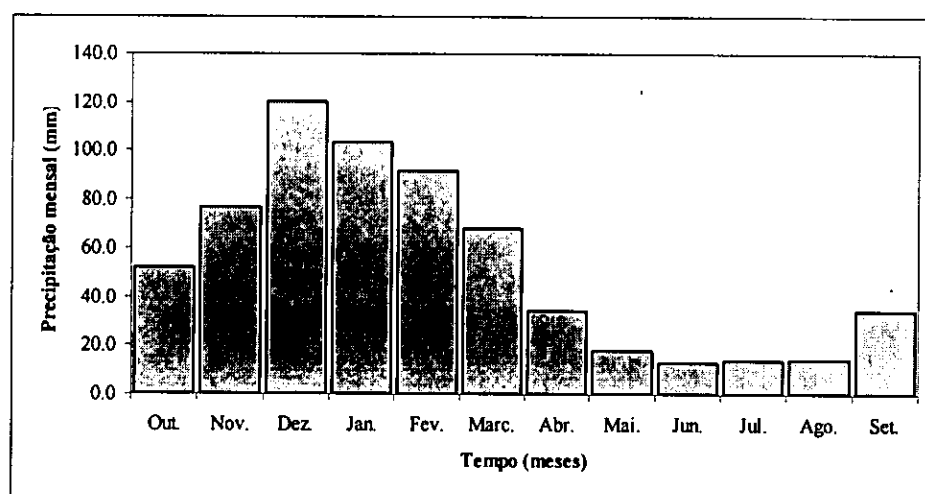


Figura 4.1 Precipitações médias mensais da estação de Namaacha-Goba (P-315)

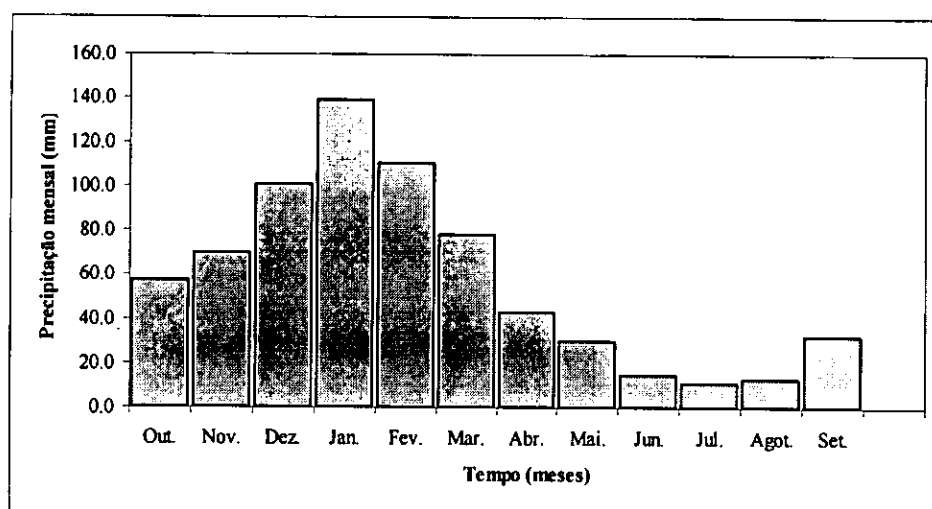


Figura 4. 2 Precipitações médias mensais da estação dos Pequenos Libombos (P-1169)

Tabela 4.1 Distribuição da precipitação por períodos sazonais

Posto	Período húmido		Período seco		Precipitação anual média (mm)
	Outubro - Março		Abril - Setembro		
	Precipitação média (mm)	% (Precipitação anual média)	Precipitação média (mm)	% (Precipitação anual média)	
P-6	529,6	77,9	150,6	22,1	680,2
P-7	421,2	79,1	111,6	20,9	532,8
P-315	495,4	70,7	250,1	29,3	700,5
P-1169	460,1	71,5	183,1	28,5	643,2

4.1.1 -Análise das precipitações anuais

Da análise estatística das precipitações médias anuais, pode-se concluir que as precipitações médias anuais na bacia variam de 530 a 700 milímetros. Os coeficientes de variação (Cv), determinados ao longo do rio Umbeluzi oscilam entre 0.27 a 0.31. O ano mais húmido na estação de Namaacha-Goba, foi o de 1990, cuja precipitação observada foi de 1213.0 mm que corresponde à um período de retorno de 97 anos. Por seu turno, na dos Pequenos Libombos, o período mais húmido foi de 1997, cuja precipitação registada foi de 1012.0 mm e período de retorno igual à 196 anos.

A tabela 4.2, apresenta a projecção das precipitações anuais obtidas com a distribuição de GEV-MLE, bem como outros parâmetros estatísticos.

Tabela 4 2 Precipitações anuais médias prováveis para vários períodos de retorno

Estação	Código	Média	CV	Período de retorno (anos)						
				2	5	10	25	50	100	200
Namaacha-Goba	P-315	720.0	0.31	710.8	905.4	1010.6	1121.4	1190.2	1249.0	1299.4
Pequenos Libombos	P-1169	622.1	0.27	622.3	769.3	844.1	918.8	962.9	998.9	1028.5

Tabela 4 3 Erros das precipitações anuais médias prováveis

Estação	código	Período de retorno (anos)						
		2	5	10	25	50	100	200
Namaacha-Goba	P-315	47.7	54.4	62.3	80.8	100.3	122.8	147.0
Pequenos Libombos	P-1169	38.9	41.7	44.6	51.7	59.6	68.9	79.0

4.2 -Análise das precipitações extremas

As precipitações extremas foram igualmente analisadas, com vista a avaliação das tendências anómalas da pluviosidade da série cronológica durante o período de 1950 - 2000 ao longo da Bacia, apesar de alguns anos apresentarem falhas de registo de dados. Considerar-se-á neste trabalho anomalia como sendo um valor, o qual não pertence ao intervalo $X_o - \sigma_x, X_o + \sigma_x$ (Média e Desvio padrão da distribuição normal).

As figuras 4.3 e 4.4 representam as anomalias registadas nas estações Monte M'ponduine (P-924) e Pequenos Libombos (P-1169).

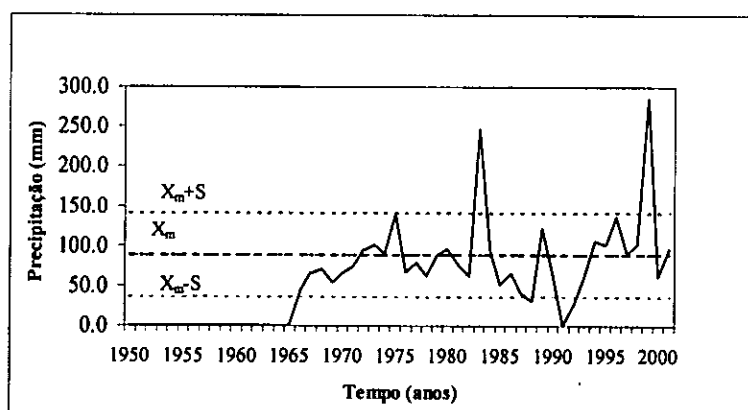


Figura 4.3 Anomalia registada na estação Monte M'ponduine (P-924)

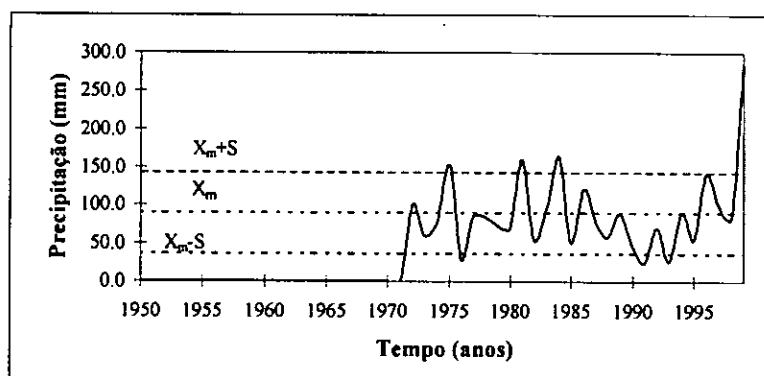


Figura 4.4 Anomalia registada na estação dos Pequenos Libombos (P-1169)

Tabela 4.4 Anomalias positivas da precipitação nas estações P-924 e P-1169

Estação	Código	Ano	Precipitação máxima (mm)	Média (mm)	Desvio (mm)	
					Anual	Médio/estação
Monte M'ponduine	P-924	1984	246	88.3	157.7	177.2
		2000	285		196.7	
Pequenos Libombos	P-1169	1975	153	89.5	63.5	100.75
		1981	159		69.5	
		1984	164		74.5	
		2000	285		195.5	

Como se pode deprender, através das figuras 4.3 e 4.4 e da tabela 4.4, os anos de 1984 e 2000, foram caracterizados por precipitações excepcionalmente elevadas. As precipitações nesses anos apresentam um desvio positivo elevado, que em média varia de 100 a 180 mm. Em relação à frequência das precipitações ocorridas em 1984 e 2000, observam-se períodos de retorno (anos) que variam de [120-230] em 1984 e [200-250] no ano 2000.

Por outro lado, precipitações superiores à 140 milímetros/dia, são críticas, podendo contribuir para a ocorrência de cheias na bacia, em função da sua distribuição espacial.

As tabelas 4.5 e 4.6 apresentam as precipitações extremas registadas em algumas estações representativas de toda a bacia do Umbeluzi, associados a vários períodos de retorno e seus respectivos desvios em relação à média.

Tabela 4.5 Precipitações extremas associados a vários períodos de retorno

Código	Média	Cv	σ	2	5	10	25	50	100	200
P-3	89.0	0,64	56,9	79,1	120,6	148.0	183.0	209.0	234.0	260.0
P-6	83.0	0,53	44,1	75,8	111,4	135.0	165.0	187.0	209.0	231.0
P-7	85.0	0,63	3,6	76,8	115,5	141,1	173.0	197.0	221.0	245.0
P-315	91.0	0,57	52,1	82,6	125,3	153,5	189.0	216.0	242.0	268.0
P-924	88.0	0,59	52,1	80,1	115.0	138,1	167.0	188.9.0	210.0	232.0
P-1169	90.0	0,60	53,7	80,7	121,1	147,9	182.0	207.0	232.0	257.0

Tabela 4. 6 Erros das precipitações extremas prováveis associados a vários períodos de retorno

Posto	Código	Média	5	10	25	50	100	200
Boane Massacall	P-3	7.1	10.8	13.9	18.0	21.2	24.3	27.5
E.AgráriaUmbeluzi	P-6	5.3	8.1	10.4	13.4	15.8	18.1	20.5
Estação Tratamento de Água	P-7	6.8	10.4	13.3	17.3	20.3	23.3	26.3
Namaacha Goba	P-315	6.7	10.2	13.1	17.0	20.0	22.9	25.9
Namaacha.M.Mponduine	P-924	6.1	9.4	12.0	15.6	18.3	21.0	23.8
Pequenos Libombos	P-1169	7.9	12.1	15.6	20.2	23.7	27.2	30.8

A figura 4.5, ilustra a relação entre as precipitações máximas (24 horas) e as precipitações médias máximas, para diferentes períodos de retorno.

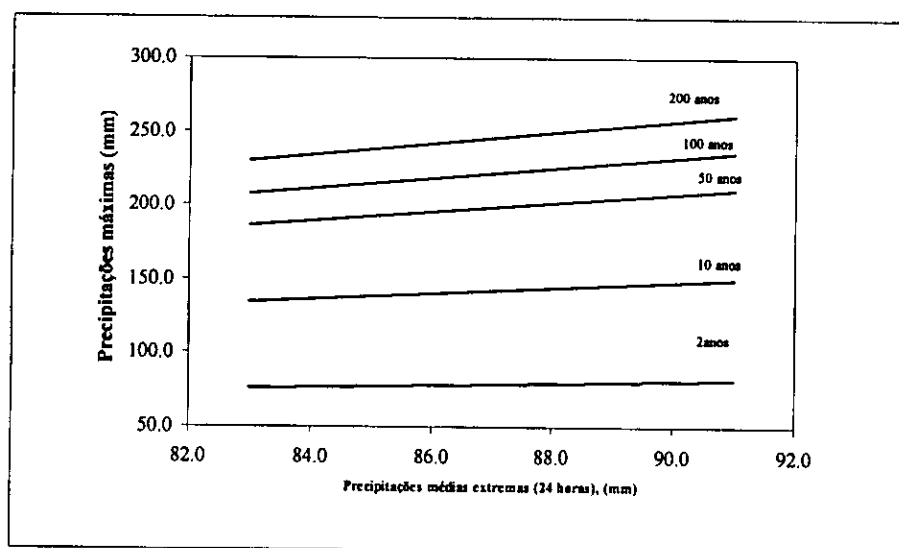


Figura 4.5 Relação entre as precipitações máximas e as médias para diferentes períodos de retorno.

Esta figura assume relações lineares para diferentes períodos de retorno. Estas relações podem ter uma aplicação bastante útil para a bacia do rio Umbeluzi, pois que

conhecendo a precipitação máxima média em qualquer estação pluviométrica, ou qualquer ponto da bacia, cuja precipitação média (máxima) é calculada por interpolação no mapa de isoietas, pode-se calcular a precipitação máxima para os períodos de retorno requeridos.

4.3 -Análise estatística dos caudais extremos

Uma das variáveis hidrológicas que permitem quantificar a água no tempo e espaço, é o caudal; além disso permite comparar quantitativamente vários rios. O excesso de precipitações excepcionais associadas aos factores climatológicos são responsáveis pela ocorrência de cheias na bacia do Umbeluzi.

Da análise estatística dos caudais de cheia bem como da sua distribuição temporal, conclui-se que caudais de cheia bastante elevados e catastróficas (anomalias positivas), registaram-se em 1966, 1984 e 2000.

A presença da barragem dos Pequenos Libombos, joga um papel importante no amortecimento das cheias dentre outras finalidades. No entanto, o início do funcionamento deste empreendimento (1987), determina o início da regularização dos caudais no rio Umbeluzi, reduzindo deste modo, impactos negativos à jusante do empreendimento.

A análise dos caudais de cheia à montante da albufeira, indica que com caudais superiores a $1450 \text{ m}^3/\text{s}$, em Goba, poderão originar cheias, em função da gestão da albufeira, que além das regras de operação da barragem, deverá considerar as contribuições dos afluentes (Impamputo e Movene), que em tempos chuvosos transportam maiores caudais.

À jusante da albufeira, resulta a que para caudais acima de $2472.5 \text{ m}^3/\text{s}$, poderão ocorrer cheias catastróficas à jusante de Boane, provocando impactos negativos nas perdas humanas e infra-estruturas diversas, nomeadamente, o Drift de Boane, EN 2 e a Estação de Tratamento de Água (ETA).

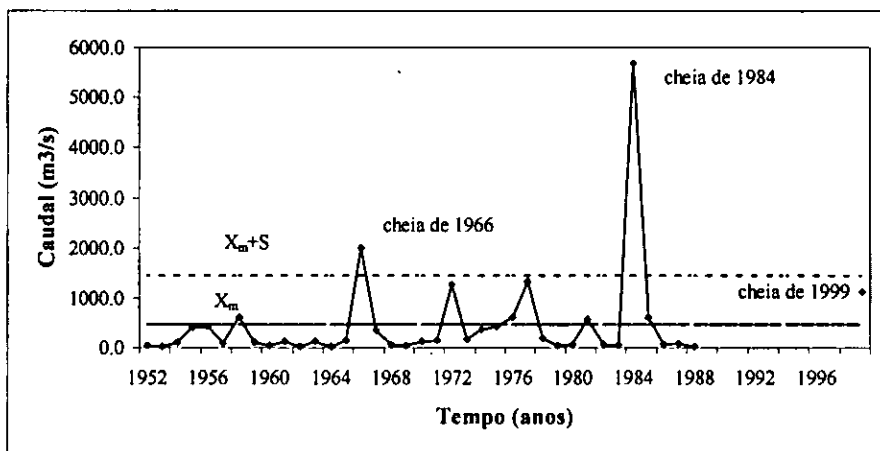


Figura 4. 6 Anomalias positivas de caudais extremos na estação hidrométrica de Goba (E-10)

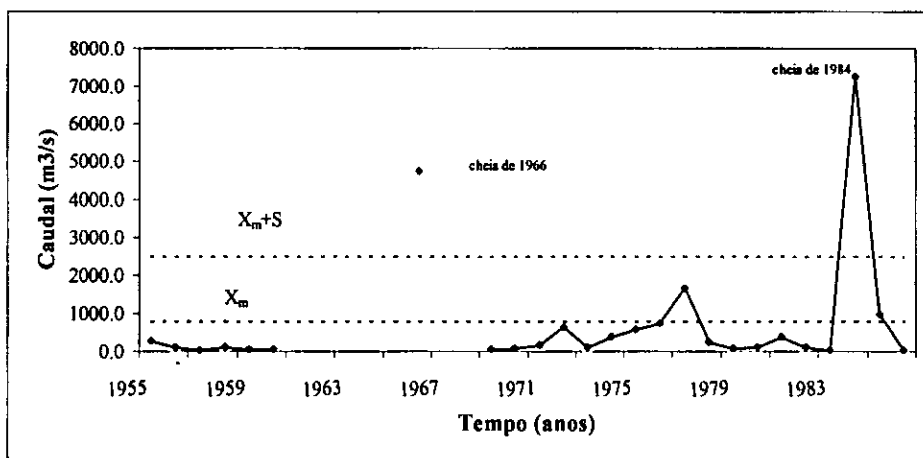


Figura 4.7 Anomalias positivas de caudais extremos na estação hidrométrica de Boane (E-8)

A análise da série de caudais de cheias nas estações E-10 e E-8, resultou em valores de coeficientes de variação muito altos. Estes valores são típicos para zonas de notável variabilidade nos caudais e existência na série de dados, de caudais de cheia de frequência muito rara.

Tabela 4.7 Análise das anomalias em períodos sazonais nas estações hidrométricas de Goba e Boane

Posto	Código	Ano	Caudal (m ³ /s)	Caudal médio (m ³ /s)	Desvio/Estação (m ³ /s)	Desvio médio (m ³ /s)
Goba	E-10	1966	1990	472.7	1517.3	2451.6
		1984	5670		5197.3	
		2000	1113		640.3	
Boane	E-8	1966	4750	777.5	3972.5	5222.5
		1984	7250	777.5	6472.5	

O tempo de subida da onda de cheia é variável pois depende do caudal que por seu turno depende da magnitude e distribuição da precipitação, dentre outros factores fisiográficos da bacia.

As tabelas 4.8 e 4.9, apresentam as características das cheias extremas ocorridas na bacia de Umbeluzi no período 1950-2000, embora com muitas falhas nos valores dos caudais. Na bacia do Umbeluzi, a ponta de cheia na maioria dos casos regista-se em Fevereiro (cerca de 60%), 20% dos casos em Janeiro e os restantes 20% em Março. As cheias históricas até a estabilização dos caudais de grosso modo são de curta duração (6-8 dias) excepto as de 1999/2000 que tiveram uma duração cerca de 9 dias, pois a fase de descida dos níveis de água caracterizou-se por lentas reduções de níveis num período relativamente longo devido à persistência de chuvas intercaladas observadas nos meses de Fevereiro e Março, deste modo alongando-se o tempo de decrescimento e da duração da cheia.

Tabela 4.8 Características dos Caudais de cheia em Goba

Ano	Caudal inicial (m ³ /s)	Data	Caudal Máximo (m ³ /s)	Data	Caudal final (m ³ /s)	Data	Altura (m)	Tempo de subida (horas)	Volume (Mm ³)
1966	...	6/1/66	1990.0	7/1/66	...	10/1/66	6.03	46.0	176.00
1972	...	22/2/72	1270.0	23/2/72	...	29/2/72	5.28	34.0	105.00
1977	...	7/2/77	1330.0	9/2/77	...	13/2/77	5.35	48.0	109.00
1984	...	30/1/84	5670.0	31/1/84	...	3/2/84	9.40	16.0	430.00
2000	36.81	6/2/00	1411.3	7/2/00	195.5	14/2/00	5.58	48.0	392.30
Média	...		2334.3		...		6.33	38.4	275.20

Tabela 4.9 Características dos Caudais de cheia em Boane

Ano	Caudal inicial (m ³ /s)	Data	Caudal máximo (m ³ /s)	Data	Caudal final (m ³ /s)	Data	Altura (m)	Tempo de subida (horas)	Volume (Mm ³)
1966	...	6/1/66	4750.00	7/1/66	...	11/1/66	11.00	64.00	406.00
1972	...	23/2/72	628.00	24/2/72	...	29/2/72	8.15	52.00	134.00
1977	...	7/2/77	1650.00	9/2/77	...	13/2/77	10.40	70.00	316.00
1984	...	30/1/84	7250.00	31/1/84	...	3/2/84	12.00	24.00	910.00
2000

Fonte: Consultec, 1992, Monografia do Umbeluzi, pag. 3-31

Consoante os dados da tabela 4.8 e 4.9, os anos com maior volume de cheia correspondem aos anos cujas cheias foram influenciadas pelos ciclones tropicais Claude (1966) e Demoína (1984), resultando em chuvas intensas e prolongadas.

As tabelas 4.10 e 4.11 apresentam o resumo dos caudais calculados para diferentes períodos de retorno, parâmetros estatísticos e caudais máximos prováveis.

Tabela 4.10 Caudais extremos prováveis associados à vários períodos de retorno

Caudais extremos prováveis associados à vários períodos de retorno										
Posto	Código	Média	CV	2	5	10	25	50	100	200
Boane	E-8	777.5	2.18	171.2	700.9	1623.8	4321.6	8527.6	16239.0	30109.0
Goba	E-10	472.7	2.07	143.7	511.3	1059.7	2426.7	4266.6	7231.0	11918.0

Tabela 4.11 Erros dos caudais máximos prováveis associados à vários períodos de retorno

Erros dos Caudais extremos prováveis associados à vários períodos de retorno								
Posto	Código	2	5	10	25	50	100	200
Boane	E-8	61.5	326.3	961.4	3718.6	9802.2	24847.0	61166.0
Goba	E-10	36.7	161.1	412.4	1302.6	2912.4	6197.2	12665.0

Dos registos de séries cronológicas de caudais na estação hidrométrica E-10 (Goba) e E-8 (Boane) no período de 1950-2000, o caudal máximo histórico nesta série em Goba foi registado em 1984 ($5670 \text{ m}^3/\text{s}$) que corresponde a um período de retorno de 78 anos e o caudal máximo registado na E-8 em 1984 foi de $7250 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde a um período de retorno de 43 anos. O caudal máximo de cheia de 2000 em Goba foi de $1411.28 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde a um período de retorno de 20 anos. O caudal médio na E-10 é de $472.7 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que a de E-8 é de $777.5 \text{ m}^3/\text{s}$ como se pode ver este valor é maior em relação a de E-10 (cerca de 1.7 vezes maior) é devido a contribuição dos afluentes e tributários de Movene e Calichane.

4.4 - Avaliação da precipitação durante as cheias de 1999/2000

Duma maneira geral, a época chuvosa foi caracterizada por perturbações subtropicais, zonas de baixas pressões térmicas, ciclones tropicais e a influência de zona de convergência inter-tropical.

Um sistema de baixas pressões formado no canal de Moçambique próximo de Inhambane, de direcção sudoeste atingiu a África do Sul, provocou chuvas intensas no Sul de Moçambique (**Maputo, Gaza e Inhambane**). No período de 4 a 7 de Fevereiro, chuvas intensas provocaram inundações na cidade de Maputo e Matola. Nos dias 5 e 8 de Março, a província de Maputo foi fustigada por chuvas intensas provocadas pelo ciclone Glória. As tabelas 4.12, 4.13 e 4.14, mostram as precipitações intensas registadas durante o período de cheias (fonte: INAM, Previsão meteorológica durante a época chuvosa 1999/2000 para Moçambique, p.1-6).

Tabela 4.12 Precipitação no período de Outubro - Dezembro de 1999

Outubro - Dezembro de 1999				
Estação	Precipitação Acumulada (mm)	Precipitação Normal (mm)	Desvio por Estação (mm)	Desvio Médio (mm)
Maputo Observatório	448.3	264.7	183.6	155.6
Maputo Mavalane	443.7	264.7	179.0	
Changalane	368.8	264.7	104.1	

Tabela 4.13 Precipitação no período de Janeiro - Março de 2000

Janeiro - Março 2000				
Estação	Precipitação Acumulada (mm)	Precipitação Normal (mm)	Desvio por Estação (mm)	Desvio Médio (mm)
Maputo Observatório	1101.7	354.3	747.4	736.6
Maputo Mavalane	1382.1	354.3	1027.8	
Changalane	789.0	354.3	434.7	

Tabela 4.14 Precipitação no período de Outubro de 1999-Março de 2000

Outubro 1999-Março 2000				
Estação	Precipitação Acumulada (mm)	Precipitação Normal (mm)	Desvio por Estação (mm)	Desvio Médio (mm)
Maputo Observatório	1550	619.0	931.0	892.2
Maputo Mavalane	1825.8	619.0	1206.8	
Changalane	1157.8	619.0	538.8	

Durante as cheias de 1999/2000 registaram-se precipitações máximas diárias acima dum evento normal; no dia 7/2/00, correspondentes à 243.0 e 328.3 mm, em Maputo Observatório e Mavalane, respectivamente. No mesmo dia nos Pequenos Libombos e Changalane registaram-se precipitações de 284.7 e 157.8 mm, respectivamente. A figura 4.8, apresenta as precipitações registadas nalgumas estações da bacia de Umbeluzi. Elas tiveram uma maior contribuição na propagação de cheias uma vez que estas foram acima da precipitação normal.

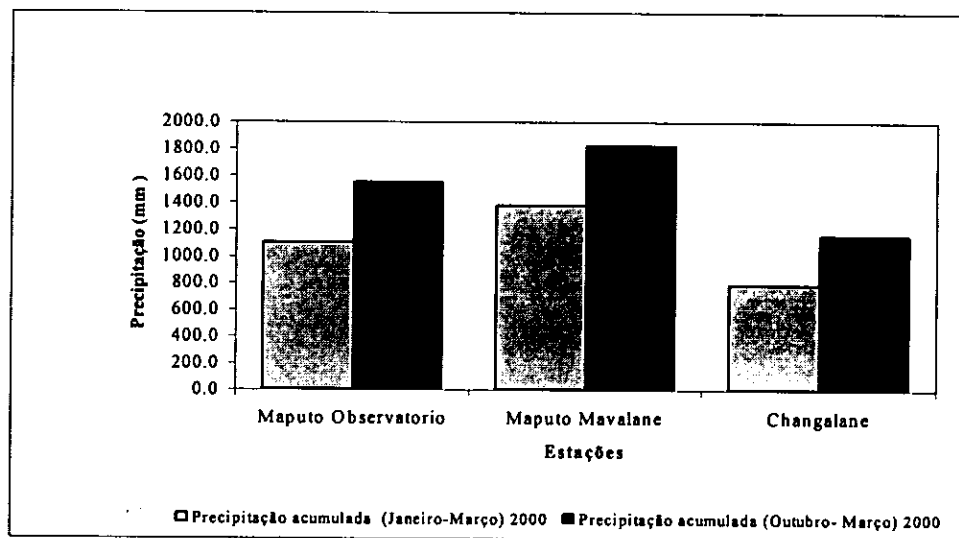


Figura 4.8 Comparação das Precipitações acumuladas de Janeiro a Março e Outubro a Março

4.5 -Evolução das cheias de 1999/2000

Nas cheias do ano 1999/2000 registaram-se 5 pontas de cheias significativas, tendo ocorrido uma em Janeiro, duas em Fevereiro e duas em Março. (Fonte: ARA-SUL, Relatório das cheias de 1999/2000)

Pontas de cheia de Fevereiro

As cheias foram caracterizadas por dois picos, tendo tido como origem as intensas precipitações de longa duração ocorridas dentro do território nacional e nos países vizinhos a montante da bacia.

a) Primeiro Pico

No dia 5/02/00 às 17:00 horas a escala hidrométrica na E-10 (Goba) registava 2.77 m cujo caudal foi 12.66 m³/s tendo atingido o máximo de 5.58 m às 17:00 horas do dia 7/2/00, cujo caudal foi de 1411.3 m³/s;

Na E-12, rio Movene, no dia 5/2/00 às 11:00 horas a escala hidrométrica registou uma subida de 2.70 m para 9.59 m às 2.00 horas do dia 8/2/00;

Na albufeira de igual modo, registou-se uma subida da cota de 45.11 m para 48.62 m nos dias 6/2 /00 (19:00 horas) e 7/2/00 (22:00 horas), respectivamente.

b) Segundo Pico

No dia 12/02/00 às 7:00 horas o nível hidrométrico do rio Movene subiu de 3.59 m para 6.87 m às 19:30 horas do mesmo dia enquanto na E-10 (Goba), a escala hidrométrica registava 3.66 m às 16:00 horas (11/2/00) tendo subido para 5.35 m às 12:00 horas do dia 12/02/00;

Na Albufeira as cotas subiram de 44.44 m às 12:00 horas do dia 11/2/00 para 47.37 m às 12 horas do dia 13/2/00;

4.5.1 -Análise do hietograma e hidrograma de cheia de 1999/2000

A bacia de Umbeluzi é vulnerável à ocorrência de cheias devido à precipitação excessiva (tabela 1.8 e 1.9 anexo I), topografia da região, geologia e maior índice de

compacidade cujo valor médio é de 1.53 (Consultec, 1992:2-6). O coeficiente de escoamento durante a cheia de 1999/2000, no troço de Goba-Albufeira dos Pequenos Libombos, é de 0.90 ou seja 90 % da precipitação ocorrida foi para o escoamento superficial. Deste coeficiente, conclui-se que o solo no troço em análise é compacto, estéril montanhoso (Lithic Cambisols) de rocha dura numa profundidade a menos de 50 centímetros (Consultec, 1992), geralmente não poroso, com reduzida vegetação e de declividade acentuada.

Tabela 4.15 Precipitação-escoamento no troço Goba-Albufeira dos Pequenos Libombos (cheias de 2000)

Troço: Goba - Albufeira dos Pequenos Libombos									
Área	Volume						Coeficiente de Escoamento	Precipitação efectiva (mm)	Perdas (mm)
838 Km ²	Base (Mm ³)	Observado (Mm ³)	Superficial		Precipitado (Mm ³)				
Data			I (Mm ³)	II (Mm ³)					
6-11Feb	Vb I	57.10	232.66	175.56	88.24	293.59	0.90	315	35.35
11-15Feb	VbII	71.40	159.64						
Soma		128.50	392.30	263.80					

A precipitação efectiva média ou excedente corresponde à 315.0 mm, sendo as perdas correspondentes à 35.0 mm.

Durante o período de cheia a Albufeira dos Pequenos Libombos, não desempenhou um papel preponderante no amortecimento da onda de cheia, visto que o coeficiente de amortecimento foi superior a 100%, isto é, 113%.

4.5.2 - Impactos negativos das cheias de 1999/00 na bacia do Umbeluzi

a) Perda de vidas humanas;

b) Perturbações de carácter social:

- População deslocada, seu reassentamento;
- Impedimento da vida normal durante o período de cheias;
- Traumas psicológicos nas pessoas afectadas;

c) Prejuízos económicos:

- Destruição de culturas e infra-estruturas agrícolas;
- Inundações de várias machambas;

- Drift de Boane submerso e os encontros danificados;
- Estrada Nacional Nº 2 ficou intransitável perto da fábrica de lacticínios;
- Submersão da ponte de acesso a Estação de Tratamento de Águas (ETA);
- Interrupção do processo produtivo;

Tabela 4.16 População afectada

Província	Distrito	População	Afectada ¹	Necessitada ²	Beneficiária ³	Deslocada ⁴	óbitos	Centro de acomodação
Maputo	Nama acha	38330	38330	4205	4000	50	...	Casa do Gaiato
	Boane	66482	66482	2500	7000	478	5	C.A. Oliveiras
	Total	104812	104812	6705	11000	528	5	2

fonte: <http://www.teledata.mz/ingc/portuguese/cheias/cheias.html>

¹ Pessoas com dificuldades económicas severas;

² Pessoas necessitadas de apoio em alimentação e/ou assistência médica, incluindo beneficiários de distribuição;

³ Número preliminar para distribuição gratuita, incluindo desalojados / isoladas, baseado nas perdas de área de cultivo;

⁴ Pessoas residentes nos centros de acomodação ou em zonas isoladas;

4.6 - Medidas de mitigação das cheias (Váz, A. C, 2000: p.1-35)

1-Antes das cheias

a) Medidas estruturais:

- Barragens de armazenamento
- Diques de defesa
- Áreas de inundação
- Correção fluvial

b) Medidas não estruturais

- Planear a ocupação da planície de inundação;
- Sistema de aviso de cheias (SAC) que tem como principais componentes:
 1. Prever precipitações meteorológicas (INAM);
 2. Operacionalidade da rede hidrométrica do sistema de alerta (DNA);
 3. Sistema de aviso às populações e instituições relevantes (INAM, DNA, INGC);
 4. Modelos matemáticos [simulação hidrológica (precipitação-escoamento), propagação da onda de cheia, exploração de albufeira];
 5. Funcionamento da rede de comunicação (Nacional, SADC - HYCOS, etc.);

6. Obter a informação da rede meteorológica e hidrométrica dos países a montante da bacia;

- Planos de emergência e de evacuação
- Consciencializar à população, instituições e agentes económicos
 1. Explicar o risco de cheias e suas consequências (CTINGC);
 2. Esclarecer o funcionamento do sistema de aviso de cheias, alerta e evacuação;
 3. Definir os canais de comunicação social e comando;
 4. Definir rotas de evacuação devidamente protegidas;
 5. Inventariar meios de socorro localmente disponíveis;
 6. Criar reservas de alimentos e medicamentos;
- Delimitar áreas inundáveis para diversos períodos de retorno e outros tipos de risco (pessoas, carros, turismo, agricultura, indústria e habitação);

2) Durante as cheias

- Activar o funcionamento do sistema de alerta, evacuar e apoiar programas de emergência;
- Garantir alimentos, vestuário e assistência médica, água potável e condições básicas de saneamento nos centros de acomodação temporário;
- Apoiar acções locais nas áreas afectadas por parte dos membros do governo central;

3) Após cheias

- Avaliação hidrológica da cheia;
- Apoiar os desalojados no reassentamento e retomada das actividades produtivas;
- Distribuir sementes agrícolas e de trabalho;
- Recuperar infra-estruturas prioritárias;
- Avaliar os prejuízos com vista à mobilizar recursos adicionais de compensação;

Capítulo V

Conclusões e Recomendações:

5.1 - Conclusão:

- Os valores médios mensais da precipitação são típicos da região em conformidade com o clima predominante na bacia, isto é, registam uma ciclicidade. Os valores mais altos ocorrem com maior frequência nos meses de Janeiro e Fevereiro na região, embora também possam ocorrer precipitações elevadas em Dezembro e Março.
- As precipitações baixas registam-se nos meses de Julho e Agosto. Entre 70 a 79% da precipitação anual média ocorre no período húmido (Outubro –Março).
- No que diz respeito aos valores anuais médios da precipitação, conclui-se que as precipitações médias anuais na bacia variam de 530 a 700 milímetros. Os coeficientes de variação (Cv), determinados ao longo do rio Umbeluzi oscilam entre 0.27 a 0.31.
- Precipitações superiores a 140 milímetros/dia, são críticas, podendo contribuir para a ocorrência de cheias na bacia, em função da sua distribuição espacial.
- A variabilidade da precipitação extrema é grande, ou seja que os elementos meteorológicos têm um comportamento errático, pois, os coeficientes de variação variam entre 50 e 64% .
- O caudal máximo histórico em Goba foi registado em 1984 ($5670 \text{ m}^3/\text{s}$) que corresponde a um período de retorno de 78 anos e o caudal máximo registado na estação de Boane (E-8) em 1984 foi de $7250 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde a um período de retorno de 43 anos. O caudal máximo de cheia de 2000 em Goba foi de $1411.28 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde a um período de retorno de 20 anos.
- A vulnerabilidade das cheias sobre a bacia tem como factores principais, os ciclones tropicais que provaram resultar em chuvas excepcionais e consquentemente cheias (cheia de 1984), a altitude ou seja o relevo (cadeia dos Pequenos Libombos), as variações climáticas, a geologia do solo, as contribuições em escoamento provenientes da Suazilândia, e outros factores.
- As cheias de 1999/2000 são do tipo II, isto é, cheias de grandes dimensões causadas por precipitação prolongada.
- O coeficiente de escoamento durante a cheia de 1999/2000, no troço de Goba – Albufeira P.Libombos, é de 0.90 ou seja 90 % da precipitação ocorrida foi para

o escoamento superficial. Deste coeficiente, conclui-se que o solo no troço em análise é compacto, estéril montanhoso (Lithic Cambisols) de rocha dura numa profundidade a menos de 50 centímetros (Scholten, 1986), geralmente não poroso, com reduzida vegetação, sem valor agrícola e de declividade acentuada.

5.2 -Recomendações

- Repôr as redes pluviométrica (INAM) e hidrométrica (DNA) com equipamento moderno com maior capacidade de resolução a fim de obter dados fiáveis;
- Usar métodos numéricos e não estatísticos na previsão do tempo (INAM);
- Aumentar a densidade da rede pluviométrica e hidrométrica;
- Educar e sensibilizar as comunidades que vivem nas áreas vulneráveis às cheias sobre a importância do uso das informações meteorológicas (estado do tempo) para a redução dos desastre naturais;
- Actualizar as curvas de vazão, através de medições periódicas de caudais sobretudo a estação hidrométrica de Boane (E-8);

5.3 -Principais dificuldades

- A falta de registo de dados nas estações pluviométricas não possibilitou o traçado das isoietas de precipitação média anual, para melhor interpretação da sua distribuição pela bacia;
- Alguns dados extraídos da monografia têm anotações confusas e de difícil confirmação;
- Associada à falta de registo de precipitação de curta duração (menores que 24 horas), esteve a impossibilidade de traçar as curvas de intensidade-duração-frequência, pois éstas teriam maior aplicabilidade na análise pormenorizada de caudais extremos de cheias históricas;

Capítulo VI

6.1 -Bibliografia

Ahmad, M.I., Sinclair, C.D. and Spurr, B.D. (1988) *Assessment of flood frequency models using EDF statistics. Water Resources Research* 24(8), 1323-1328.

Alves, António; Sistema de Aviso de Cheias (Bacias dos rios Umbeluzi, Incomati e Limpopo); Relatório número 25/91; (PUND/DTCD/ MOZ/86/020-DNA

Bobee, B. and Robitaille, R. (1975) *Correction for bias in the estimation of the coefficient of skewness. Water Resources Research* 11(6), 851-854.

Consultec- Consultores Associados (1992) *Monografia Hidrográfica da Bacia do rio Umbeluzi, Volume I- Texto ; pp 2-1,2-5, 2-20/21, tabelas 3.5.1 (1/6), (2/6)e3.5.2-DNA.*

Chow, V.T.:A general Formula for hidrologic Frequency Analisis, *Trans.Am.Geophys.Union*, vol. 32, pp.231-237, April, 1951.

Cunnane, C. (1978) *Unbiased plotting positions a review. Journal of Hydrology* 37(3/4), 205-222.

Cunnane, C. (1989) *Statistical distributions for flood frequency analysis. WMO Operational Hydrology Report no. 33. WMO: Geneva*

Faria, J.M.R(1971) *Análise da Frequência dos Maiores valores anuais da quantidade de precipitação diária em alguns pontos de Ultramar; pp 345-445 Fomento (Lisboa) 9 (3).*

Fisher, R. A., and L.H. C. Tippett: Limiting Forms of the Frequency Distributions of the Smallest and Largest Member of a Sample, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, vol.24, pp.180-190, 1928

Greenwood,J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R.(1979) *Probability-weighted moments: definition and relation to parameters of distributions expressible in inverse form. Water Resources Research* 15(5), 1049-1054.

Gringorten, I.I. (1963) *A plotting rule for extreme probability paper. Journal of Geophysical Research* 68, 813-814.

- Gumbel, E.J. (1941) *The return period of flood flows. Annals of Mathematical Statistics* 12(2), 163-190.
- Hosking, J.R.M. (1985) *Maximum likelihood estimation of the generalized extreme value distribution. Applied Statistics* 34(3), 301-310.
- Hosking, J.R.M. (1986) *The theory of probability-weighted moments. IBM Math. Research Report RC12210. Yorktown Heights, New York. 160 pp.*
- Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. and Wood, E.F. (1985) *Estimation of the generalized extreme value distribution by the method of probability-weighted moments. Technometrics* 27(3), 251-261.
- Institute of Hydrology (1983) *Review of regional growth curves. Flood Studies Supplementary Report 14. Institute of Hydrology.*
- Jenkinson, A.F. (1955) *The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 81, 158-171.
- Kite, G.W. (1977) *Frequency and Risk Analysis in Hydrology. Water Resources Publications: Fort Collins, Colo. (2nd Edition 1987)*
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R. (1979) *Probability-weighted moments compared with some traditional techniques in estimating Gumbel parameters and quartiles. Water Resources Research* 15(5), 1055-1064.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H. (1982) *Hydrology for Engineers. McGraw-Hill. 3rd Edition.*
- Muchangos, A., (1999) *Moçambique Paisagens e Regiões Naturais; Livraria Universitária; pp- 59-161.*
- Linsley, R; Kohker, Jr Max; Paulhus, J: *Hidrology for Engineers.*
- Meigh, J.R, (1995) *Regional flood estimation methods for developing countries. Institute of Hydrology report to the Overseas Development Agency , 95/1*

Natural Environment Research Council (1975) *Flood Studies Report*. HMSO: London. 5 vols.

Pinto, N. Sousa (1976) *Hidrologia Básica*, Edgar Blücher; São Paulo.

Peixoto, J(1973) *Hidrometeorologia Dinâmica*, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Instituto geofísico infante D. Luís.

Retallack, B.J.(1970) *Meteorologia, Vol II*, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.

United States Water Resources Council (1981) *Guidelines for determining flood flow frequency. Bulletin 17B*, Hydrology Committee, WRC, Washington D.C.

Villela, S.Marcondes; Mattos, Artur(1978) *Hidrologia Aplicada*, pp 70-126 São Paulo.

Vaz, A.C., *Cheias do ano hidrológico 1999/2000: Seminário Técnico*,30-31/5/2000; Maputo.

Wallis, J.R. (1973) *Eureka! It fits a Log-Pearson Type III*. *Water Resources Research* 9(2), 281

Anexo 1

Tabelas

Tabela 1. Análise estatística das precipitações extremas

Estação P-924 Namaacha Monte M'pondueme
 Período de 1966 até 2001
 Número de anos ... 35
 Média..... 88.3 Máximo. Valor... 285.0 em 1999
 CV..... .59 Declividade..... 2.456
 Série de dados
 1: 1999 285.0 2: 1983 246.0 3: 1975 139.0 4: 1996 135.0
 5: 1989 121.0 6: 1994 106.0 7: 1998 101.0 8: 1995 101.0
 9: 1973 101.0 10: 2001 96.0 11: 1980 96.0 12: 1972 95.0
 13: 1984 92.0 14: 1997 90.0 15: 1974 90.0 16: 1979 88.0
 17: 1977 78.0 18: 1981 75.0 19: 1971 74.0 20: 1968 70.0
 21: 1976 67.0 22: 1986 65.0 23: 1970 65.0 24: 1967 65.0
 25: 1990 63.0 26: 1982 61.0 27: 1978 61.0 28: 2000 60.0
 29: 1993 60.0 30: 1969 54.0 31: 1985 51.0 32: 1966 44.0
 33: 1987 41.0 34: 1988 31.0 35: 1992 25.0

Parâmetros de distribuição
 EVI-MLE $u = 68.831$; $\alpha = 30.766$

Período de retorno estimado

T	EVI-MLE
2.	80.1
5.	115.0
10.	138.1
25.	167.2
50.	188.9
100. *	210.4
200. *	231.8

Erros padronizados

T	EVI-MLE
2.	6.1
5.	9.4
10.	12.0
25.	15.6
50.	18.3
100. *	21.0
200. *	23.8

*Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 2. Análise estatística das precipitações extremas

Estação	P-315 Namaacha Goba		
Característica dos dados			
Período de	1955 até 1999		
Número de anos	... 44		
Média.....	91.4	Máximo Valor...	241.0 em 1989
CV.....	.57	Declividade.....	1.203
Série de dados			
1: 1989	241.0	2: 1983	234.0
3: 1965	212.0	4: 1998	161.0
5: 1984	147.0	6: 1967	142.0
7: 1982	131.0	8: 1980	131.0
9: 1977	128.0	10: 1970	128.0
11: 1996	126.0	12: 1976	115.0
13: 1974	108.0	14: 1972	104.0
15: 1986	101.0	16: 1975	100.0
17: 1961	99.0	18: 1997	94.0
19: 1971	93.0	20: 1999	90.0
21: 1995	86.0	22: 1992	83.0
23: 1985	79.0	24: 1973	76.0
25: 1958	76.0	26: 1978	75.0
27: 1962	73.0	28: 1966	72.0
29: 1960	71.0	30: 1987	60.0
31: 1959	60.0	32: 1969	57.0
33: 1988	53.0	34: 1968	50.0
35: 1956	50.0	36: 1994	48.0
37: 1964	45.0	38: 1955	45.0
39: 1990	39.0	40: 1957	34.0
41: 1963	30.0	42: 1991	28.0
43: 1979	28.0	44: 1993	20.0

Parâmetros de distribuição			
EV1-MLE	$\mu = 68.786; \alpha = 37.658$		

Período de retorno estimado			
T	EV1-MLE		
2.	82.6		
5.	125.3		
10.	153.5		
25.	189.2		
50.	215.7		
100*.	242.0		
200*.	268.2		
Erros padronizados			
T	EV1-MLE		
2.	6.7		
5.	10.2		
10.	13.1		
25.	17.0		
50.	20.0		
100*.	22.9		
200*.	25.9		

*Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 3. Análise estatística das precipitações extremas

Estação	P-11 69 Pequenos Libombos		
Período de	1972 até 1999		
Número de anos	... 28		
Média.....	89.5	Máximo Valor...	285.0 em 1999
CV.....	.60	Declividade.....	1.924
Série de dados			
1: 1999	285.0	2: 1984	164.0
3: 1981	159.0	4: 1975	153.0
5: 1996	140.0	6: 1986	120.0
7: 1997	101.0	8: 1972	100.0
9: 1983	98.0	10: 1994	89.0
11: 1989	89.0	12: 1978	85.0
13: 1977	84.0	14: 1998	82.0
15: 1987	77.0	16: 1974	73.0
17: 1979	72.0	18: 1980	70.0
19: 1992	69.0	20: 1973	59.0
21: 1988	58.0	22: 1995	54.0
23: 1982	54.0	24: 1985	50.0
25: 1990	44.0	26: 1976	28.0
27: 1993	26.0	28: 1991	24.0

Parâmetros de distribuição			
EVI-MLE	u = 67.640 ; α = 35.661		

Período de retorno estimado			
T	EVI-MLE		
2.	80.7		
5.	121.1		
10.	147.9		
25.	181.7		
50.	206.8		
100.	* 231.7		
200.	* 256.5		
Erros padronizados			
T	EVI-MLE		
2.	7.9		
5.	12.1		
10.	15.6		
25.	20.2		
50.	23.7		
100*.	27.2		
200*.	30.8		

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 4. Análise estatística das precipitações extremas

Estação P-6 Boane-E. Agrária de Umbeluzi
 Período de 1951 até 1999
 Número de anos ... 49
 Média..... 83.2 Máximo. Valor... 222.0 em 1967
 CV..... .53 Declividade..... 1.259
 Série de dados
 1: 1967 222.0 2: 1976 183.0 3: 1965 183.0 4: 1999 169.0
 5: 1972 143.0 6: 1997 142.0 7: 1975 138.0 8: 1973 130.0
 9: 1984 120.0 10: 1952 110.0 11: 1966 108.0 12: 1954 104.0
 13: 1962 101.0 14: 1961 100.0 15: 1989 96.0 16: 1958 95.0
 17: 1983 88.0 18: 1996 83.0 19: 1980 78.0 20: 1968 76.0
 21: 1992 75.0 22: 1978 75.0 23: 1953 75.0 24: 1951 74.0
 25: 1960 73.0 26: 1998 72.0 27: 1956 69.0 28: 1971 65.0
 29: 1995 64.0 30: 1988 63.0 31: 1957 63.0 32: 1969 60.0
 33: 1963 58.0 34: 1986 57.0 35: 1970 56.0 36: 1974 55.0
 37: 1981 54.0 38: 1982 51.0 39: 1955 51.0 40: 1994 50.0
 41: 1977 48.0 42: 1964 48.0 43: 1959 47.0 44: 1985 45.0
 45: 1979 42.0 46: 1987 38.0 47: 1991 36.0 48: 1990 33.0
 49: 1993 9.0

 Parâmetros de distribuição
 EVI-MLE $u = 64.271; \alpha = 31.419$

 Período de retorno estimado

T	EVI-MLE
2.	75.8
5.	111.4
10.	135.0
25.	164.8
50.	186.9
100*.	208.8
200*.	230.7

Erros padronizados

T	EVI-MLE
2.	5.3
5.	8.1
10.	10.4
25.	13.4
50.	15.8
100*.	18.1
200*.	20.5

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 5. Análise estatística das precipitações extremas

Estação P-7 Boane ETA-Umbeluzi
 Período de 1951 até 1999
 Número de anos ... 35
 Média..... 85.0 Máximo. Valor... 311.0 em 1999
 CV..... .63 Declividade..... 2.466

Série de dados

1: 1999 311.0 2: 1986 175.0 3: 1965 167.0 4: 1967 145.0
 5: 1989 120.0 6: 1997 110.0 7: 1952 110.0 8: 1966 97.0
 9: 1961 96.0 10: 1994 95.0 11: 1998 91.0 12: 1988 91.0
 13: 1956 91.0 14: 1958 83.0 15: 1969 80.0 16: 1954 80.0
 17: 1951 78.0 18: 1996 73.0 19: 1992 71.0 20: 1984 71.0
 21: 1955 71.0 22: 1953 71.0 23: 1957 68.0 24: 1963 61.0
 25: 1995 60.0 26: 1960 59.0 27: 1968 55.0 28: 1964 51.0
 29: 1962 50.0 30: 1985 47.0 31: 1959 40.0 32: 1987 39.0
 33: 1991 34.0 34: 1990 25.0 35: 1993 10.0

Parâmetros de distribuição

EV1-MLE $u = 64.341$; $\alpha = 34.090$

Período de retorno estimado

T	EV1-MLE
2.	76.8
5.	115.5
10.	141.1
25.	173.4
50.	197.4
100.	* 221.2
200.	* 244.9

Erros padronizados

T	EV1-MLE
2.	6.8
5.	10.4
10.	13.3
25.	17.3
50.	20.3
100*	23.3
200*	26.3

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 6. Análise estatística das precipitações extremas

Estação P-3 Boane Massaca II
 Período de 1963 até 1999
 Número de anos ... 37
 Média..... 89.0 Máximo. Valor... 281.0 em 1999
 CV..... .64 Declividade..... 1.709
 Série de dados
 1: 1999 281.0 2: 1965 235.0 3: 1976 190.0 4: 1983 171.0
 5: 1967 155.0 6: 1975 140.0 7: 1972 140.0 8: 1996 98.0
 9: 1971 98.0 10: 1986 93.0 11: 1973 93.0 12: 1966 93.0
 13: 1981 92.0 14: 1978 92.0 15: 1995 91.0 16: 1997 89.0
 17: 1974 86.0 18: 1998 80.0 19: 1984 77.0 20: 1969 73.0
 21: 1980 70.0 22: 1977 68.0 23: 1982 64.0 24: 1968 58.0
 25: 1987 57.0 26: 1979 56.0 27: 1989 55.0 28: 1970 55.0
 29: 1992 52.0 30: 1988 52.0 31: 1994 51.0 32: 1985 41.0
 33: 1990 38.0 34: 1991 30.0 35: 1963 30.0 36: 1964 29.0
 37: 1993 19.0

 Parâmetros de distribuição
 GEV-MLE $\mu = 61.831$; $\alpha = 33.084$; $k = -.206$

Período de retorno estimado

T	GEV-MLE
2.	74.4
5.	120.0
10.	156.5
25.	211.6
50.	259.9
100*.	315.4
200*.	379.1

Erros padronizados

T	GEV-MLE
2.	7.3
5.	13.4
10.	22.1
25.	42.1
50.	65.4
100*.	97.7
200*.	141.1

- Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 7. Análise estatística das precipitações extremas

Estação P-3 02 Boane
 Período de 1950 até 199
 Número de anos ... 23
 Média..... 79.8 Máximo. Valor... 241.0 em 1957
 CV..... .67 Declividade..... 1.840

Série de dados

1: 1957 241.0 2: 1959 210.0 3: 1954 119.0 4: 1953 107.0
 5: 1958 104.0 6: 1960 100.0 7: 1952 92.0 8: 1987 83.0
 9: 1950 78.0 10: 1963 74.0 11: 1962 68.0 12: 1989 66.0
 13: 1955 66.0 14: 1988 65.0 15: 1961 64.0 16: 1951 52.0
 17: 1986 51.0 18: 1990 48.0 19: 1956 43.0 20: 1984 33.0
 21: 1964 31.0 22: 1991 28.0 23: 1985 12.0

Parâmetros de distribuição

GEV-PWM $\mu = 54.108; \alpha = 30.795; k = -.20$

Período de retorno estimado

T	GEV-PWM
2.	65.8
5.	108.3
10.	142.5
25.	194.1
50*.	239.5
100*.	291.7
200*.	351.7

Erros padronizados

T	GEV-PWM
2.	8.9
5.	16.1
10.	26.3
25.	51.0
50. *	80.8
100. *	122.7
200. *	179.6

*Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 8. Análise estatística dos caudais extremos

Estação E-8 Boane
 Período de 1955 até 1986
 Número de anos ... 24
 Média..... 777.5 Máximo. Valor... 7250.0 em 1984
 CV..... 2.18 Declividade..... 3.217

Série de dados

1: 1984 7250.0 2: 1966 4750.0 3: 1977 1650.0 4: 1985 974.0
 5: 1976 721.0 6: 1972 628.0 7: 1975 560.0 8: 1981 379.0
 9: 1974 366.0 10: 1978 255.0 11: 1971 156.0 12: 1973 121.0
 13: 1982 114.0 14: 1980 112.0 15: 1957 112.0 16: 1955 105.0
 17: 1970 88.0 18: 1979 78.6 19: 1958 66.9 20: 1969 47.0
 21: 1959 46.2 22: 1956 37.2 23: 1983 24.0 24: 1986 19.0

Parâmetros de distribuição

LP3-i $x_0 = .575 ; \beta = .517 ; \gamma = 9.173$

Período de retorno estimado

T	LP3-i
2.	171.2
5.	700.9
10.	1623.8
25.	4321.6
50*.	8527.6
100*.	16239.3
200*.	30108.8

Erros padronizado

T	LP3-i
2.	61.5
5.	326.3
10.	961.4
25.	3718.6
50*.	9802.2
100*.	24847.3
200*.	61165.6

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 9. Análise estatística dos caudais extremos

Estação E-10 Goba-Montante
 Período de 1952 até 1999
 Número de anos... 38
 Média..... 472.7 Max. valor... 5670.0 em 1984
 CV..... 2.07 declividade..... 4.389

Série de dados

1: 1984 5670.0 2: 1966 1990.0 3: 1999 1411.3 4: 1977 1330.0
 5: 1972 1270.0 6: 1985 617.0 7: 1958 617.0 8: 1976 611.0
 9: 1981 578.0 10: 1975 437.0 11: 1956 420.0 12: 1955 409.0
 13: 1974 360.0 14: 1967 354.0 15: 1978 192.0 16: 1973 161.0
 17: 1971 143.0 18: 1965 137.0 19: 1961 131.0 20: 1970 128.0
 21: 1963 123.0 22: 1959 101.0 23: 1954 93.9 24: 1957 80.9
 25: 1987 77.4 26: 1986 60.8 27: 1980 60.8 28: 1982 53.1
 29: 1968 51.6 30: 1960 45.8 31: 1969 41.7 32: 1952 39.0
 33: 1979 36.4 34: 1983 33.8 35: 1953 30.1 36: 1962 27.8
 37: 1964 26.6 38: 1988 11.8

Parâmetros de estimação

LP3-i $x_0 = -1.103$; $\beta = .331$; $\gamma = 18.662$

Período de retorno estimado

T	LP3-I
2.	143.7
5.	511.3
10.	1059.7
25.	2426.7
50.	4266.6
100*.	7230.8
200*.	11917.6

Erros padronizados

T	LP3-i
2.	36.7
5.	161.1
10.	412.4
25.	1302.6
50.	2912.4
100. *	6197.2
200. *	12665.1

* Período de retorno é duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 10. Análise estatística das precipitações anuais

Estação P-1169 P. Libombos
 Período de 1974 até 1997
 Número de anos... 22
 Média... 622.1 Máx. valor... 1012.0 em 1997
 CV.... .27 Declividade..... -.109

Série de dados

1: 1997 1012.0 2: 1978 832.0 3: 1996 808.0 4: 1980 786.0
 5: 1975 702.0 6: 1974 685.0 7: 1993 683.0 8: 1985 682.0
 9: 1990 680.0 10: 1984 655.0 11: 1979 634.0 12: 1986 620.0
 13: 1982 618.0 14: 1987 610.0 15: 1995 572.0 16: 1988 560.0
 17: 1989 538.0 18: 1991 530.0 19: 1983 463.0 20: 1981 411.0
 21: 1994 375.0 22: 1992 230.0

Parâmetros de estimação

GEV-MLE $u = 564.071$; $\alpha = 167.188$; $k = .277$

Período de retorno estimado

T	GEV-MLE
2.	622.3
5.	769.3
10.	844.1
25.	918.8
50*.	962.9
100*.	998.9
200*.	1028.5

Erros padronizados

T	GEV-MLE
2.	38.9
5.	41.7
10.	44.6
25.	51.7
50*.	59.6
100*.	68.9
200*.	79.0

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 11. Análise estatística das precipitações anuais

Estação P- 315 Namaacha Goba
 Característica dos dados
 Período de 1956 até 1997
 Número de anos... 25
 Média.. 720.0 Máx. valor... 1213.0 em 1990
 CV.... .31 Declividade.... .294

Série de dados

1: 1990 1213.0 2: 1972 1175.0 3: 1996 958.0 4: 1976 932.0
 5: 1966 923.0 6: 1978 867.0 7: 1975 835.0 8: 1961 782.0
 9: 1956 779.0 10: 1969 767.0 11: 1997 764.0 12: 1974 740.0
 13: 1973 717.0 14: 1986 706.0 15: 1967 694.0 16: 1959 666.0
 17: 1968 607.0 18: 1957 601.0 19: 1979 563.0 20: 1971 551.0
 21: 1989 519.0 22: 1970 507.0 23: 1958 449.0 24: 1995 440.0
 25: 1992 244.0

Parâmetros de estimação

GEV-MLE $u = 637.025$; $\alpha = 209.262$; $k = .214$

Período de retorno estimado

T	GEV-MLE
2.	710.8
5.	905.4
10.	1010.6
25.	1121.4
50.	* 1190.2
100.	* 1249.0
200.	* 1299.4

Erros padronizados

T	GEV-MLE
2.	47.7
5.	54.4
10.	62.3
25.	80.8
50*.	100.3
100*.	122.8
200*.	147.0

* Período de retorno duas vezes maior que o comprimento da curva

Tabela 1. 1 Precipitação anual na estação de Namaacha-Goba (P-315)

Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
1954/55	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0	...
1955/56	154	184	36	47	197	64	20	12	23	8	0	34	779
1956/57	8	50	99	23	105	63	134	10	2	48	13	46	601
1957/58	118	3	37	206	50	4	16	0	1	0	0	14	449
1958/59	16	116	42	93	115	87	4	116	16	7	0	54	666
1959/60	...	7	42	88	78	94	92	30	31	0	13	58	...
1960/61	54	177	137	79	0	92	58	0	44	14	41	86	782
1961/62	98	43	53	141	14	0	45	...	0	0	25	...	...
1962/63	44	98	30	78	88	68	67	44	90	97	0	...	...
1963/64	49	11	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1964/65	...	9	119	17	31	12	7	0	15	0	36	32	...
1965/66	45	76	31	613	91	6	13	0	24	0	14	10	923
1966/67	34	7	107	72	191	136	115	13	14	0	5	0	694
1967/68	47	49	37	113	258	93	22	22	17	13	24	12	707
1968/69	31	64	37	149	44	112	163	83	0	22	2	60	767
1969/70	172	42	83	1	77	12	12	35	4	4	53	12	507
1970/71	80	111	153	70	30	13	100	61	12	0	0	21	651
1971/72	95	105	145	215	263	193	58	102	0	0	0	0	1176
1972/73	105	144	0	35	172	47	62	0	0	0	6	146	717
1973/74	43	127	264	138	0	52	54	0	0	62	0	0	740
1974/75	22	86	65	140	310	83	66	25	20	0	0	22	839
1975/76	18	91	210	269	155	69	92	28	0	0	0	0	932
1976/77	150	...	...	...	...	...	0	4	0	0	0	36	...
1977/78	15	22	98	333	31	148	36	128	0	36	3	17	867
1978/79	54	110	75	120	4	111	61	0	0	5	11	12	563
1979/80	...	...	...	...	28	...	...	18	...	5	16	...	...
1980/81	11	162	109	...	209	172	16	40	...	...	...	...	...
1981/82	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1982/83	...	38	49	87	57	86	6	138	17	8	40	13	...
1983/84	25	22	87	289	101	130	48	...	42	65	13	37	...
1984/85	51	13	16	73	176	147	6	53	0	2	1	...	...
1985/86	34	81	114	201	63	105	60	4	10	0	20	14	706
1986/87	10	21	87	81	...	23	23	13	4	0	51	158	...
1987/88	28	...	60	46	99	92	14	3	34	4	10	25	...
1988/89	118	36	116	48	120	13	3	0	39	0	0	21	514
1989/90	36	132	491	286	116	73	35	19	0	0	8	17	1213
1990/91	3	13	99	22	75	30	...	9	47	10	0	6	...
1991/92	7	63	68	31	35	24	2	0	1	5	8	0	244
1992/93	1	68	153	80	64	101	26	...	...	...	40	148	...
1993/94	...	...	...	...	...	...	20	2	2	...	...	7	...
1994/95	94	43	48	77	32	72	15	40	0	0	19	0	440
1995/96	52	57	248	208	211	32	54	55	12	17	12	0	958
1996/97	138	43	55	80	100	173	8	31	36	3	30	67	764
1997/98	70	97	96	177	82	108	58	...	0	3	1	21	...
1998/99	52	103	218	473	432	101	35	0	16	4	...	...	...
Média	57.4	70.0	101.0	139.0	110.0	78.0	43.0	29.9	15.0	11.3	13.0	33.0	701.0
Mediana	45.0	63.0	83.0	87.0	88.0	83.0	35.0	13.0	10.0	3.0	8.0	17.0	
Desvio Pa drão	46.2	50.0	88.9	128.0	94.0	51.0	39.0	37.9	19.0	21.5	16.0	41.0	
CV	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	1.3	1.3	1.9	1.2	1.3	

Tabela 1. 2 Precipitação anual na estação dos Pequenos Libombos (P-1169)

Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
1972/73	...	...	...	...	...	...	...	33	0	4	18	178	...
1973/74	43	99	195	137	41	41	62	5	0	52	4	6	685
1974/75	11	68	42	179	190	52	100	15	24	0	0	21	702
1975/76	13	61	249	335	140	...	...	...	...	...	...	...	...
1976/77	...	...	...	...	...	...	12	0	2	0	8	74	...
1977/78	19	27	52	305	50	232	56	19	7	40	6	19	832
1978/79	65	100	93	91	9	130	52	5	13	14.0e	16	46	634
1979/80	67	113	261	38	131	34	46	10	0	2	12	72	786
1980/81	11	50	58	37	66	67	14	18	10	7	2	71	411
1981/82	64	121	208	26	14	33	113	5	0	16	10	8	618
1982/83	46	39	41	58	82	79	6	46	14	21	30	1	463
1983/84	53	109	142	26	114	3	16	0	56	76	25	35.0	655
1984/85	21	195	44	113	219	37	12	32	3	0	0	6	682
1985/86	38	149	59	131	72	80	57	4	10	3	2	15	620
1986/87	14	26	139	82	2	64	56	2	1	1	49	174	610
1987/88	75	47	106	26	106	94	40	7	20	11	12	16	560
1988/89	150	15	57	27	151	54	14	0	64	2	4	0	538
1989/90	24	200	165	80	67	77	57	5	0	0	5	0	680
1990/91	44	24	100	183	49	67	9	21	19	14	0	0	530
1991/92	5	30	81	41	21	0	1	4	31	4	11	1	230
1992/93	4	75	251	51	105	108	0	29	4	23	31	2	683
1993/94	24	37	100	77	9	62	34	10	2	1	14	5	375
1994/95	118	39	87	43	99	73	14	78	0	0	21	0	572
1995/96	73	56	145	155	215	30	45	63	0	18	7	1	808
1996/97	201	55	130	134	153	83	44	25	32	23	59	73	1012
Média	52.0	77.0	120.4	103.0	91.5	68.2	37.4	18.2	13.0	14.0	14.0	34.3	643.2
Mediana	43.0	56.0	100.0	80.0	82.0	64.0	40.0	10.0	4.0	4.0	10.0	8.0	
Desvio Padrão	47.9	51.8	69.3	84.9	65.3	48.0	30.2	20.4	17.6	18.9	15.2	50.9	
CV	0.9	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	1.1	1.4	1.4	1.1	1.5	

Tabela 1.3 Precipitação anual na estação dos Pequenos Libombos (P-1169)

Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
1972/73	-	-	-	-	-	-	-	33	0	4	18	178	-
1973/74	43	99	195	137	41	41	62	5	0	52	4	6	685
1974/75	11	68	42	179	190	52	100	15	24	0	0	21	702
1975/76	13	61	249	335	140	-	-	-	-	-	-	-	-
1976/77	-	-	-	-	-	-	12	0	2	0	8	74	-
1977/78	19	27	52	305	50	232	56	19	7	40	6	19	832
1978/79	65	100	93	91	9	130	52	5	13	14.0e	16	46	634
1979/80	67	113	261	38	131	34	46	10	0	2	12	72	786
1980/81	11	50	58	37	66	67	14	18	10	7	2	71	411
1981/82	64	121	208	26	14	33	113	5	0	16	10	8	618
1982/83	46	39	41	58	82	79	6	46	14	21	30	1	463
1983/84	53	109	142	26	114	3	16	0	56	76	25	35.0e	655
1984/85	21	195	44	113	219	37	12	32	3	0	0	6	682
1985/86	38	149	59	131	72	80	57	4	10	3	2	15	620
1986/87	14	26	139	82	2	64	56	2	1	1	49	174	610
1987/88	75	47	106	26	106	94	40	7	20	11	12	16	560
1988/89	150	15	57	27	151	54	14	0	64	2	4	0	538
1989/90	24	200	165	80	67	77	57	5	0	0	5	0	680
1990/91	44	24	100	183	49	67	9	21	19	14	0	0	530
1991/92	5	30	81	41	21	0	1	4	31	4	11	1	230
1992/93	4	75	251	51	105	108	0	29	4	23	31	2	683
1993/94	24	37	100	77	9	62	34	10	2	1	14	5	375
1994/95	118	39	87	43	99	73	14	78	0	0	21	0	572
1995/96	73	56	145	155	215	30	45	63	0	18	7	1	808
1996/97	201	55	130	134	153	83	44	25	32	23	59	73	1012
Média	52.0	77.0	120.4	103.0	91.5	68.2	37.4	18.2	13.0	14.0	14.0	34.3	643.2
Mediana	43.0	56.0	100.0	80.0	82.0	64.0	40.0	10.0	4.0	4.0	10.0	8.0	
Desvio Padrão	47.9	51.8	69.3	84.9	65.3	48.0	30.2	20.4	17.6	18.9	15.2	50.9	
CV	0.9	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	1.1	1.4	1.4	1.1	1.5	

Tabela 1. 4 Alturas e caudais registados na estação hidrométrica de Goba durante as cheias de 2000

Data	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Data	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Data	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Volume (Mm ³)
1-Jan-2000	2.98	29.12	2.52	1-Feb-2000	3.02	32.29	2.79	1-Mar-2000	3.24	67.22	5.81
2-Jan-2000	3.03	34.34	2.97	2-Feb-2000	2.96	27.02	2.33	2-Mar-2000	3.19	58.59	5.06
3-Jan-2000	3.03	34.28	2.96	3-Feb-2000	2.93	23.12	2.00	3-Mar-2000	3.15	51.42	4.44
4-Jan-2000	3.04	35.54	3.07	4-Feb-2000	2.86	16.39	1.42	4-Mar-2000	3.13	50.25	4.34
5-Jan-2000	3.00	31.82	2.75	5-Feb-2000	2.77	12.28	1.06	5-Mar-2000	3.14	49.74	4.30
6-Jan-2000	3.00	31.84	2.75	6-Feb-2000	3.07	36.81	3.18	6-Mar-2000	3.11	45.44	3.93
7-Jan-2000	2.99	30.29	2.62	7-Feb-2000	5.58	1112.86	96.15	7-Mar-2000	3.08	42.89	3.71
8-Jan-2000	3.51	128.63	11.11	8-Feb-2000	4.89	637.46	55.08	8-Mar-2000	3.08	43.38	3.75
9-Jan-2000	3.56	138.72	11.99	9-Feb-2000	4.25	400.90	34.64	9-Mar-2000	3.13	49.70	4.29
10-Jan-2000	3.38	103.61	8.95	10-Feb-2000	3.93	267.89	23.15	10-Mar-2000	3.14	51.94	4.49
11-Jan-2000	3.30	80.68	6.97	11-Feb-2000	4.40	236.86	20.46	11-Mar-2000	3.21	59.94	5.18
12-Jan-2000	3.23	65.81	5.69	12-Feb-2000	5.31	1151.60	99.50	12-Mar-2000	3.39	110.17	9.52
13-Jan-2000	3.19	59.83	5.17	13-Feb-2000	3.92	292.60	25.28	13-Mar-2000	3.26	70.15	6.06
14-Jan-2000	3.11	44.44	3.84	14-Feb-2000	3.67	208.50	18.01	14-Mar-2000	3.19	60.45	5.22
15-Jan-2000	3.05	37.27	3.22	15-Feb-2000	3.63	195.00	16.89	15-Mar-2000	3.14	49.74	4.30
16-Jan-2000	3.12	41.75	3.61	16-Feb-2000	3.89	282.60	24.42	16-Mar-2000	3.09	44.39	3.84
17-Jan-2000	4.11	265.33	22.92	17-Feb-2000	3.72	224.10	19.36	17-Mar-2000	3.97	163.80	14.15
18-Jan-2000	3.68	169.20	14.62	18-Feb-2000	3.56	176.50	15.25	18-Mar-2000	4.62	454.25	39.25
19-Jan-2000	3.43	112.24	9.70	19-Feb-2000	3.55	172.89	14.94	19-Mar-2000	4.49	446.09	38.54
20-Jan-2000	3.33	87.34	7.55	20-Feb-2000	3.46	122.82	10.61	20-Mar-2000	3.90	243.70	21.06
21-Jan-2000	3.24	67.22	5.81	21-Feb-2000	3.39	104.46	9.03	21-Mar-2000	3.69	182.86	15.80
22-Jan-2000	3.18	56.73	4.90	22-Feb-2000	3.31	83.94	7.25	22-Mar-2000	3.57	149.89	12.95
23-Jan-2000	3.15	50.86	4.39	23-Feb-2000	3.25	74.36	6.43	23-Mar-2000	3.47	123.64	10.68
24-Jan-2000	3.11	44.95	3.88	24-Feb-2000	3.23	69.95	6.04	24-Mar-2000	3.37	100.73	8.70
25-Jan-2000	3.03	33.87	2.93	25-Feb-2000	3.44	111.22	9.61	25-Mar-2000	3.30	79.15	6.84
26-Jan-2000	3.00	30.68	2.65	26-Feb-2000	3.48	125.27	10.82	26-Mar-2000	3.27	77.43	6.69
27-Jan-2000	2.98	27.78	2.40	27-Feb-2000	3.45	116.31	10.05	27-Mar-2000	3.26	72.20	6.24
28-Jan-2000	2.93	24.03	2.08	28-Feb-2000	3.34	91.58	7.91	28-Mar-2000	3.16	54.87	4.74
29-Jan-2000	3.02	33.87	2.93	29-Feb-2000	3.28	78.24	6.76	29-Mar-2000	3.15	54.27	4.69
30-Jan-2000	3.06	40.00	3.46					30-Mar-2000	3.16	56.06	4.84
31-Jan-2000	3.08	39.61	3.42					31-Mar-2000	3.36	96.17	8.31
Média	3.19	64.89	5.61		3.64	223.65	19.32		3.37	105.18	9.09

Tabela 1.5 Precipitações registadas nas estações pluviométricas de Changalane e Pequenos Libombos durante as cheias de 2000

Data	Precipitação (mm)				Precipitação (mm)				Precipitação (mm)			
	PL	Chang	Média	Data	PL	Chang	Média	Data	PL	Chang	Média	Data
1-Jan-2000	14.10	...	14.10	1-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	1-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
2-Jan-2000	1.80	...	1.80	2-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	2-Mar-2000	0.00	0.00	0.90	
3-Jan-2000	0.00	...	0.00	3-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	3-Mar-2000	0.00	0.00	...	
4-Jan-2000	23.50	...	23.50	4-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	4-Mar-2000	0.00	0.00	1.10	
5-Jan-2000	3.30	3.10	3.20	5-Feb-2000	7.30	11.60	9.45	5-Mar-2000	1.20	0.00	0.00	
6-Jan-2000	0.00	0.40	0.20	6-Feb-2000	67.70	43.30	55.50	6-Mar-2000	5.00	0.00	2.50	
7-Jan-2000	26.60	13.60	20.10	7-Feb-2000	284.70	157.80	221.25	7-Mar-2000	1.30	0.00	0.65	
8-Jan-2000	8.70	10.30	9.50	8-Feb-2000	32.60	37.90	35.25	8-Mar-2000	9.30	...	9.30	
9-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	9-Feb-2000	14.30	3.30	8.80	9-Mar-2000	8.50	...	8.50	
10-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	10-Feb-2000	8.80	22.80	15.80	10-Mar-2000	21.10	24.90	23.00	
11-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	11-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	11-Mar-2000	14.00	17.30	15.65	
12-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	12-Feb-2000	17.20	...	17.20	12-Mar-2000	1.00	...	1.00	
13-Jan-2000	0.00	3.50	1.75	13-Feb-2000	0.00	0.00	0.00	13-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
14-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	14-Feb-2000	0.00	2.80	1.40	14-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
15-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	15-Feb-2000	7.50	...	7.50	15-Mar-2000	0.00	0.40	0.20	
16-Jan-2000	26.10	...	26.10	16-Feb-2000	13.70	60.00	36.85	16-Mar-2000	13.20	...	13.20	
17-Jan-2000	18.30	51.00	34.65	17-Feb-2000	0.00	0.80	0.40	17-Mar-2000	45.50	41.20	43.35	
18-Jan-2000	3.30	4.20	3.75	18-Feb-2000	0.50	...	0.50	18-Mar-2000	0.50	...	0.50	
19-Jan-2000	0.00	0.20	0.10	19-Feb-2000	0.50	0.40	0.45	19-Mar-2000	36.20	32.70	34.45	
20-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	20-Feb-2000	0.50	...	0.50	20-Mar-2000	0.00	0.50	0.25	
21-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	21-Feb-2000	0.00	...	0.00	21-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
22-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	22-Feb-2000	0.00	0.20	0.10	22-Mar-2000	5.10	...	5.10	
23-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	23-Feb-2000	0.00	1.00	0.50	23-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
24-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	24-Feb-2000	3.80	6.00	4.90	24-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
25-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	25-Feb-2000	2.00	5.60	3.80	25-Mar-2000	0.70	...	0.70	
26-Jan-2000	0.00	0.00	0.00	26-Feb-2000	13.50	12.00	12.75	26-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
27-Jan-2000	0.00	1.00	0.50	27-Feb-2000	0.60	...	0.60	27-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
28-Jan-2000	0.00	2.40	1.20	28-Feb-2000	1.00	...	1.00	28-Mar-2000	0.00	0.00	0.00	
29-Jan-2000	14.6	11.10	12.85	29-Feb-2000	8.00	1.60	4.80	29-Mar-2000	0.40	...	0.40	
30-Jan-2000	0.70	...	0.70					30-Mar-2000	14.50	...	14.50	
31-Jan-2000	0.00	0.00	0.00					31-Mar-2000	39.50	...	39.50	

PL- Pequenos Li bombos; Chang- Changalane

Tabela 1. 6 Caudais e volumes registados na Albufeira dos Pequenos Libombos no mês de Janeiro

Dia	Armazenamento			Perdas			Precipitação			Caudal		
	Cota (m)	Volume (Mm ³)	Área (km ²)	Evaporação		Infiltração	Prec. (mm)	Volume (Mm ³)	Efluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Afluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)
				E(mm)	Vol (Mm ³)							
1-Jan-00	45.66	332.32	36.44	3.60	0.13	0.14	14.10	0.51	16.43	1.42	33.25	2.87
2-Jan-00	45.69	333.42	36.55	1.50	0.05	0.14	1.80	0.07	17.93	1.55	32.09	2.77
3-Jan-00	45.72	334.76	36.68	4.30	1.16	0.14	0.00	0.00	17.94	1.55	36.93	3.19
4-Jan-00	45.76	335.98	36.8	2.10	0.08	0.14	23.50	0.86	17.95	1.55	24.64	2.13
5-Jan-00	45.82	338.44	37.04	2.50	0.09	0.14	3.30	0.12	17.97	1.55	47.76	4.13
6-Jan-00	45.88	340.43	37.23	3.40	0.13	0.14	0.00	0.00	17.98	1.55	44.03	3.80
7-Jan-00	45.94	342.92	37.48	3.20	0.12	0.15	26.60	1.00	30.62	2.65	50.97	4.40
8-Jan-00	46.03	346.3	37.81	3.70	0.14	0.15	8.70	0.33	41.23	3.56	79.95	6.91
9-Jan-00	46.23	353.68	38.52	6.40	0.25	0.15	0.00	0.00	45.31	3.91	135.29	11.69
10-Jan-00	46.41	360.67	39.19	1.50	0.06	0.16	0.00	0.00	47.41	4.10	130.81	11.30
11-Jan-00	45.52	365.14	39.61	4.60	0.18	0.16	0.00	0.00	48.98	4.23	104.57	9.03
12-Jan-00	46.61	368.72	39.95	4.60	0.18	0.16	0.00	0.00	50.48	4.36	95.86	8.28
13-Jan-00	46.65	370.32	40.1	6.30	0.25	0.16	0.00	0.00	62.42	5.39	85.70	7.40
14-Jan-00	46.65	370.32	40.1	3.40	0.14	0.16	0.00	0.00	65.73	5.68	69.14	5.97
15-Jan-00	46.64	369.79	40.05	3.90	0.16	0.16	0.00	0.00	65.57	5.67	63.02	5.44
16-Jan-00	46.63	369.65	40.04	2.80	0.11	0.16	26.10	1.04	65.41	5.65	54.89	4.74
17-Jan-00	46.70	372.47	40.3	1.30	0.05	0.17	18.30	0.74	65.89	5.69	92.34	7.98
18-Jan-00	47.10	388.61	41.8	1.30	0.05	0.17	3.30	0.14	82.79	7.15	270.63	23.38
19-Jan-00	47.20	392.81	42.19	3.60	0.15	0.16	0.00	0.00	125.36	10.83	177.67	15.35
20-Jan-00	47.04	386.11	41.57	4.10	0.17	0.16	0.00	0.00	240.66	20.79	166.98	14.43
21-Jan-00	46.84	378.01	40.82	5.20	0.21	0.16	0.00	0.00	246.16	21.27	156.71	13.54
22-Jan-00	46.62	368.99	39.97	4.40	0.18	0.15	0.00	0.00	242.76	20.97	142.19	12.29
23-Jan-00	46.40	360.54	39.17	5.00	0.2	0.15	0.00	0.00	239.66	20.71	145.99	12.61
24-Jan-00	46.17	351.63	38.32	5.00	0.19	0.14	0.00	0.00	237.15	20.49	137.95	11.92
25-Jan-00	45.94	342.79	37.47	4.50	0.17	0.14	0.00	0.00	236.00	20.39	137.29	11.86
26-Jan-00	45.85	339.43	37.14	4.90	0.18	0.14	0.00	0.00	142.58	12.32	107.48	9.29
27-Jan-00	45.76	336.11	36.81	1.00	0.04	0.14	0.00	0.00	118.00	10.20	81.54	7.05
28-Jan-00	45.67	332.69	36.48	1.50	0.05	0.14	0.00	0.00	118.00	10.20	80.66	6.97
29-Jan-00	45.59	329.78	36.19	7.30	0.26	0.14	14.6	0.05	118.00	10.20	82.89	7.16
30-Jan-00	45.53	327.73	35.98	3.80	0.14	0.14	0.70	0.03	118.00	10.20	97.20	8.40
31-Jan-00	45.46	325.1	35.72	3.20	0.11	0.13	0.00	0.00	118.00	10.20	90.45	7.82
Média	46.18	353.73	38.50	3.67	0.14	0.15	4.55	0.16	99.30	8.58	98.61	8.52

Observação :-2.00 = sem informação

Tabela 1.7 Caudais e volumes registados na Albufeira dos Pequenos Libombos no mês de Fevereiro

Dia	Cota (m)	Armazenamento		Perdas			Precipitação		Caudal			
		Volume (Mm ³)	Área (km ²)	Evaporação		Infiltração Vol (Mm ³)	Prec. (mm)	Volume (Mm ³)	Efluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Afluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)
				E(mm)	Vol (Mm ³)							
1-Feb-00	45.38	322.49	35.46	3.50	0.09	0.13	0.00	0.00	118.00	10.20	990.34	7.81
2-Feb-00	45.29	319.20	35.13	4.90	0.12	0.13	0.00	0.00	118.00	10.20	82.79	7.15
3-Feb-00	45.19	315.59	34.77	3.90	0.09	0.13	0.00	0.00	118.00	10.20	78.80	6.81
4-Feb-00	45.06	311.21	34.32	7.50	0.18	0.13	0.00	0.00	118.00	10.20	70.91	6.13
5-Feb-00	44.98	308.59	34.08	2.50	0.06	0.13	7.30	0.25	118.00	10.20	86.88	7.51
6-Feb-00	45.04	310.53	34.25	-2.00	-0.05	0.13	67.70	2.32	76.64	6.62	73.15	6.32
7-Feb-00	47.61	410.58	43.81	-2.00	-0.06	0.17	284.70	12.47	83.48	7.21	1098.50	94.91
8-Feb-00	48.09	432.22	45.73	1.60	0.05	0.18	32.60	1.49	1472.08	127.18	1707.90	147.56
9-Feb-00	46.71	372.87	40.34	1.10	0.03	0.16	14.30	0.58	1929.63	166.72	1238.22	106.98
10-Feb-00	44.77	301.26	33.61	2.10	0.05	0.12	8.80	0.30	1900.00	164.16	1069.68	92.42
11-Feb-00	44.42	289.84	32.89	1.00	0.02	0.11	0.00	0.00	1004.50	86.79	673.94	75.51
12-Feb-00	45.89	314.05	37.30	4.80	0.13	0.14	17.20	0.64	148.24	12.81	736.61	63.64
13-Feb-00	47.32	398.19	42.68	2.70	0.08	0.17	0.00	0.00	354.75	30.65	1019.00	88.04
14-Feb-00	47.23	394.22	42.32	4.70	0.14	0.17	0.00	0.00	520.44	44.97	478.09	41.31
15-Feb-00	46.93	381.56	41.15	6.00	0.17	0.16	7.50	0.31	560.01	48.38	413.80	35.75
16-Feb-00	46.82	377.19	40.74	7.60	0.22	0.16	13.70	0.56	596.23	51.51	543.59	46.97
17-Feb-00	46.82	377.33	40.76	1.30	0.04	0.16	0.00	0.00	596.32	51.54	600.39	51.87
18-Feb-00	46.45	362.25	39.34	2.80	0.08	0.15	0.50	0.02	587.96	50.80	415.83	35.93
19-Feb-00	46.05	346.93	37.87	2.90	0.08	0.15	0.50	0.02	578.77	50.01	403.92	34.90
20-Feb-00	45.59	329.90	36.20	2.20	0.06	0.14	0.50	0.02	572.30	49.45	377.17	32.59
21-Feb-00	45.08	312.02	34.41	3.50	0.08	0.13	0.00	0.00	339.35	29.32	134.80	11.65
22-Feb-00	44.97	308.13	34.05	4.20	0.10	0.12	0.00	0.00	328.41	28.37	286.09	24.72
23-Feb-00	44.97	308.25	34.05	2.00	0.05	0.12	0.00	0.00	140.13	12.11	143.44	12.39
24-Feb-00	45.00	309.16	34.11	1.50	0.04	0.13	3.80	0.13	116.09	10.03	126.98	10.97
25-Feb-00	45.03	310.07	34.21	2.90	0.07	0.13	2.00	0.07	116.09	10.03	128.15	11.07
26-Feb-00	45.16	314.78	34.69	3.60	0.09	0.13	13.50	0.47	116.46	10.06	168.03	14.52
27-Feb-00	45.28	318.73	35.08	2.20	0.05	0.13	0.60	0.02	116.78	10.09	164.44	14.21
28-Feb-00	45.33	320.73	35.29	1.10	0.03	0.13	1.00	0.04	116.97	10.11	141.49	12.22
29-Feb-00	45.38	322.26	35.44	5.50	0.14	0.13	8.00	0.28	117.08	10.12	134.66	11.63
Média	45.79	337.94	37.04	2.95	0.08	0.14	16.70	0.69	450.99	38.97	468.54	38.40

Tabela 1.8 Caudais e volumes registados na Albufeira dos Pequenos Libombos no mês de Março

Dia	Cota (m)	Armazenamento		Perdas			Precipitação			Caudal			
		Volume (Mm ³)	Área (km ²)	Evaporação		Infiltração Vol (Mm ³)	Prec. (mm)	Volume (Mm ³)	Efluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Afluente (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	
				E(mm)	Vol (Mm ³)								
1-Mar-00	45.40	322.97	35.51	3.50	0.12	0.13	0.00	0.00	117.13	10.12	128.33	11.09	
2-Mar-00	45.45	324.87	35.70	5.10	0.18	0.13	0.00	0.00	91.60	7.90	117.25	10.13	
3-Mar-00	45.49	326.30	35.84	3.10	0.11	0.14	1.10	0.04	84.95	7.34	103.91	8.98	
4-Mar-00	45.52	327.37	35.95	3.80	0.14	0.14	0.00	0.00	85.01	7.34	100.63	8.69	
5-Mar-00	45.55	328.45	36.06	3.40	0.12	0.14	1.20	0.04	85.07	7.35	100.07	8.65	
6-Mar-00	45.58	329.42	36.15	3.40	0.12	0.14	5.00	0.18	85.12	7.35	97.18	8.40	
7-Mar-00	45.59	329.90	36.20	2.70	0.10	0.14	1.30	0.05	85.14	7.36	92.90	8.03	
8-Mar-00	45.61	330.75	36.28	3.70	0.13	0.14	9.30	0.34	85.20	7.36	94.23	8.14	
9-Mar-00	45.65	331.96	36.40	3.20	0.12	0.14	8.50	0.31	85.24	7.36	98.63	8.52	
10-Mar-00	45.71	334.27	36.63	1.80	0.07	0.14	21.10	0.77	85.35	7.37	105.56	9.12	
11-Mar-00	45.79	337.33	36.93	1.50	0.06	0.14	14.00	0.52	85.50	7.39	117.27	10.13	
12-Mar-00	45.96	343.42	37.53	1.00	0.04	0.14	1.00	0.04	85.79	7.41	157.85	13.64	
13-Mar-00	46.10	348.83	38.05	3.50	0.13	0.15	0.00	0.00	87.13	7.53	153.07	13.23	
14-Mar-00	46.17	351.63	38.32	3.90	0.15	0.15	0.00	0.00	88.32	7.63	124.19	10.13	
15-Mar-00	46.23	353.68	38.52	3.00	0.12	0.15	0.00	0.00	89.21	7.71	116.00	10.20	
16-Mar-00	46.26	355.10	38.65	2.50	0.10	0.15	13.20	0.51	89.80	7.76	103.13	8.91	
17-Mar-00	46.41	360.94	39.21	2.70	0.11	0.15	45.50	1.78	91.14	7.87	141.08	12.19	
18-Mar-00	47.26	395.35	42.42	2.00	0.08	0.17	0.50	0.02	168.35	14.55	569.35	49.19	
19-Mar-00	48.28	440.83	46.49	1.60	0.07	0.19	36.20	1.68	544.83	47.07	1054.72	91.13	
20-Mar-00	48.06	430.55	45.59	3.30	0.15	0.18	0.00	0.00	937.56	81.01	822.41	71.06	
21-Mar-00	47.57	408.69	43.63	3.10	0.14	0.17	0.00	0.00	785.32	67.85	535.92	46.30	
22-Mar-00	47.06	378.22	41.68	1.10	0.05	0.17	5.10	0.21	658.14	56.86	409.65	35.39	
23-Mar-00	46.56	366.59	39.75	2.10	0.08	0.16	0.00	0.00	592.95	51.23	357.00	30.84	
24-Mar-00	46.28	355.74	38.72	4.20	0.16	0.15	0.00	0.00	403.89	34.89	281.84	24.35	
25-Mar-00	46.14	350.36	38.20	2.70	0.10	0.15	0.70	0.03	233.58	20.18	173.87	15.02	
26-Mar-00	46.01	345.42	37.72	3.60	0.14	0.15	0.00	0.00	231.05	19.96	177.19	15.31	
27-Mar-00	45.85	339.43	37.14	2.80	0.10	0.14	0.00	0.00	229.90	19.86	163.44	14.12	
28-Mar-00	45.69	333.42	36.55	3.20	0.12	0.14	0.00	0.00	229.08	19.79	162.40	14.03	
29-Mar-00	45.65	332.20	36.43	2.20	0.08	0.14	0.40	0.01	147.82	12.77	136.11	11.76	
30-Mar-00	45.64	331.59	36.37	0.70	0.03	0.14	14.50	0.53	114.33	9.88	103.10	8.91	
31-Mar-00	45.71	334.15	36.62	0.80	0.03	0.14	39.50	1.45	144.49	9.89	129.27	11.17	
Média	46.14	350.96	38.23	2.75	0.10	0.15	7.04	0.27	223.48	19.22	226.70	19.57	

Observação :-2.00 = sem informação

Tabela 1.9 Análise das precipitações médias durante o período de cheias de 2000

Data	Caudal médio (m ³ /s)	Volume (Mm ³)	Precipitação média (mm)	Volume Precipitado(Mm ³)
06-Feb-00	51.00	3.18	55.50	46.51
07-Feb-00	1112.86	96.15	221.25	185.41
08-Feb-00	637.46	55.08	35.25	29.54
09-Feb-00	400.90	34.64	8.80	7.37
10-Feb-00	267.89	23.15	15.80	13.24
11-Feb-00	236.86	20.46	0.00	0.00
12-Feb-00	1151.60	99.50	8.60	7.21
13-Feb-00	292.60	25.28	0.00	0.00
14-Feb-00	208.50	18.01	1.40	1.17
15-Feb-00	195.00	16.89	3.75	3.14
Volume total		392.34	350.35	293.59

Anexo 2

Gráficos e figuras

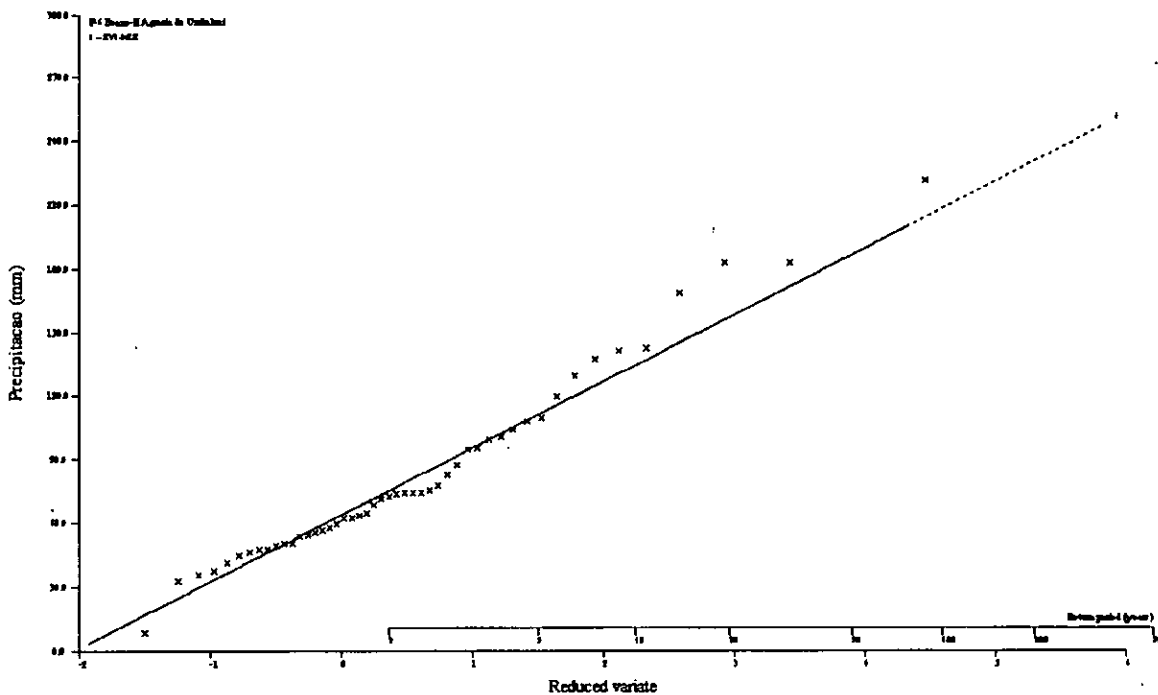


Fig. 1 Curva de frequência de precipitação no posto de Boane Escola Agrária de Umbeluzi

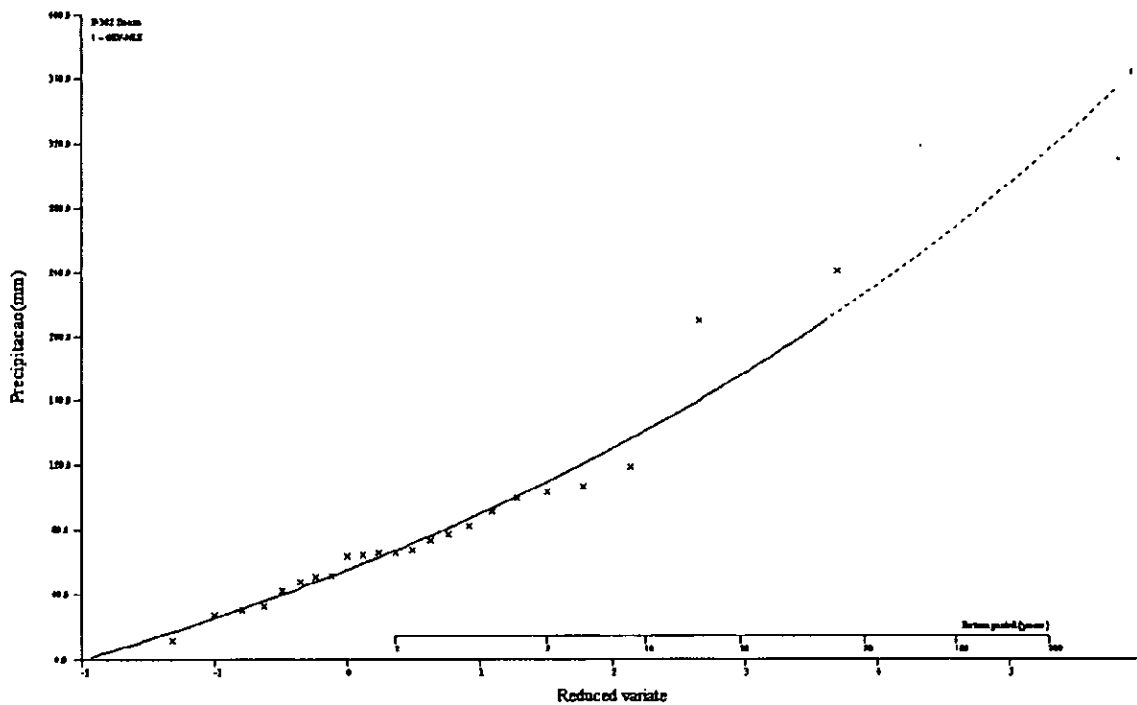


Fig. 2 Curva de frequência de precipitação no posto de Boane

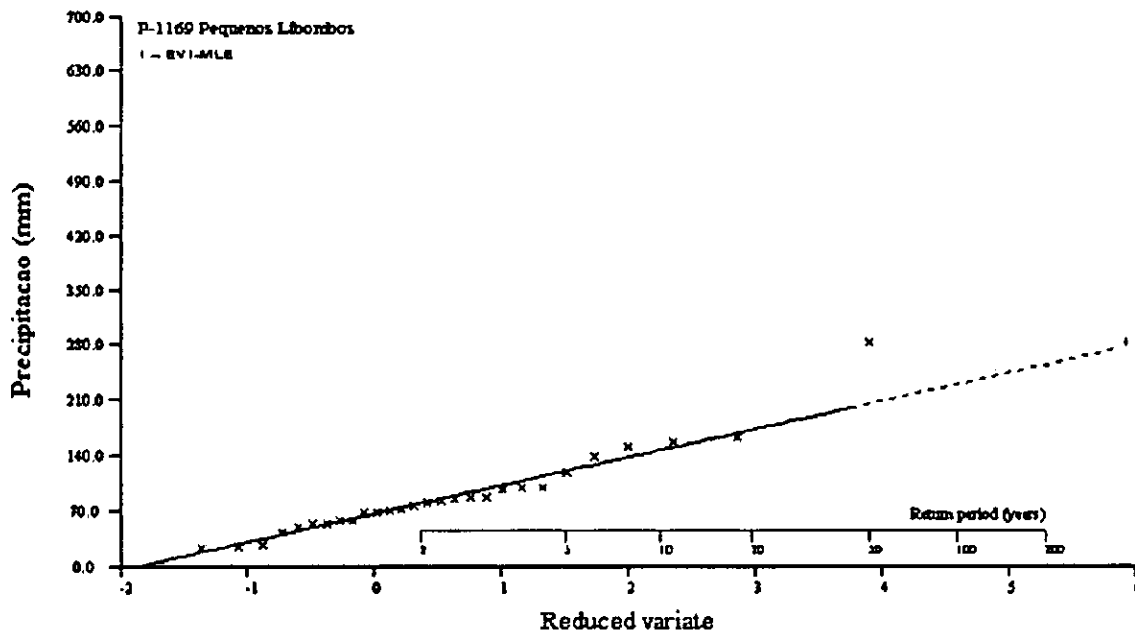


Fig. 3 Curva de frequência de precipitação no posto de Pequenos Libombos

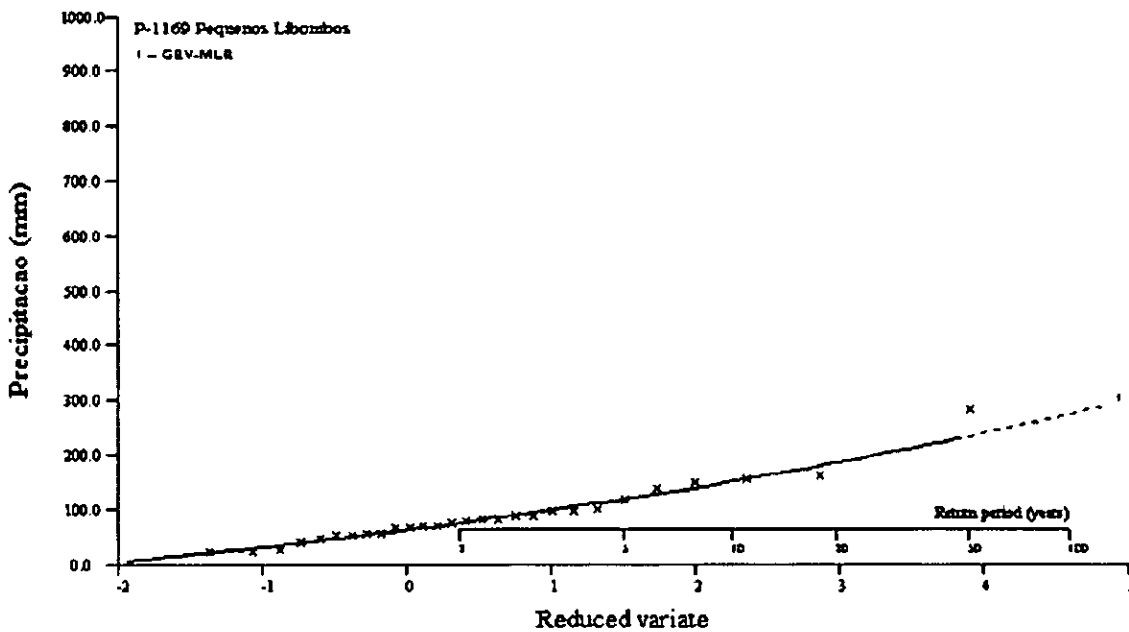


Fig. 4 Curva de frequência de precipitação anual no posto de Pequenos Libombos

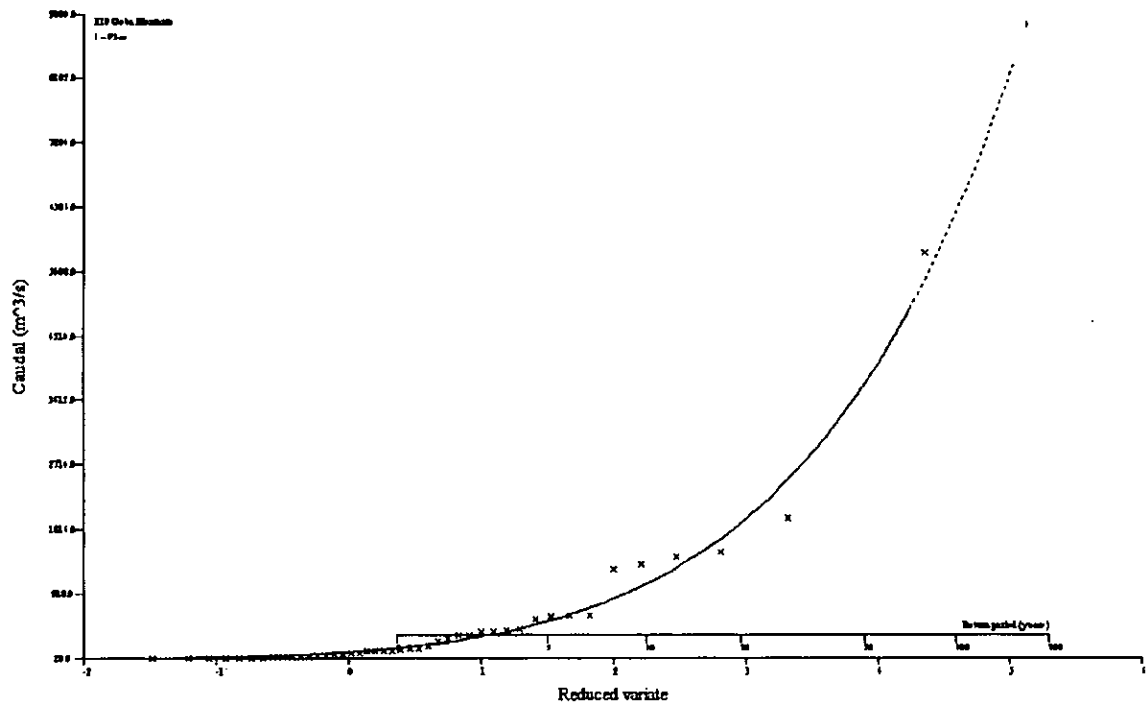


Fig. 5 Curva de frequência de caudais extremos no posto de Goba

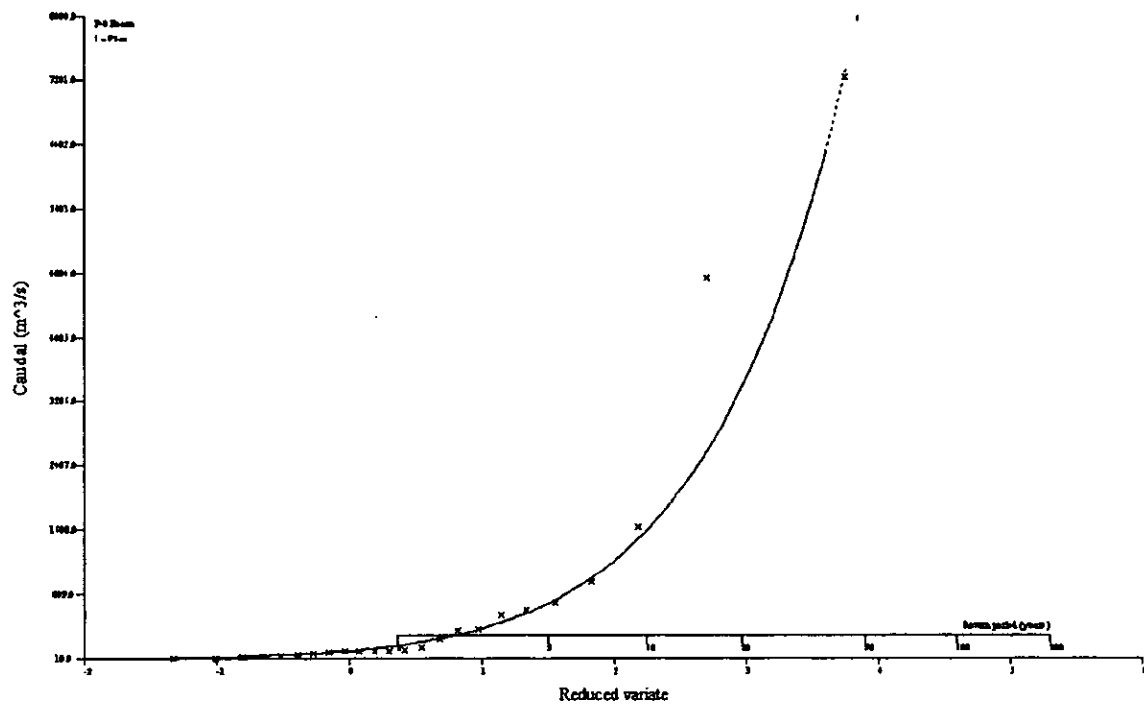


Fig. 6 Curva de frequência de caudais extremos no posto de Boane

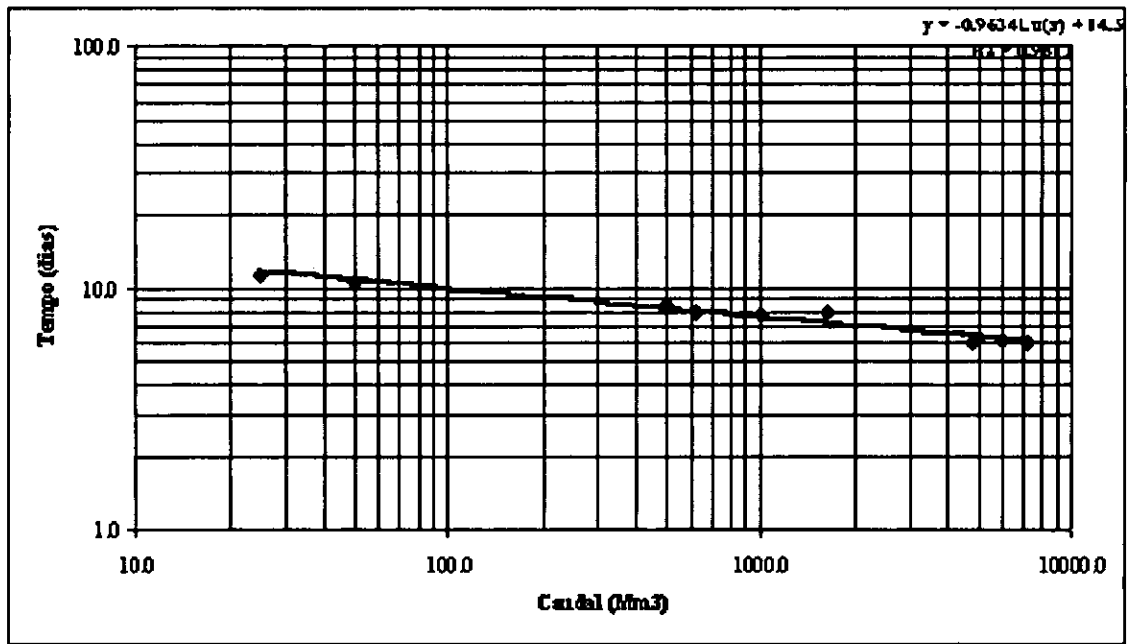


Fig. 7 Duração de uma onda de cheia no posto de Boane

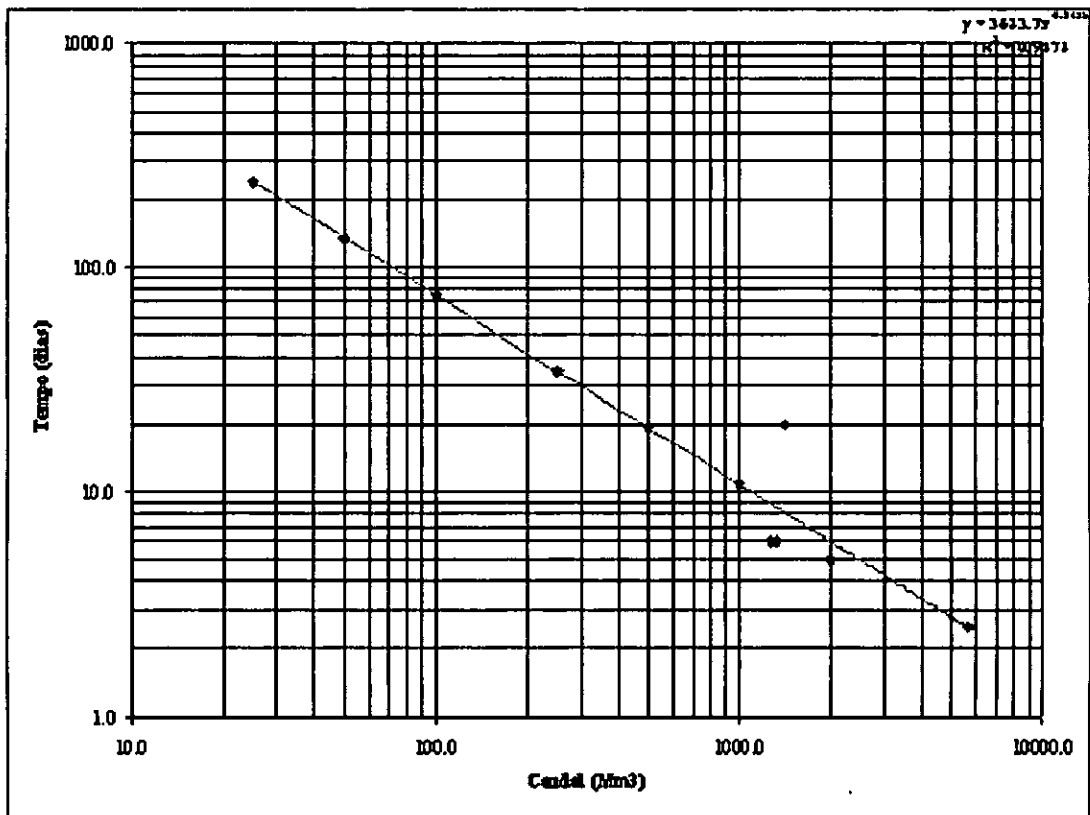


Fig. 8 Duração de uma onda de cheia no posto de Goba

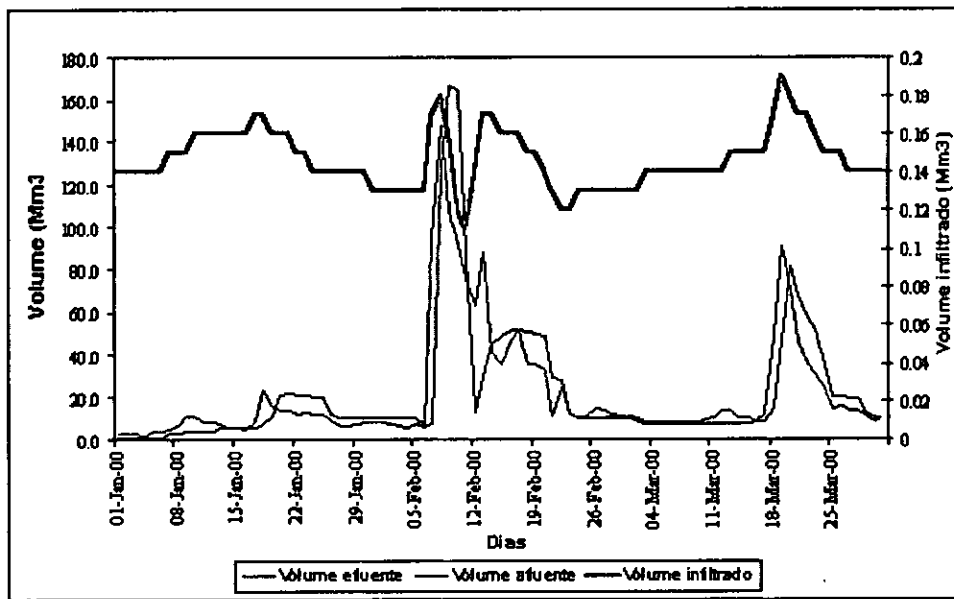


Fig. 9 Hidrograma de cheias na Albufeira dos Pequenos Libombos

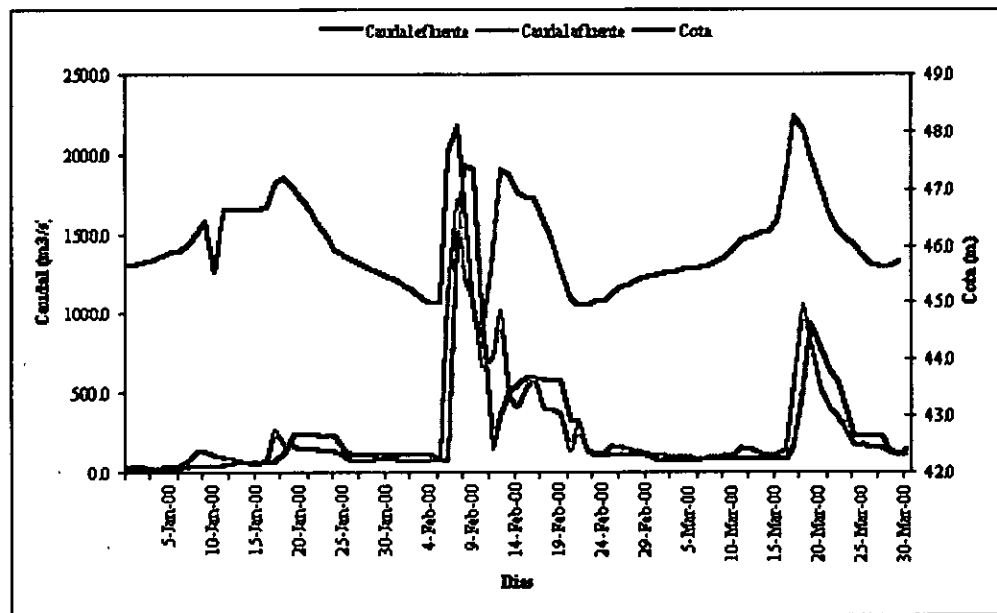


Fig. 10 Caudais diários mensais efluente e afluente na Albufeira dos Pequenos libombos

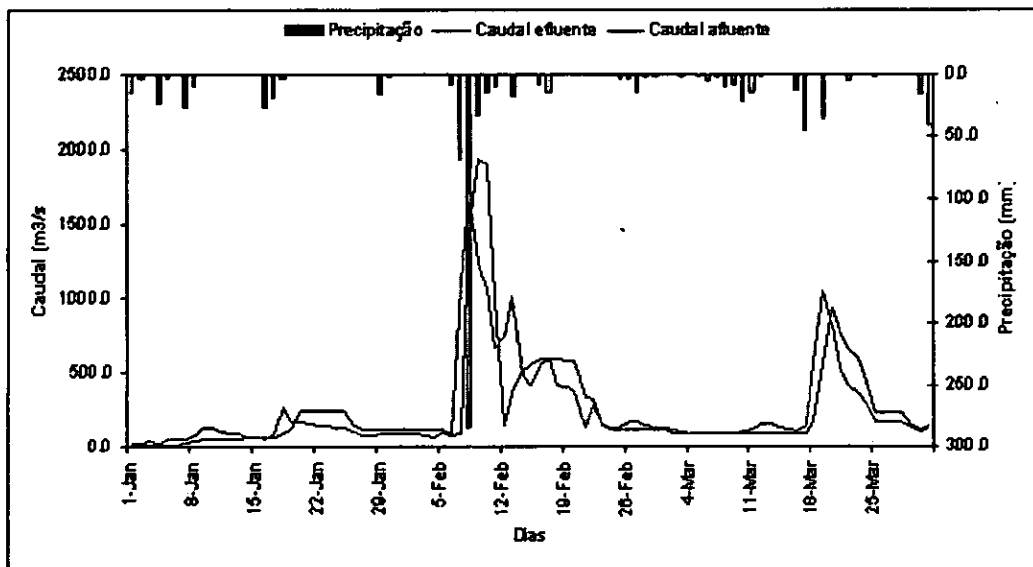


Fig. 11 Hietograma e hidrograma mensal na Albufeira dos Pequenos Libombos

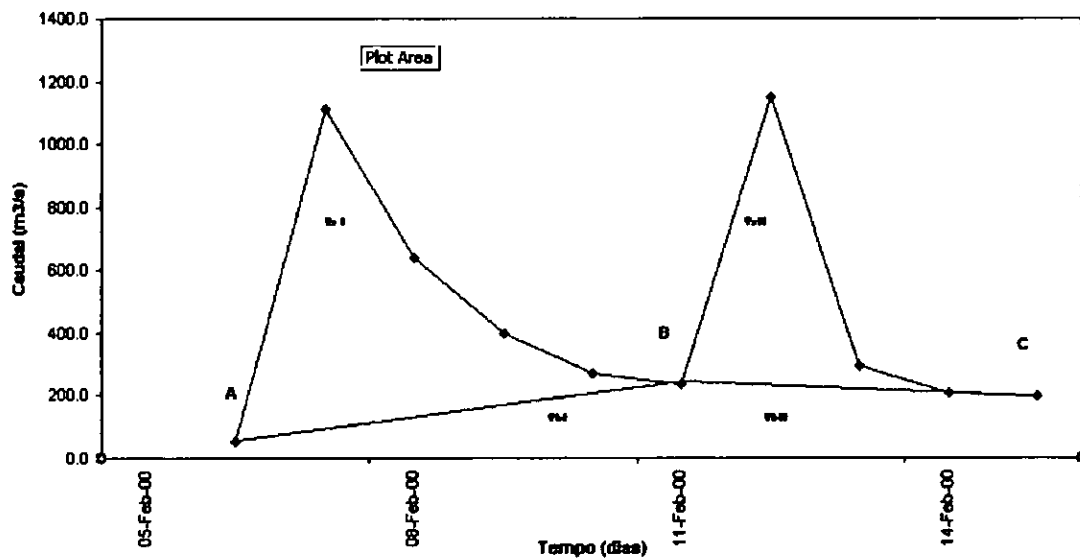


Fig. 12 Hidrograma de separação do escoamento básico e superficial na estação hidrométrica de Goba

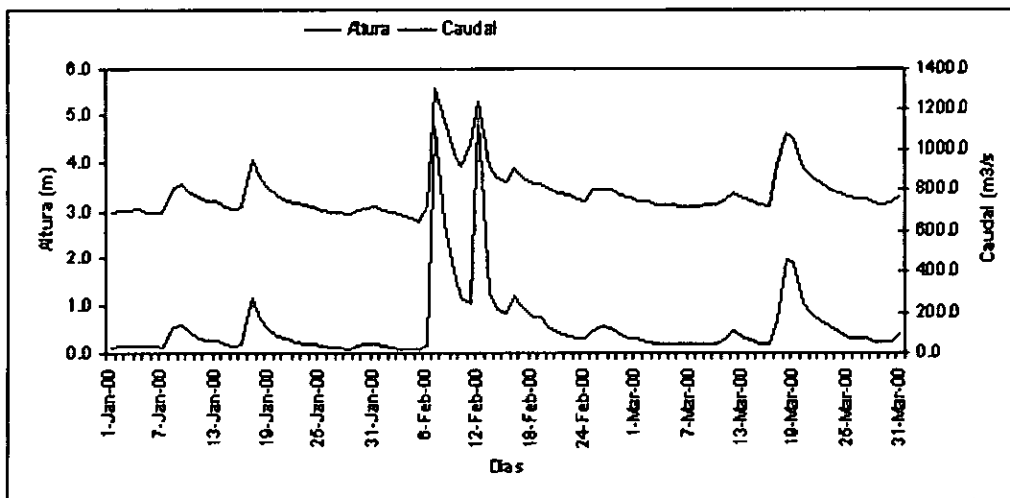


Fig. 13 Caudais diários mensais registados na estação de Goba

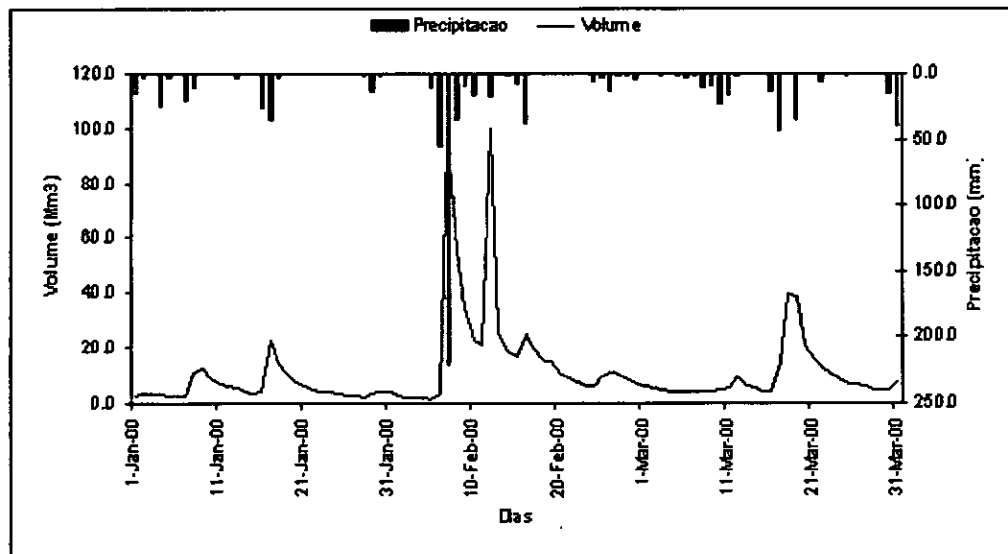


Fig. 14 Hietograma e hidrograma de caudais observados na estação de Goba durante as cheias de 2000

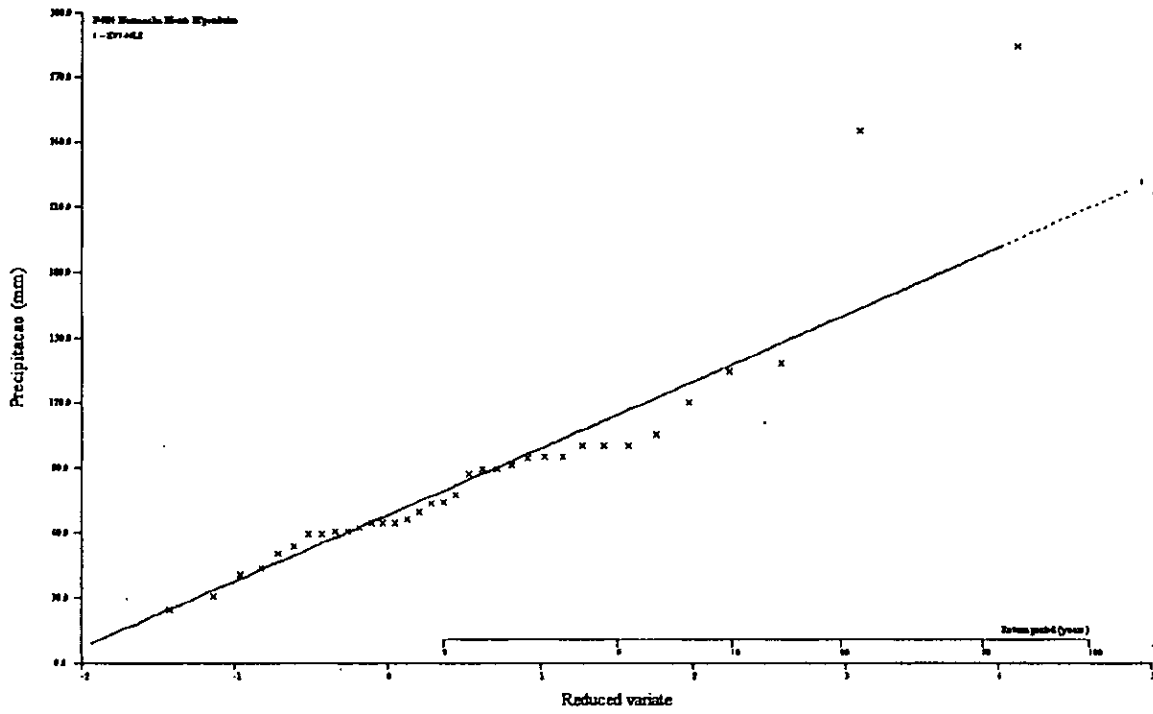


Fig. 15 Curva de frequência da precipitação no posto de Namacha -M'ponduine

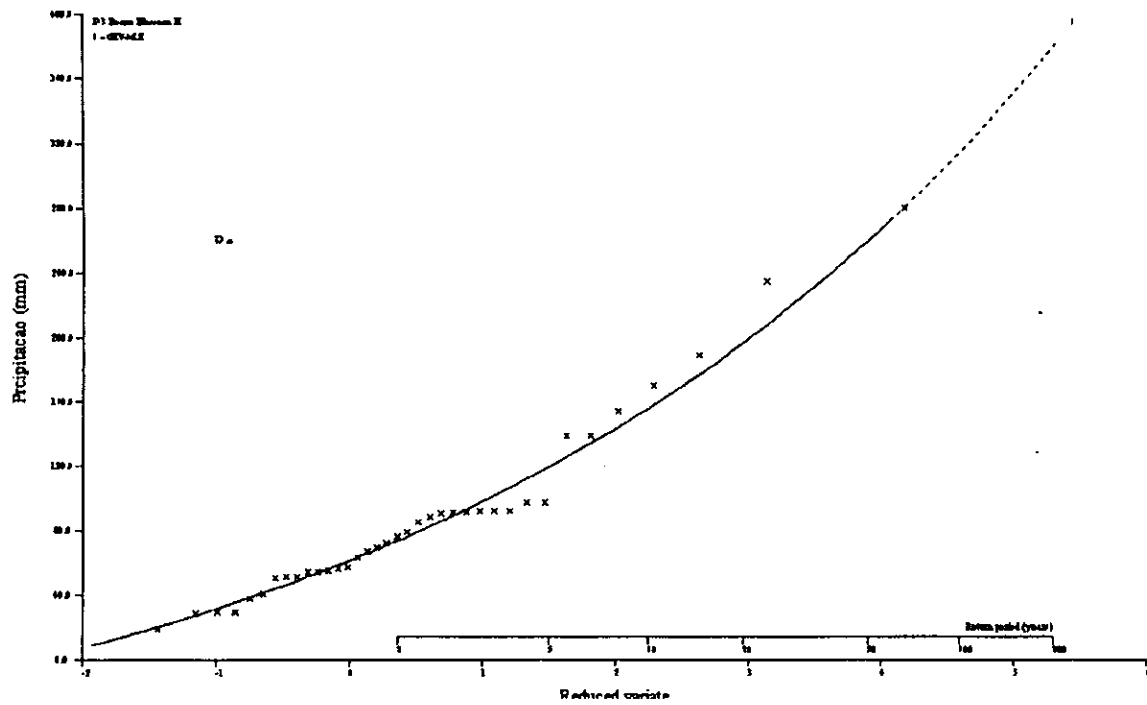


Fig. 16 Curva de frequência de precipitação no posto de Boane Massaca II