

NOTAS E RECENSÕES

A CHEIA DE FEVEREIRO DE 1977 NO RIO DOS ELEFANTES EM MASSINGIR E SUA REPERCUSSÃO NO BAIXO LIMPOPO (MOÇAMBIQUE)

A repartir pelos meus companheiros das brigadas de campo dos Serviços Geográficos e Cadastrais de Moçambique com quem aprendi a sentir o Limpopo, durante a campanha de 1973.

Em Moçambique executaram-se empreendimentos conducentes à regularização de cursos de água de maior importância, pela construção de algumas barragens, cuja finalidade essencial seria o armazenamento de água para utilização agrícola ou industrial, produção de energia eléctrica, abastecimento das populações, além de virem a exercer um papel de relevo no amortecimento das cheias.

Empreendimentos deste tipo devem obedecer a esquemas de exploração adequada, de forma a possibilitar um máximo aproveitamento das potencialidades armazenadas com vista à satisfação de objectivos de projecto.

Por vezes, torna-se difícil, e mesmo impossível, alcançar na prática esse óptimo de rendibilidade, motivado pela intervenção de qualquer factor inibidor, pouco previsível. A sua origem pode residir na falta de conhecimento do comportamento dos agentes naturais ou mesmo resultar de erro humano de exploração, o que de imediato vem alterar toda a estrutura dum modelo previamente concebido.

Foi devido a uma concentração excepcional de precipitação na bacia do rio dos Elefantes, agravada ainda pela passagem duma depressão tropical, que uma cheia de grande dimensão ocorreu e que, juntamente com a do rio Limpopo, veio a exercer uma acção devastadora particularmente notável no vale do baixo Limpopo.

É a análise deste fenómeno na sua origem e nas suas consequências que será objecto das páginas que se seguem.

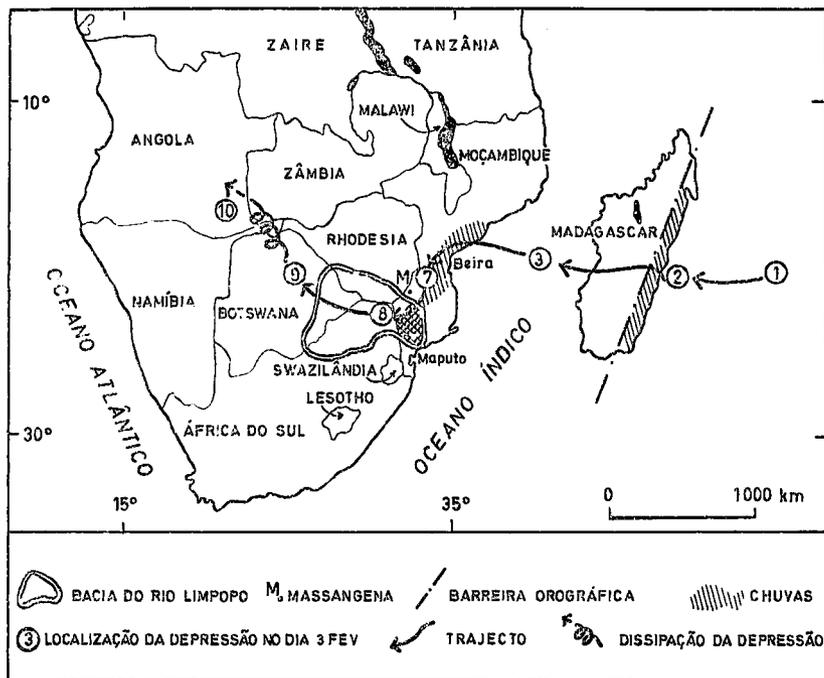


Fig. 1 — Localização da bacia hidrográfica do rio Limpopo e trajecto da depressão tropical «EMILIE» de 1 a 10 de Fevereiro de 1977.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO LIMPOPO

A bacia do Limpopo, localizada na África Austral (fig. 1 e 2), abrange uma área de 412 000 km² (cerca de 4,63 vezes Portugal Continental), repartindo-se por quatro países:

	km ²	%
República da África do Sul . . .	193 500	47,0
Moçambique	79 500	19,3
Botswana	73 000	17,7
Rodésia	66 000	16,0
Total	412 000	100,0

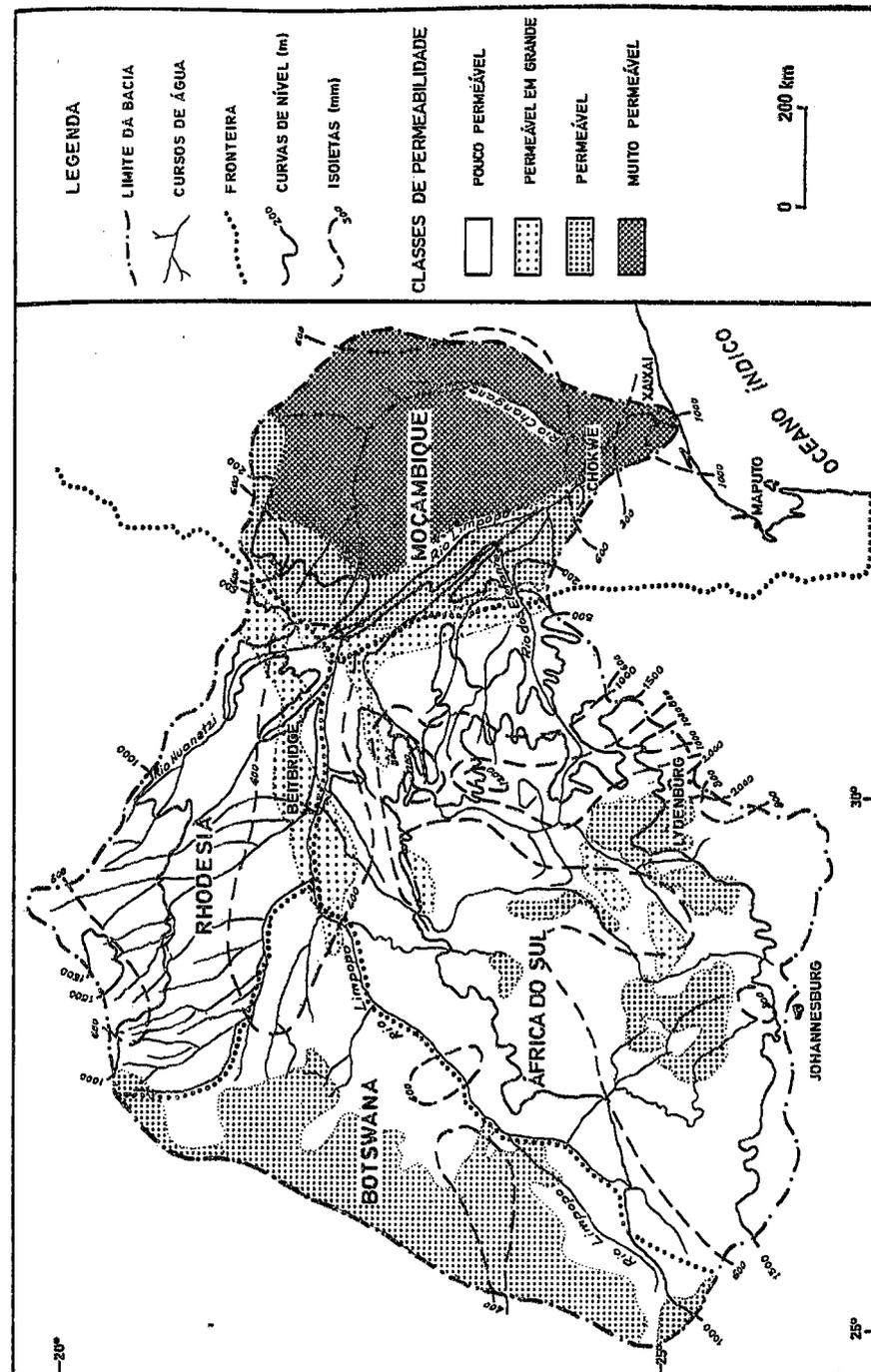


Fig. 2 — Bacia hidrográfica do rio Limpopo: hipsometria, classes de permeabilidade e isoietas normais.

A sua forma é arredondada e o relevo é nitidamente dissimétrico, não se observando em território moçambicano altitudes assinaláveis, a não ser na área fronteiriça que estabelece a transição das regiões montanhosas e planálticas para a série de superfícies aplanadas, que constituem um tipo de paisagem de feição homogénea e monótona para o conjunto da bacia.

É na República da África do Sul que as altitudes são mais elevadas, especialmente na área próxima de Lydenbung, com 2300 m (fig. 2), ao passo que no Limpopo moçambicano se chega a atingir os 400 m, para um valor médio de toda a bacia da ordem dos 840 m. Grande parte da bacia constitui uma região planáltica, nomeadamente na sua parte norte.

Numa representação esquemática do perfil longitudinal do Limpopo (fig. 3) é possível assinalar três troços principais:

TROÇOS	Comprimento (km)	Inclinação (‰)
Da Nascente a Beitbridge (curso superior)	620	1,13
De Beitbridge a Chókhwè (curso médio)	470	0,99
De Chókhwè à foz (curso inferior)	120	0,29

O Limpopo é um rio de planalto na sua parte montante; do Chókhwè à parte terminal meandrizava bastante, alargando a sua planície de inundação.

É na área de maior altitude da bacia do Limpopo que nasce o rio dos Elefantes, o afluente mais importante do Limpopo, vindo a engrossar-lhe o caudal para jusante da povoação de Estivane.

A geologia e as formas de relevo associadas contribuem mais favoravelmente para uma forte concentração das águas nas cabeceiras do Elefantes do que nas do Limpopo, dado o grau de permeabilidade das formações cristalinas e uma maior acentuação dos declives (fig. 2).

Em Moçambique, as formações geológicas que constituem a bacia do Limpopo são sedimentares na sua quase totalidade, à excepção duma crista de basaltos e riolitos do Karoo, que afloram junto à fronteira com a África do Sul.

Tanto o Limpopo como o Elefantes correm em leitos já muito evolucionados sobre grés continentais e calcários cretácicos a montante; desde o Chókhwè até Inhampura, o Limpopo corre sobre as próprias aluviões, daí o seu traçado meandrizante, em evolução contínua.

O traçado das isoietas denuncia, na metade sul da bacia, a existência de relevo acidentado, que favorece a condensação das massas de ar, verificando-se aí os valores mais elevados de precipitação. Junto ao litoral também se regista facto idêntico.

O vale do Limpopo, fora de Moçambique, é caracterizado por valores de precipitação relativamente baixos, da ordem dos 400 mm. Já no Limpopo moçambicano podem distinguir-se áreas limitadas pelas isoietas de 400, 600, 800 e 1000 mm (fig. 2 e 4).

Estudos levados a cabo por FARIA E MATA, baseando-se no critério de classificação climática do Köppen (modificado), consideram os seguintes tipos de clima no Limpopo moçambicano:

Aw (tropical húmido de savana), junto ao litoral, abrangendo a área da cidade do Xai-Xai, que é de todas a mais pluviosa.

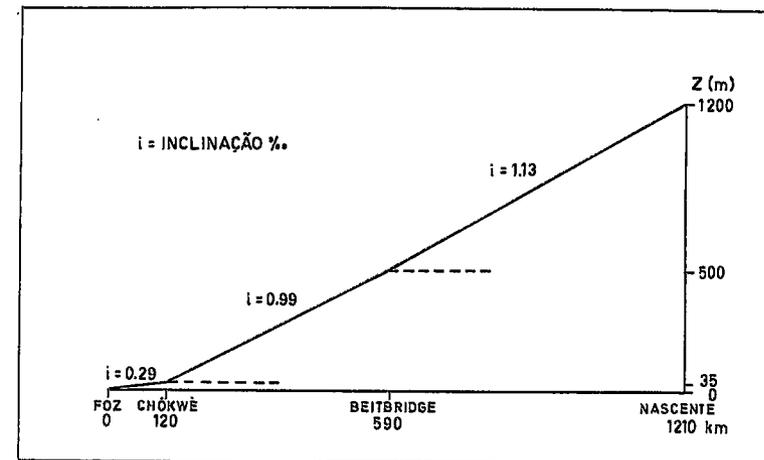


Fig. 3 — Perfil longitudinal esquematizado do rio Limpopo.

Bs (seco de estepe), limitado grosseiramente pelas isoietas de 600 e 800 mm, constituindo uma faixa de transição para o clima tipo Bsw.

Bsw (seco de estepe, com Inverno seco), domina a maior parte da bacia e a precipitação média interanual pouco se afasta dos 600 mm.

Bw (seco de deserto), verifica-se numa mancha junto à fronteira, caracterizando-se pela sua aridez. A precipitação não ultrapassa os 400 mm, em valor médio ao longo dos anos.

O regime do Limpopo e seus afluentes está pois na dependência de um conjunto de factores que permitem classificá-lo de pluvial tropical, mas com caudal permanente.

O Limpopo moçambicano recebe três afluentes. Nuanetzi e Changane na margem esquerda e Elefantes na margem direita, e é a estes que se deve o seu caudal permanente para jusante, mas é sem dúvida o Elefantes a sua principal fonte de alimentação.

A BARRAGEM DE MASSINGIR

Para o aproveitamento do vale do Limpopo achou-se conveniente criar primeiramente, a montante de Massingir, uma albufeira cuja finalidade essencial fosse a da regularização dos caudais com vista ao desenvolvimento do regadio na região e, acessoriamente, produção de

energia eléctrica. A barragem foi erguida e em 1974 entrou em funcionamento.

É de assinalar que, nos últimos vinte a trinta anos, o problema da rega no baixo vale vinha a agravar-se progressivamente em virtude do regime do rio se ter modificado acentuadamente com a construção de represas na República da África do Sul, as quais retinham águas a montante, dificultando a ampliação da área cultivada. Deve aqui dizer-se que em 1966, por ocasião das discussões a nível técnico havidas entre os representantes portugueses e sul-africanos a propósito da construção da barragem de Massingir, coube àqueles últimos informarem que, dentro do seu território, o rio dos Elefantes contava, além das 29 barragens já construídas, 9 com projectos aprovados para construção e 17 outros em estudo! De vulto, em Moçambique, existia apenas a barragem de Macarretane, no rio Limpopo...

Era no estio que a falta de água mais se fazia sentir, não obstante na época das chuvas a região ser também afectada, devido à irregularidade das precipitações, à elevada evaporação e ao teor de salinidade dos solos.

Segundo me foi transmitido oralmente por um agrónomo residente no vale do Limpopo, as condições climáticas influem sobre a produção das culturas de sequeiro de tal forma que 53 % dos anos são de fome, 25 % de colheitas escassas e somente 22 % dão boas colheitas.

DESCRIÇÃO DOS ÓRGÃOS DE SEGURANÇA E DESCARGA DA BARRAGEM

Dentro dos condicionamentos atrás referidos, executaram-se diversos estudos que levaram a optar pela construção duma barragem de terra, constituída por um corpo principal de 41 m de altura e 400 m de desenvolvimento e dois diques laterais que o ligam a cada uma das margens. A altura máxima atingida pelos diques é de 17 m e o que liga à margem esquerda desenvolve-se ao longo de 900 m, ao passo que o que une o corpo central da barragem à margem direita do rio tem um comprimento de 3100 m, perfazendo o coroamento um desenvolvimento de 4400 m.

O descarregador de superfície fica integrado no dique lateral esquerdo, com a soleira à cota de 112 m; é munido de oito comportas com 8 m de altura por 18 m de largura.

Segundo o *Aproveitamento de Massingir — Anteprojecto* (vol. I, *Memória*, 1966), «A soleira descarregadora tem um comprimento total livre de 144 m. A esta segue-se um canal convergente-divergente implantado ao longo de um vale lateral. Esse canal tem uma largura mínima de 100 m, um primeiro troço com inclinação de 0,030 e um segundo, mais curto, com a inclinação de 0,125. A bacia de dissipação de energia tem uma largura de 200 m num comprimento de 60 m, ficando o seu rasto à cota de 81 m (fig. 5).

Para a cota de 121 m de máxima cheia normal prevista, o caudal descarregável é de 7800 m³/s.

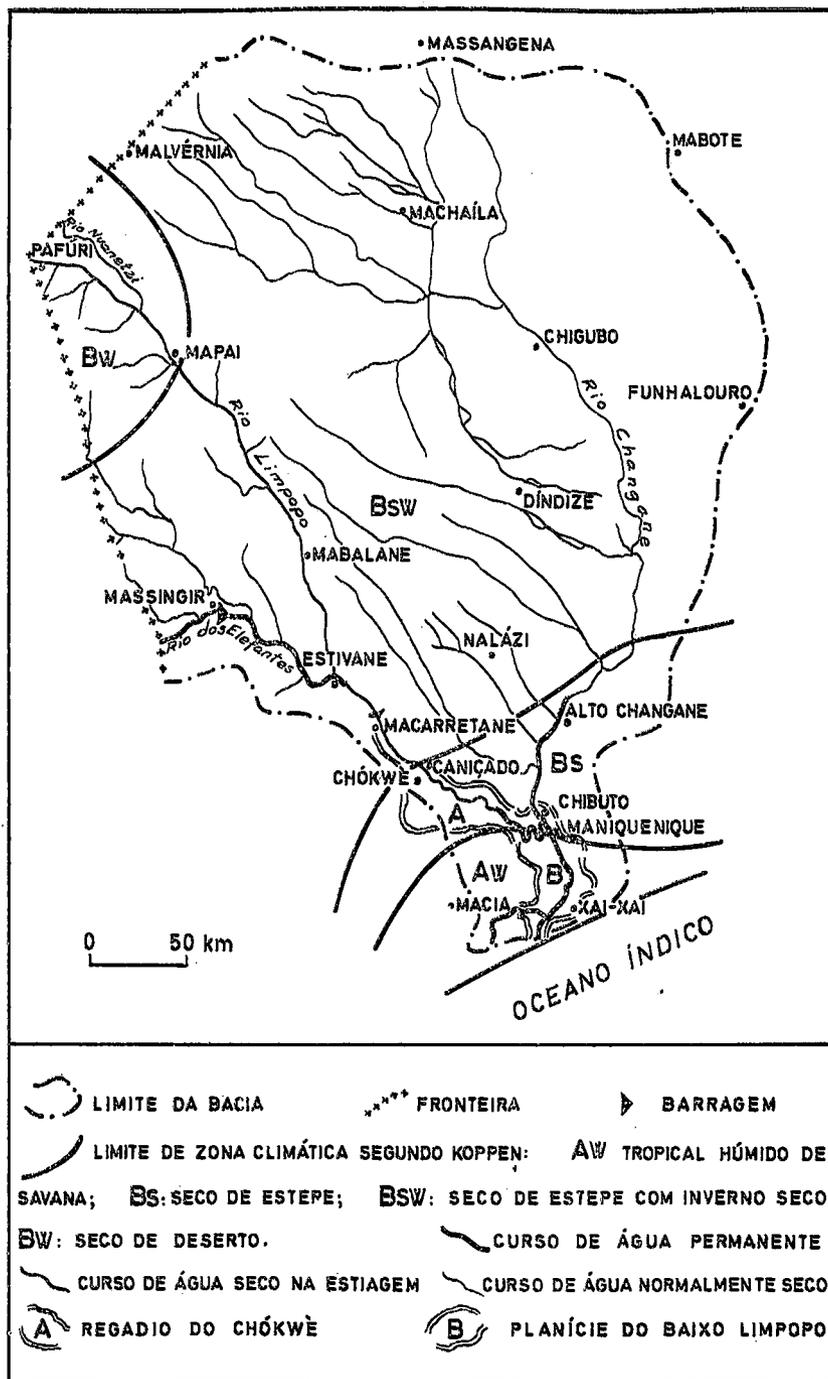


Fig. 4 — Bacia hidrográfica do rio Limpopo (em Moçambique).
Tipos climáticos segundo KÖPPEN e regime dos rios.

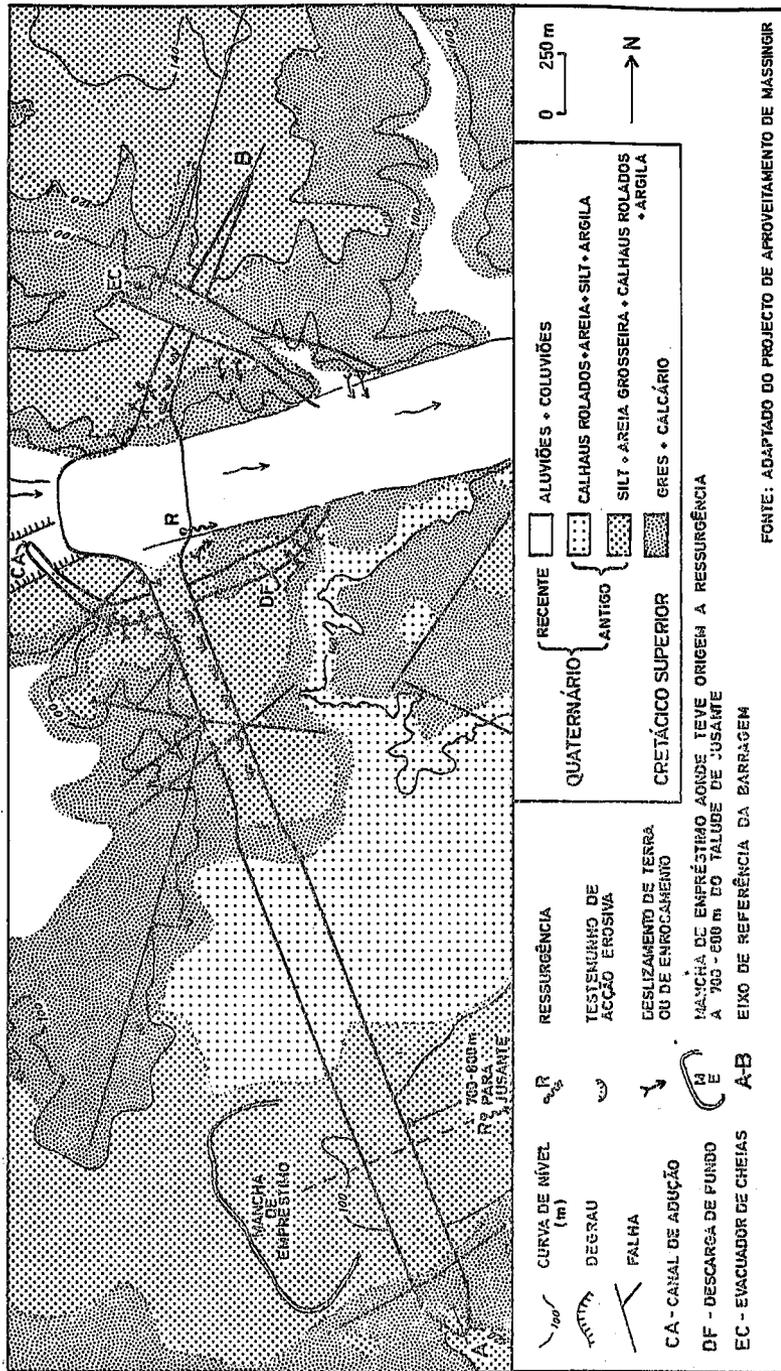


Fig. 5 — Barragem de Massingir: planta, esboço geológico e localização das ressurgências e danos na barragem.

A derivação e descarga de fundo constituem um conjunto de um canal e de três condutas em betão, com 9 m de diâmetro cada; a superior, com soleira de entrada à cota de 97 m, destina-se, nas obras definitivas, à derivação para a central, e as duas inferiores, com soleira de entrada à cota de 83 m, destinam-se à descarga de fundo.

Os caudais descarregados pelas galerias são função do nível de água na albufeira e do grau de abertura das comportas. Na figura 6, a curva de vazão diz respeito às descargas através das descargas de fundo, funcionando em pleno.

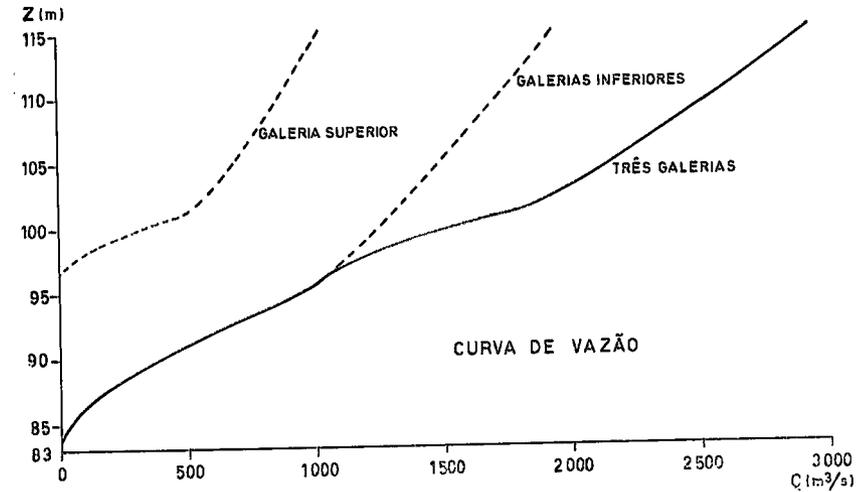


Fig. 6 — Curva de vazão das galerias da descarga de fundo. Fonte: adaptado do projecto de aproveitamento de Massingir.

CARACTERÍSTICAS DO LOCAL EM QUE ESTÁ IMPLANTADA A OBRA

O terreno, no local da barragem, apresenta uma sucessão de terraços que dominam o vale actual, trabalhado pelo rio. Aquele é bastante largo, chegando nalguns locais a verificar-se um afastamento entre margens da ordem dos 4600 m (fig. 5).

Um alinhamento de colinas, cujas altitudes variam entre os 130 e os 150 m, margina o vale, de configuração dissimétrica. Este é formado por uma série de intercalações de margas e argillitos no grés alternando com bancadas calcárias.

Ao longo da barragem existem ligeiras diferenças na natureza e disposição das intercalações de margas e argillitos no grés.

Respondendo de forma distinta aos agentes erosivos, originam um modelado diferenciado em cada uma das vertentes (a esquerda é de suave pendor ao passo que a direita é vigorosa, com cornijas de calcário

ou grés calcário, que alternam com formações mais brandas de grés argilosos).

A planície de inundação é constituída por aluvião com cerca de 30 m de espessura. Sondagens permitiram identificar uma estratificação entrecruzada de areia fina a grosseira, com ou sem cascalho e calhaus rolados, umas vezes lavada, outras vezes com mais ou menos silite e argila e algumas lenticulas desse material.

Optou-se pela construção de uma barragem de terra, dada a abundância de materiais existentes próximo da obra e ainda pelo facto de aqueles oferecerem a qualidade necessária ao seu emprego na montagem do maciço impermeável, filtros, protecções de enrocamento e outras.

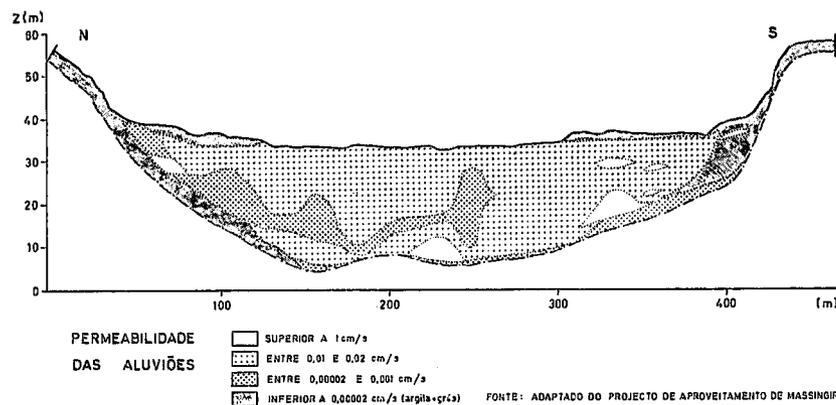


Fig. 7 — Barragem de Massingir: permeabilidade das aluviões segundo o eixo do corpo central da barragem.

Foram efectuados diversos ensaios de permeabilidade, especialmente nas formações da fundação da barragem, tendo-se chegado aos seguintes resultados relativos à maior ou menor capacidade de os materiais serem atravessados por um fluido (fig. 5).

- 10 % dos materiais são atravessados por um fluido à velocidade de 0,018 a 0,18 m/h
- 40 % dos materiais são atravessados por um fluido à velocidade de 0,18 a 1,8 m/h
- 43 % dos materiais são atravessados por um fluido à velocidade de 1,8 a 18 m/h
- 7 % dos materiais são atravessados por um fluido a velocidades superiores a 18 m/h

É possível repartir ao longo do perfil da barragem as diversas classes de permeabilidade, como se pode observar na figura 7. Existem níveis de permeabilidade relativamente elevados que podem vir a influir na estabilidade da construção.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EMPREENDIMENTO

Resumem-se as principais características do empreendimento no que concerne a área influenciada pela albufeira de Massingir e regularização do curso de água com vista ao seu aproveitamento hidroagrícola e energético:

Área da bacia de recepção em Massingir	67 504 km ²
Precipitação média anual na bacia (58 anos)	760 mm
Precipitação na bacia no ano mais chuvoso (1917-1918)	997 mm
Precipitação na bacia no ano menos chuvoso (1915-1916)	397 mm
Escoamento médio anual	1 800 × 10 ⁶ m ³
Máxima cheia (valor de projecto)	7 850 m ³
Altitude do leito do rio	84 m
Nível de pleno armazenamento (NPA)	125 m
Capacidade de armazenamento	2 844 × 10 ⁶ m ³
Altura de água atingida na fronteira com a albufeira cheia	21 m
Área das terras submersas em Moçambique	15 078 ha
Área das terras submersas na República da África do Sul	64 ha
Caudal regularizado (1)	42 m ³ /s
Área irrigável (1)	90 000 ha
Escavações	3 979 300 m ³
Aterros na barragem	9 691 800 m ³
Enrocamentos	344 780 m ³
Filtros	368 560 m ³
Betão	239 819 m ³
Cimento	61 000 t
	166 156 t
CUSTO TOTAL DA OBRA	710 000 000 Esc.

A CHEIA DE FEVEREIRO DE 1977

Causas da cheia. — Enunciadas as principais características do empreendimento e conhecendo as condições naturais do local é possível interpretar a cheia que ocorreu em Fevereiro de 1977.

(1) A rega de 90 000 ha será possível para uma dotação de 10 000 m³/ha/ano, considerando-se o arroz a cultura predominante. Estudos posteriores conduziram a novos resultados, em que se estabelece uma solução de compromisso entre a rega dos 90 000 ha e a produção de energia eléctrica; verifica-se que nem sempre se consegue garantir a rega da totalidade da área considerada, pelo que o caudal regularizado é nitidamente inferior aos 42 m³/s estabelecidos primeiramente.

Para a sua análise foram utilizados os registos de nível da albufeira existentes no Gabinete do Limpopo, os relatórios técnicos de fiscalização da obra, o projecto do empreendimento, no que se refere ao funcionamento dos órgãos hidráulicos, os avisos contra cheias emitidos pelos

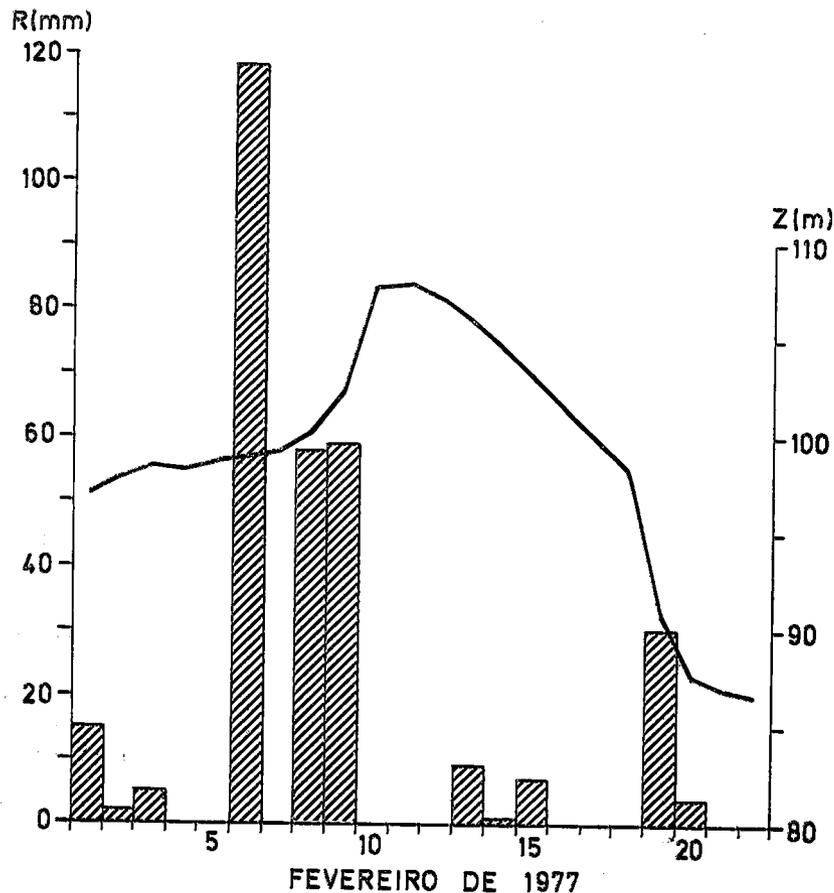


Fig. 8 — Precipitação e variações de nível na barragem de Massingir.

Serviços Hidráulicos (hoje Direcção Nacional de Águas) e as cartas sinópticas fornecidas pela estação meteorológica do aeroporto de Mavalane (Maputo).

As cheias de Fevereiro de 1977 tiveram a sua origem na precipitação excepcional que ocorreu durante os primeiros dias daquele mês, em consequência da passagem da depressão tropical «EMILIE».

Não houve acesso aos registos de precipitação da República da África do Sul, para a bacia dos Elefantes, que sob a forma de escoamento

conduziu a uma rápida subida de nível na albufeira de Massingir, a qual se vinha mantendo pelos 97 m desde meados de Janeiro.

Assim, apenas nos foi possível apresentar os valores da precipitação registada em Massingir desde o dia 1 ao dia 22 de Fevereiro, a título meramente informativo, dado que aquela pouca influência veio a ter no escoamento. Fez-se a comparação dessas precipitações diárias com os níveis máximos diários da albufeira (fig. 8).

Dia	R (mm)	Nível máx. na albufeira (m) às 12 h.
1	15	97,00
2	2	97,86
3	5	98,45
4	0	98,30
5	0	98,66
6	118	98,80
7	0	99,44
8	58	100,20
9	59	102,48
10	0	107,81
11	0	107,95
12	0	107,30
13	9	106,18
14	1	104,85
15	7	103,24
16	0	101,40
17	0	98,60
18	0	98,50
19	30	90,70
20	4	87,80
21	0	87,02
22	0	86,76

Os primeiros indícios duma provável evolução do regime do Elefantes foram assinalados pelos serviços competentes sul-africanos, os quais não tardaram em emitir, no dia 1 de Fevereiro, o único aviso contra cheias referente à secção de controle da barragem de «PHALA BORWA»⁽²⁾: «Flow rates passing Phala Borwa barrage 147 cumec palaqua».

Nessa altura, ainda não se faziam sentir no continente africano os efeitos da depressão «EMILIE», localizada para oriente da ilha de Madagascar, em progressão no sentido ocidental (fig. 1).

No dia 2, a depressão deslocada para ocidente provocava na orla

(²) PHALA BORWA é a barragem do Elefantes sul-africano que mais próximo se localiza de território moçambicano.

leste de Madagáscar precipitações ao longo do litoral, com tendência a penetrar para o interior; no dia seguinte, transpunha a ilha, situando-se a meio caminho da costa moçambicana.

No dia 7, faz-se sentir a depressão na bacia do Limpopo, junto à fronteira, embora o seu núcleo se situasse próximo de Massangena, localidade vizinha do rio Save.

A 8, o vale do Limpopo era completamente atingido pela depressão. Finalmente, entre 9 e 10, próximo da fronteira sueste de Angola, a depressão entrava em fase de dissipação.

Foi durante os dias 9 e 10 que em Massingir se tomaram as primeiras iniciativas com vista à evacuação dos volumes de água afluídos à barragem, por meio da abertura total das descargas de fundo, cujos caudais descarregados podem ser avaliados a partir dos níveis de retenção na albufeira, registados durante o fenómeno.

Deve-se, antes de mais, enunciar, de forma muito sumária, algumas limitações de ordem técnica que obrigaram a equipa encarregada da observação da barragem a actuar de forma a minimizar possíveis hipóteses de catástrofe.

É de referir que a albufeira se encontrava pela primeira vez em fase de enchimento e que, durante este processo, se devem observar, gradual e criteriosamente, os esforços a que está sendo submetida a estrutura; que infiltrações recentemente detectadas, atravessando o dique, poderiam pôr em causa a segurança da obra; que, no conjunto, estes factores não favorecem uma brusca subida de nível capaz de desenvolver sub-pressões que, actuando na fundação da barragem, podem eventualmente provocar a sua ruptura.

Foi dentro deste quadro de incógnitas que se tomaram decisões no sentido de minimizar qualquer efeito brusco na estrutura da barragem durante o período da cheia.

Retomando o fulcro da questão, cumpre salientar que, nos primeiros dias de cheia, o nível da albufeira subiu à razão de um metro por dia, como se pode observar no quadro 1, embora a barragem já estivesse a descarregar...

O ritmo das subidas de nível fez com que no dia 8 de Fevereiro fosse lançado pelos Serviços Hidráulicos o aviso contra cheias N.º 3/77, especialmente dirigido às populações ribeirinhas, do seguinte teor:

«No dia 10 de manhã serão abertas as comportas de descarga da ponte da barragem de Massingir, debitando cerca de 1000 m³/s, o que provocará situação de cheia de proporções médias dos cursos inferiores dos referidos rios com rápida elevação dos níveis, especialmente no rio dos Elefantes».

No dia 9 era emitida pelo Gabinete do Limpopo em Maputo uma comunicação oficial para o Gabinete do Limpopo em Massingir:

«Quinta-feira dia 10 manhã deve fechar comporta tomada de água e abrir duas descargas fundo. Manter para sempre estas comportas abertas devendo também abrir comporta tomada água quando nível baixar 96-40».

QUADRO 1

Rio dos Elefantes (Barragem de Massingir) — Cheia de Fevereiro de 1977
Registo das observações às 12 horas de cada dia

Dia	Nível (m)	Q_0 m³/s Caudal descarregado instantâneo	$V \times 10^6$ m³ Volume afluente à albufeira	$\Delta v / \Delta t$ m³/s Variação de volume na albufeira por segundo	Q_0 m³/s Caudal médio descarregado	Q_i m³/s Caudal médio afluente
1	97,00	24	100	289	57	
2	97,86	90	125	174	120	346
3	98,45	150	140	-116	145	294
4	98,30	140	130	231	150	29
5	98,66	160	150	116	170	381
6	98,80	180	160	174	210	286
7	99,44	240	175	405	275	384
8	100,20	310	210	1157	420	680
9	102,48	530	310	3535	585	1577
9 ^(*)	103,70	640/1425	380	4505	1530	4120
10	107,81	1635	630	231	1638	6035
11	107,95	1640	700	-694	1625	1869
12	107,30	1610	640	-926	1632	931
13	106,18	1555	560	-1042	1575	706
14	104,85	1495	470	-1157	1468	533
15	103,24	1420	370	-1157	1380	311
16	101,40	1340	270	-1331	1265	223
17	98,60	1190	155	-984	1095	0 ^(*)
18	98,50	1000	70	-579	740	111
19	90,70	480	20	-116	385	161
20	87,80	290	10	-58	220	269
21	87,02	150	5	-23	140	162
22	86,76	130	3			117

Houve ainda preocupação, por parte do Governo da Província de Gaza, em prevenir as populações ribeirinhas, enviando no dia 9 para as administrações de Massingir, Chókwè, Chibuto, Guijá e Gaza^(*) o seguinte telegrama:

^(*) Dia 9 Fev. às 17.30. Hora da entrada em funcionamento simultâneo das galerias inferiores,

^(*) A barragem descarregou um volume superior ao que entrou na albufeira, significando que já existia, de certa forma, um controlo da cheia nesta secção do rio.

^(*) Sedes de administração vizinhas ao vale do Limpopo, localizadas nas áreas A e B representadas na figura 4.

«A barragem de Massingir vai abrir comportas amanhã dia 10/2/77. Providenciar informações urgente sobretudo populações ribeirinhas estarem alertas com as águas e ficarem preparadas com respectivos bens. Saudações revolucionárias».

A 10 de Fevereiro, os Serviços Hidráulicos emitiram o aviso contra cheias N.º 5/77, cujo conteúdo se transcreve:

«Pelo controlo da barragem de Massingir verifica-se que os caudais naturais são já superiores aos descarregados, significando isto que também o rio dos Elefantes (em território sul-africano) entrou em cheia.

Esta circunstância, somada ao incremento das águas do Limpopo superior, originará para jusante da confluência com o Elefantes enchente de grande porte nos próximos dias, devendo ser alertadas as populações ribeirinhas e controlado o comportamento do rio, especialmente nas zonas da aldeia da barragem e baixa de Chicumbane» (6).

Registos sistemáticos, feitos em Massingir, permitiram reunir no quadro 1 os níveis verificados na albufeira bem como o estabelecimento dos caudais instantâneos correspondentes, além dos valores das variações de volume na albufeira, por unidade de tempo, os caudais médios descarregados e os caudais médios afluentes à albufeira.

Da sua análise vê-se que no dia 1, às 12 horas, a escala da torre fixava em 97 m o nível da albufeira, sabendo-se que o único órgão de descarga em funcionamento era a galeria superior, debitando um caudal da ordem dos 24 m³/s.

Contudo, em 24 horas, o caudal médio descarregado atingiu o valor de 57 m³/s e a avaliação dos caudais afluidos à albufeira foi de 346 m³/s, o que equivale a afirmar que a variação de volume foi de 289 m³/s.

De 3 para 4 de Fevereiro, registou-se uma variação negativa, da ordem dos 116 m³/s, o que equivale a dizer que os caudais descarregados foram superiores aos recebidos, de 145 para 29 m³/s.

Porém, os caudais médios descarregados sucedem-se em volumes sempre crescentes numa forma mais ou menos regular, entre os dias 3 e 7, começando as operações de descarga a debitar maiores volumes a partir do dia 8.

O gráfico da figura 9 evidencia perfeitamente a entrada em funcionamento das suas descargas de fundo, a partir das 17.30 horas do dia 9, o que imediatamente veio dar vazão à água considerada acumulada em excesso, na ordem dos 1500 m³/s (valor médio):

O valor máximo médio atingido foi de 1638 m³/s, às 12 horas do dia 11, quando a cota de 107,95 m era alcançada, para um volume armazenado de 700×10^6 m³, correspondendo a um quarto da capacidade da albufeira (2844×10^6 m³).

As descargas sucederam-se de forma a estabelecer a regularização do caudal, cujo valor inicial de projecto é de 42 m³/s.

Porém, a cheia veio a agravar-se em território moçambicano pelo facto de o rio dos Elefantes (sul-africano) também ter entrado em cheia;

(6) Referem-se às áreas A e B da figura 4.

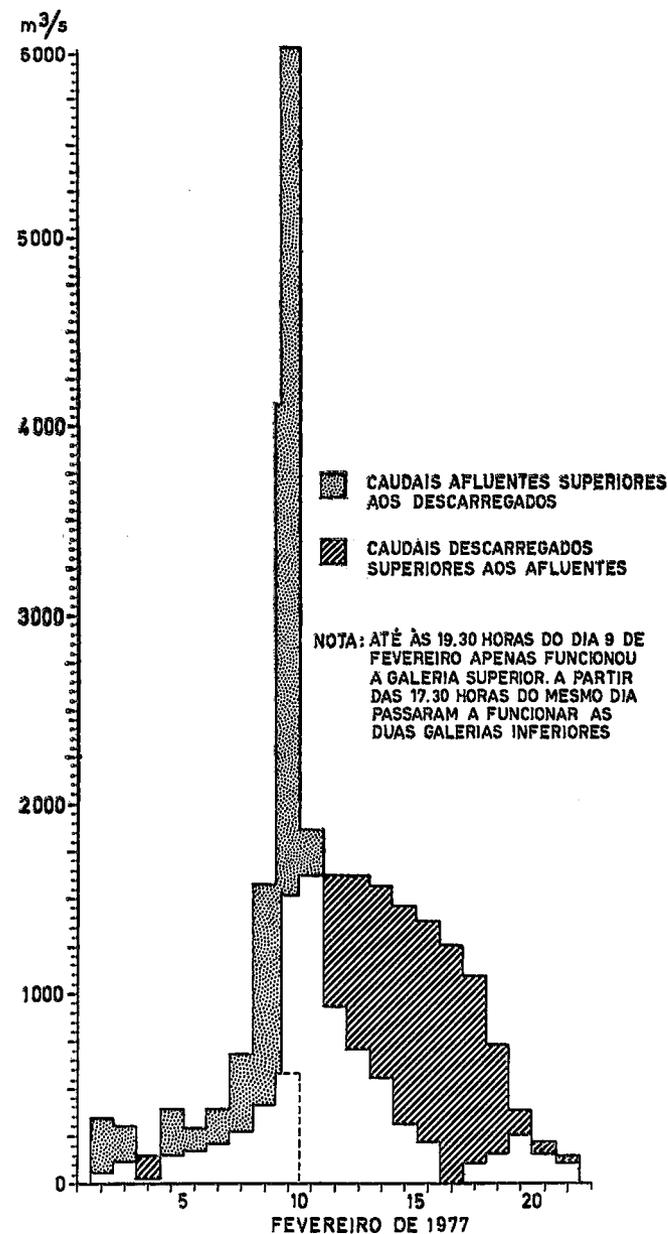


Fig. 9 — Rio dos Elefantes (Massingir), cheia de Fevereiro de 1977.

daí os caudais naturais serem superiores aos descarregados, situação que se manteve até às 12 horas do dia 11, aproximadamente.

Nessa altura, amortecia-se a ponta de cheia, registada de 9 para 10, cujo caudal médio afluente — $6035 \text{ m}^3/\text{s}$ — corresponde a um escoamento médio de $401,9 \times 10^6 \text{ m}^3$, durante 18 horas e 30 minutos, para $483,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ escoados entre as 12 horas do dia 9 e as 12 horas do dia 10, quando o valor calculado do escoamento médio anual é de $1800 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Observando a figura 9, verifica-se que as medidas tomadas, respeitantes à abertura das duas descargas de fundo (às 17.30 horas do dia 10 de Fevereiro) após uma brusca subida de nível na albufeira da ordem dos 10 m em 10 dias, não foram mais do que a consequência lógica dos receios atrás apontados relativos à segurança da construção.

Mesmo assim, o facto de se procurar evitar esforços estruturais não impediu que se tornassem nítidos os efeitos das ressurgências no paramento de jusante. Das suas infiltrações detectadas, uma localiza-se próximo do corpo central da barragem e a segunda a cerca de 700-800 m para jusante do dique que liga a margem direita ao dito corpo central (fig. 10).

Por observações feitas no local, verificou-se que a primeira das infiltrações «emerge nas superfícies escavadas, através das superfícies de fracturação do maciço rochoso, essencialmente verticais; verifica-se ainda que alguma desta água faz a sua percolação através das aluviões que contactam nessa zona com maciço rochoso da margem do rio», segundo relato do geólogo RICARDO OLIVEIRA, do LNEC. Quanto à segunda, localizada numa área em que a «barragem está construída sobre o fundo aluvionar de um leito fóssil do rio, constituído por alternâncias de níveis arenosos muito permeáveis e silto-argilosos muito pouco permeáveis...», confirmados por sondagens, constatou-se que a percolação parece desenvolver-se através do nível arenoso permeável.

A infiltração da água processa-se da seguinte forma: a montante da barragem, numa área que serviu de fornecimento de terras para a construção (manchas de empréstimo), foi seguramente ultrapassado em profundidade o nível de exploração das argilas, pondo à mostra material arenoso permeável.

Foi através desse material que a água se infiltrou, vindo a circular sob o dique da barragem, acabando por ressurgir numa área de contacto com material impermeável, dando origem a uma lagoa de dimensões consideráveis.

Estes factos obrigaram à aplicação de medidas de precaução na barragem: procurou-se manter um nível de segurança na albufeira, cuja carga não fosse excessiva.

Fixadas estas normas, houve, porém, uma certa antecipação na abertura das comportas, antes do estipulado (ver teor dos telegramas e avisos contra cheias), chegando a ponta de cheia, durante a madrugada do dia 10, ao baixo Limpopo, vindo apanhar desprevenidas as populações, provocando elevado número de perdas em pessoas e bens, além de avultados prejuízos materiais.

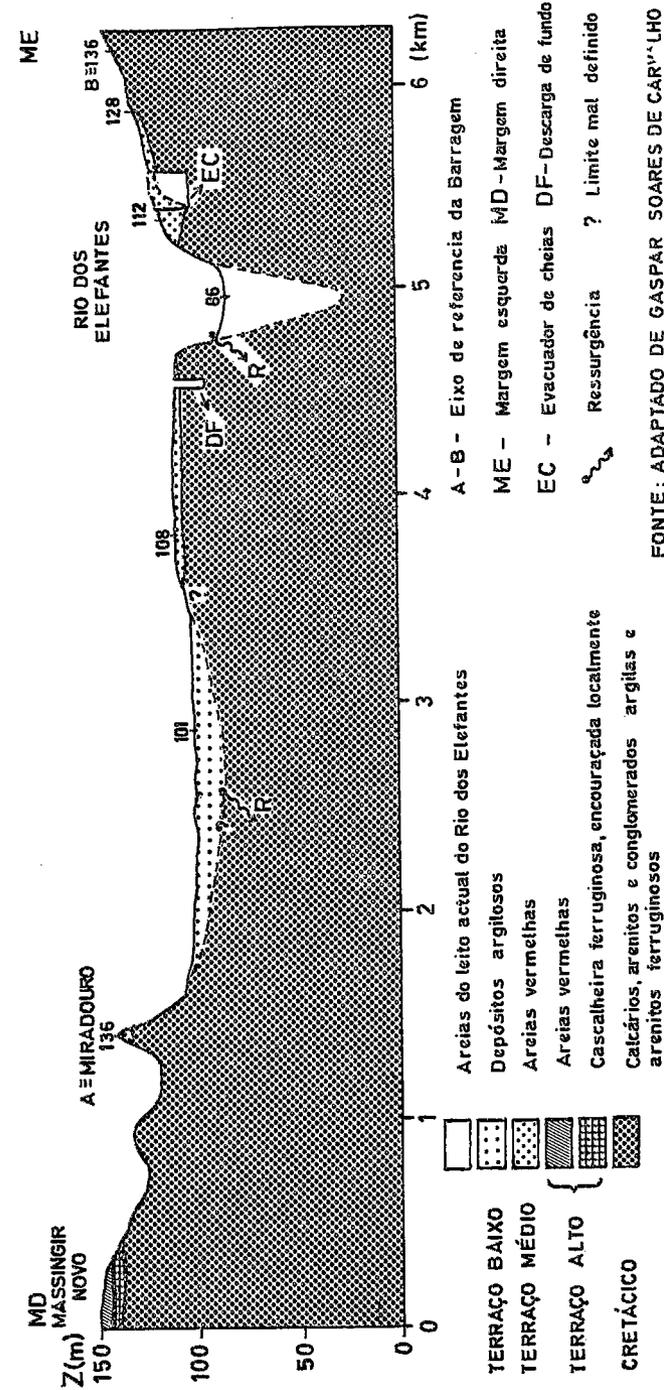


Fig. 10 — Massingir: corte simplificado segundo o eixo da Barragem A-B.

FONTE: ADAPTADO DE GASPAR SOARES DE CARVALHO

Teria um certo interesse a análise da propagação da cheia, de forma a ser acompanhada a evolução do fenómeno ao longo do vale; porém, a escassez de informações e as condições em que foram obtidas tornam impraticável um estudo deste tipo, por não serem merecedoras de confiança. A título exemplificativo, segundo os dados disponíveis, o tempo de propagação da cheia entre Chókwè e Siccacate seria apenas de 5 minutos, para uma distância de 90 km! (fig. 4 e 12).

Apesar de toda a sorte de limitações é possível estimar-se um tanto grosseiramente a dimensão da cheia.

Assim, é muito provável que aquela tenha atingido ou mesmo ultrapassado os 6000 m³/s se considerarmos que no Pafúri, localidade fronteiriça com a Rodésia, foi estimado um caudal de 4600 m³/s, correspondente à passagem da ponta de cheia (6 horas de 10 de Fevereiro), e que em Massingir, do dia 10 para 11, foram descarregados 1632 m³/s em média, de 9 para 10, 1530 m³/s e que durante uma semana aproximadamente, as descargas foram superiores a 1000 m³/s.

Para jusante de Estivane acontece dar-se a conexão das pontas de cheia do Limpopo e do Elefantes; foi efectivamente o que veio a suceder, sendo por demais evidente a inevitabilidade da catástrofe que se alastrou por todo o vale.

Danos na barragem. — Na própria barragem fizeram-se sentir os efeitos da cheia que, por ter provocado uma rápida subida de nível, obrigou a descargas violentas causadoras de estragos na construção.

A 11 de Fevereiro, durante a manhã, detectaram-se no recobrimento vegetal do talude de jusante testemunhos de acções erosivas; à tarde, deslizava o enrolamento do talude da margem direita (bacia de erosão), vindo a acontecer o mesmo para o da margem esquerda.

A 22 de Fevereiro, já com a cheia praticamente controlada, detectou-se um deslizamento no canal de adução (margem direita), com cerca de 50 m de extensão.

Consequências da cheia ao longo do vale. — Para jusante da confluência dos rios Limpopo e Elefantes, os estragos causados pela cheia foram de muito maior monta (fig. 4); assim, a partir da aldeia de Macarretane até à empresa agrícola estatal do Chókwè (ex-Colonato do Limpopo), as águas invadiram vastas áreas duma extensa planície de 22 000 ha, aptos para o regadio (fig. 11).

Na área de Macarretane propriamente dita, as águas em fúria provocaram o alagamento total da povoação, da área de regadio e estação dos caminhos-de-ferro, chegando a retorcer a via férrea no troço que liga as duas margens do Limpopo.

No regadio do Chókwè registou-se submersão integral das terras compreendidas entre Macarretane e Chókwè, Chiguidela e Chalacuane.

Galgamentos totais ou parciais de valas e aterros, destruição de vias de comunicação com assentamento de alguns viadutos, inutilização parcial do sistema de regadio pela deslocação e arrastamento de caieiras, constituíram parte do rescaldo deste episódio.

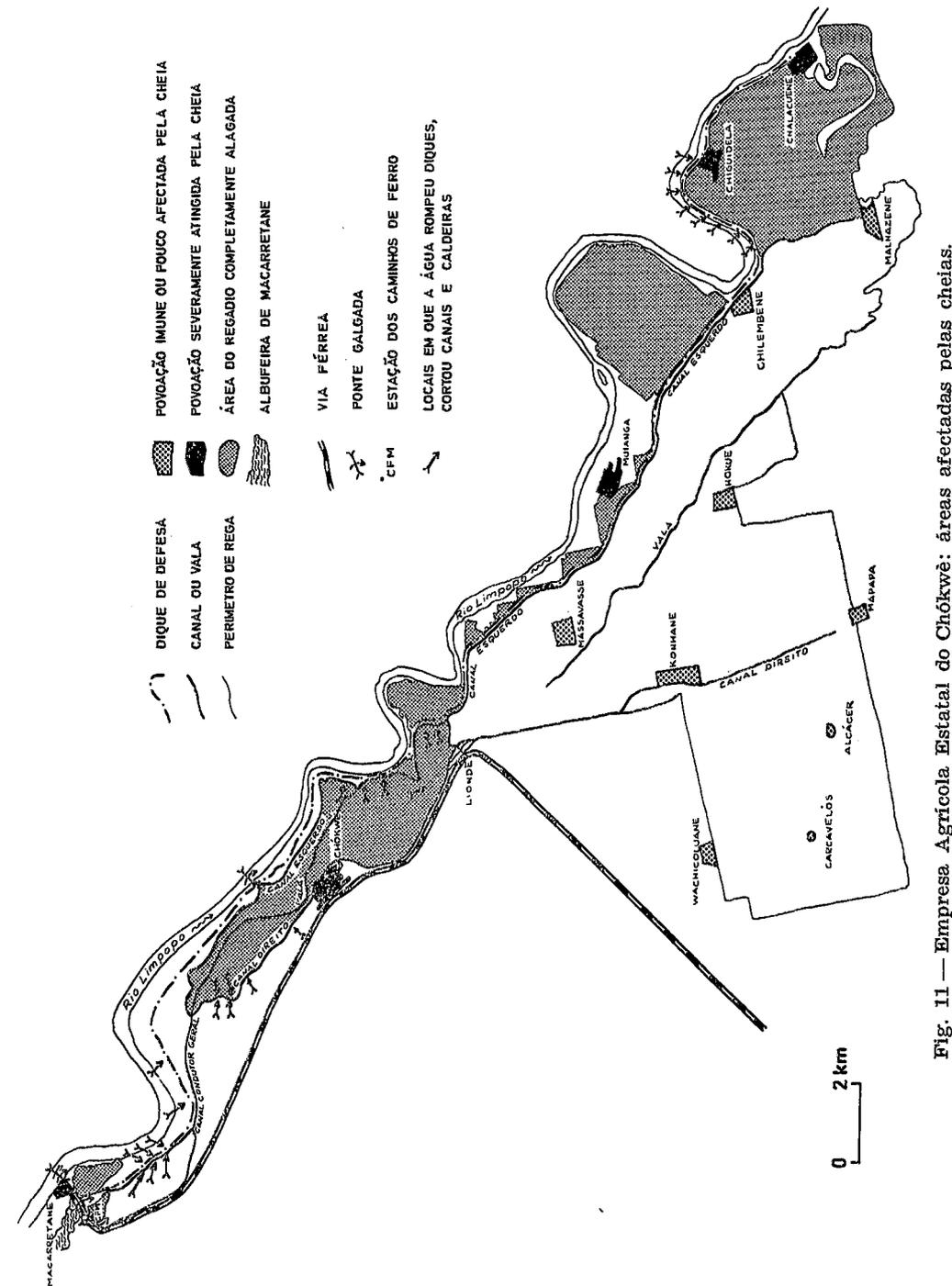


Fig. 11 — Empresa Agrícola Estatal do Chókwè: áreas afectadas pelas cheias.

Quanto aos aglomerados mais atingidos pelas inundações contam-se a cidade do Chókwè e as aldeias de Macarretane, Mulanga, Chiguidela e Chalacuane.

Prejuízos avultados foram detectados no Sector Popular de Produção, cuja dimensão pode ser avaliada através da informação N.º 1/1977 da Direcção Provincial de Agricultura de Gaza; dos 4500 ha, semeados com arroz, 1030 ficaram inundados, distribuindo-se pelas áreas próximas das seguintes localidades: Chókwè — 536 ha; Lionde — 278 ha; Chiguidela — 160 ha; Chalacuane — 66 ha.

Durante o ano agrícola afectado pela cheia (1976-1977), muitas terras ficaram por semear na área do Chókwè, daí o total de prejuízos ser muito maior, em termos relativos, do que em outras ocasiões de cheia.

Na planície aluvial vizinha do Xai-Xai, os estragos assumiram ainda proporções maiores (fig. 12). Nas «Unidades de Produção do Regadio do Baixo Limpopo — Xai-Xai», dos 1000 ha semeados de arroz, nos círculos de Chalacuane, Chiduachine, Magula, Jovucaze e Chibuto, apenas 50 ficaram livres das cheias! Na Companhia das Lezírias, empresa agrícola controlada pelo Estado, 250 ha ficaram alagados. Na margem esquerda, as terras cultivadas perderam-se na quase totalidade, devido ao rebentamento dum dique de defesa e consequente danificação do sistema de rega e drenagem dos campos. 2230 ha é o total de terras afectadas em toda a Província, no que concerne ao sector estatal. Nas imediações da barra do Limpopo, 300 ha de bananal foram completamente inundados, tendo corrido risco de perda total.

Há ainda a referir a situação das empresas cooperativas, patente no quadro síntese que se segue e que por si só é suficientemente elucidativo (quadro 2).

No baixo vale, debruçada sobre um meandro do Limpopo, desenvolve-se a parte baixa da cidade do Xai-Xai, capital da Província de Gaza, e que foi o aglomerado urbano mais atingido, com arruamentos destruídos, muros derrubados, captação de água potável invadida pela cheia, condutas de água e esgotos cortados, casas invadidas pelas águas, entre outros danos registados.

As perdas de vidas humanas estimaram-se em cerca de três centenas, embora não se possa confirmar oficialmente este valor.

Após as cheias, a estrutura governamental, por intermédio do seu Comité Político Permanente, criou uma comissão chefiada pelos Ministros do Interior e Agricultura, além do Governador da Província de Gaza, a fim de orientar os trabalhos de inventariação dos danos e o estabelecimento dum programa de reconstrução a curto prazo. A comissão contava 140 elementos, distribuídos por três grupos de trabalho assim denominados: Aldeias Comuns — Abastecimento — Equipamento. Dos sete elementos destacados pela Universidade Eduardo Mondlane, três eram geógrafos, entre dois engenheiros civis, um veterinário e um economista.

Foi no grupo das Aldeias Comuns que se concentraram os esforços dos geógrafos destacados para a região do Limpopo, além doutros técnicos e diversos elementos das forças policiais, forças populares e quadros de apoio à logística dos trabalhos que estiveram em curso. O objectivo

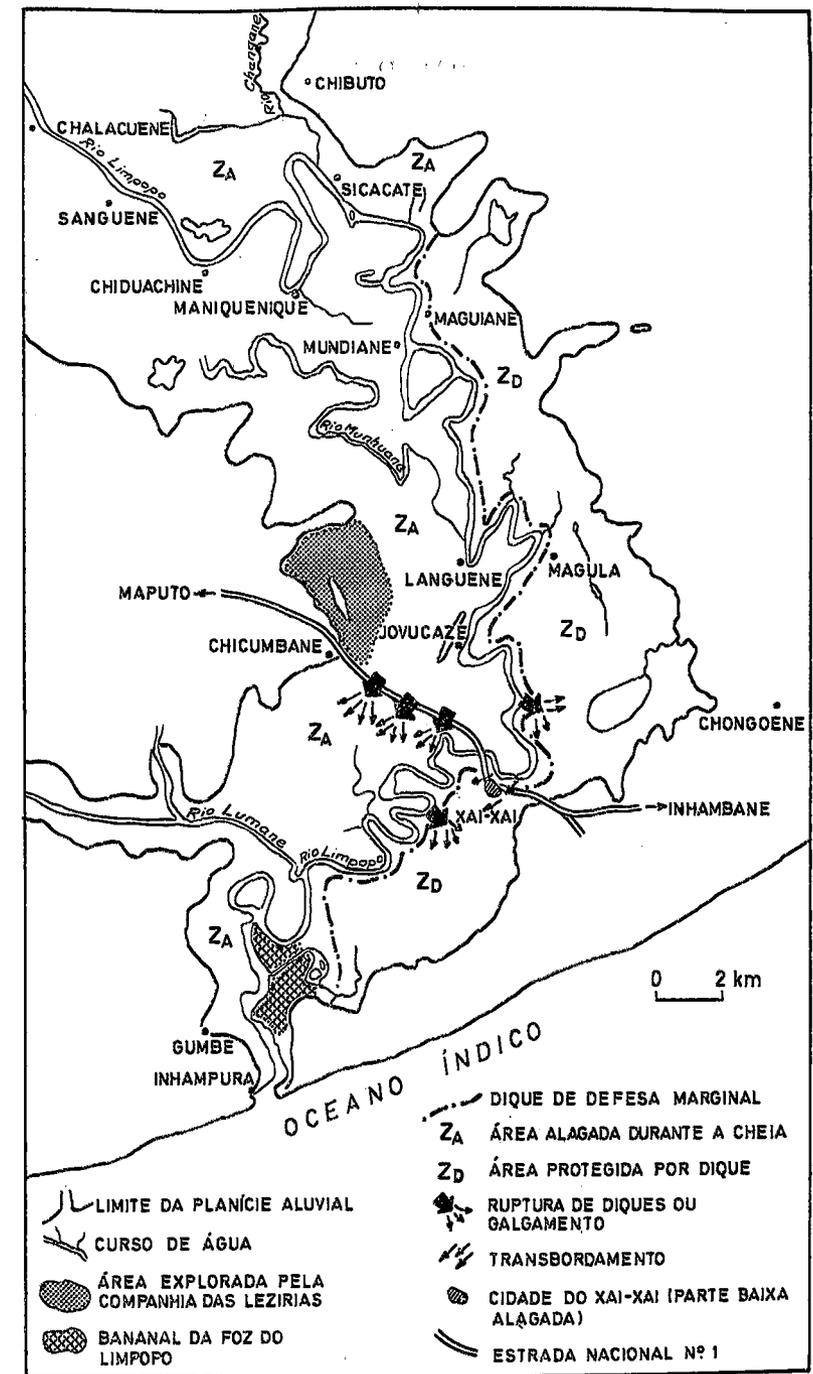


Fig. 12 — Áreas alagadas no baixo Limpopo.

QUADRO 2

Áreas semeadas e afectadas pelas cheias (ha.) nas cooperativas do Baixo Limpopo-Xai-Xai

Cooperativas	Arroz		Milho		Algodão	
	Áreas semeadas	Áreas afectadas	Áreas semeadas	Áreas afectadas	Áreas semeadas	Áreas afectadas
XAI-XAI						
1.º de Maio	200	100	100	?		
25 de Junho	21	21				
Matsengane	42	42				
Chicumbane	30	30				
CHIBUTO						
Ed. Mondlane	180	180				
Maguiguane	65	65				
7 de Setembro	19	—				
Muzingane	20	20				
BILENE						
A luta continua . . .	180	180				
Abaixo a exploração	100	100				
Chiduachine	—	—	50	50	100	100
Keneth Kaunda . . .	20	—				
LIMPOPO						
Maguiguane	30	—				
Abaixo a exploração	15	—				
25 de Setembro . . .	—	—	25	—		
Heróis moçambicanos	—	—	70	70		
Josina Meachel . . .	35	35	20	20		
Ngungunhana	30	—	20	20		
MANJACAZE						
Liberdade	35	—	10	—	10	—
Maguiguane	14	—	10	—		
TOTAIS	1036	773	305	160+?	110	100

era o da construção de aldeias e, segundo consta num extracto do relatório deste grupo de trabalho, o mesmo fora constituído «pela necessidade de apoiar os trabalhos das Aldeias Comuns, cuja formação e desenvolvimento resultou directa ou indirectamente da situação de cheias que afectou todo o Vale do Limpopo» (*Relatório do Grupo de*

Trabalho — Aldeias Comuns. Comissão para o Vale do Limpopo, nomeada pelo Comité Político Permanente. Maputo, Março 1977).

As cheias, desalojando milhares de indivíduos que anteriormente viviam dispersos na planície junto ao rio, contribuíram para que se tentasse a concentração dos aglomerados a criar, em locais afastados de qualquer hipótese de catástrofe provocada pelas águas do rio.

Calculou-se em 400 000 o número de pessoas directamente afectadas pelas cheias de Fevereiro de 1977; Chibuto, um dos distritos mais densamente povoados, com uma população de 300 000 habitantes, foi o mais atingido, cifrando-se em 200 000 o total de indivíduos afectados pela inundação.

«Em consequência das cheias, muitas vidas humanas se perderam, várias aldeias ficaram completamente destruídas; é a deslocação deste elevado efectivo populacional para as áreas mais seguras, que exige rapidamente a sua organização em Aldeias Comuns e seu alargamento a todo o Vale do Limpopo» (*Relatório do Grupo de Trabalho — Aldeias Comuns...*).

Passaram, deste modo, as aldeias a implantar-se preferencialmente no topo de dunas ou em vertentes de declive mais ou menos suave, e, se possível, próximo das vias de comunicação; procurou-se dotar as aldeias com algumas garantias de segurança e bem-estar social, tais como água potável, electricidade e outros quesitos de utilização comunitária.

É uma realidade a implantação desta política, relativamente desenvolvida por toda a Província, existindo, porém, enraizado no espírito dalgumas populações um certo grau de individualismo, que as leva a manter-se afastadas desta nova forma de organização social.

CONCLUSÃO

Deixou-se esboçada uma tentativa de explicação das causas e principais consequências da cheia de Fevereiro de 1977, procurando dar uma ideia tão clara quanto possível dos danos causados nas áreas de vida predominantemente rural.

Em seguida, pôs-se em evidência uma mutação estrutural na forma de ocupação do espaço, que, no presente caso, teve como tônica dominante uma direcção política a abraçar a ideia da institucionalização das Aldeias Comuns. Estas, procurando a concentração das populações, contam, entre outras intenções, a da defesa das mesmas em todos os sentidos e especialmente em relação a fenómenos de catástrofe natural.

ANTÓNIO DE SOUZA SOBRINHO

AGRADECIMENTOS

Quero exprimir os meus agradecimentos em relação ao apoio que me foi prestado pelo Gabinete do Limpopo e pela Direcção dos Serviços Hidráulicos, hoje Direcção Nacional de Águas, aquando da minha deslocação a Moçambique, no ano de 1977.

Ao meu camarada de curso ANICETO DOS MUCANGOS quero prestar homenagem pela sua solicitude em procurar esclarecer-me, tanto quanto possível, acerca do panorama actual da geografia do Vale do Limpopo.

A Professora SUZANNE DAVEAU-RIBEIRO, que pacientemente leu este texto, sinceramente agradeço as suas críticas e sugestões sempre úteis.

Ao senhor HUMBERTO AVELAR agradeço a execução da expressão gráfica deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, G. SOARES DE, «Quaternary Sedimentology and Lithostratigraphy of Massingir», *Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique*, vol. 10, série B, Lourenço Marques, 1975, p. 75-89.
- Comissão para o Vale do Limpopo, nomeada pelo Comité Político Permanente, *Relatório do Grupo de Trabalho — Aldeias Comuns*, Maputo, 1977.
- FARIA, J. M. DA ROCHA; MATA, L. APARÍCIO DA, «Algumas notas sobre o clima de Moçambique», *Serviço Meteorológico Nacional, Serviço Meteorológico de Moçambique*, 22 MEM 20 6 Dez 65, Lourenço Marques, 1965, 8 p., 23 estampas.
- Grupo de Trabalho do Limpopo, *Monografia da Bacia do Limpopo*, Lourenço Marques, 1970.
- MERTENS, EMÍLIO, *Barragem de Massingir* (estudo hidrológico), Conselho Superior de Fomento Ultramarino, Lisboa, 1965, 214 p.
- MERTENS, EMÍLIO; LOUREIRO, J. M., «Monografia Hidrológica da Bacia do Limpopo», *Colectânea de Estudos Hidrológicos*, Ministério da Coordenação Interterritorial, Lisboa, 1974, p. 307-312, 12 desenhos.
- Ministério do Desenvolvimento e Planificação Económica, *Développement Accélééré du Vale do Limpopo*, Maputo, 1978, 4 p.
- Ministério do Ultramar, *Aproveitamento de Massingir — Anteprojecto* (vol. I — *Memória*), Lisboa, 1966, 97 p. e anexos.
- Ministério do Ultramar, *Aproveitamento de Massingir — Anteprojecto* (vol. V — *Estudos Hidráulicos*), Lisboa, 1966, 43 p., anexos e quadros + desenhos).
- Ministério do Ultramar, *Aproveitamento de Massingir — Projecto* (vol. VIII — *Desenhos*), Lisboa, 1969, 51 desenhos.

RÉSUMÉ

La crue du Rio dos Elefantes en février 1977 à Massingir et ses conséquences sur le Bas Limpopo (Mozambique). Le bassin versant du Rio Limpopo est divisé entre quatre pays de l'Afrique australe: République d'Afrique du Sud, Mozambique, Botswana et Rhodésie (fig. 1). Après une brève description de ses caractéristiques topographiques, géologiques et climatiques (fig. 2 et 3), on a cherché à définir le régime du Limpopo mozambicain et de quelques-uns de ses affluents les plus importants dont le Rio dos Elefantes (fig. 4).

On insiste sur l'importance du barrage de Massingir pour la régularisation des débits du Rio dos Elefantes, pour l'irrigation et éventuellement pour la production d'électricité ainsi que sur les principales caractéristiques du barrage et son lieu d'implantation (fig. 5 à 7).

L'évolution de la crue du Rio dos Elefantes en février 1977 à Massingir fut aggravée par le passage de la dépression tropicale «Emilie» en territoire mozambicain. On a pu la suivre à travers la succession des avis des divers services officiels de la République Populaire de Mozambique émettant les mesures de précautions à prendre contre les effets de la crue. On a mentionné les limitations d'ordre technique qui empêchèrent un fonctionnement efficace du service de sécurité et de la décharge du barrage lors de la brusque montée des eaux dans le lac. On a résumé ensuite les dégâts détectés sur le barrage.

La connection de cette crue avec celle du Bas Limpopo a provoqué une inondation depuis l'entreprise agricole étatisée de Chókwe jusqu'à Inhampura (fig. 11 et 12) qui, en certains points, a détruit cultures et habitations, submergé villages, routes et voie ferrée et a causé une centaine de morts.

Pour orienter l'inventaire des préjudices et l'établissement d'un programme d'action immédiate a été créé la Commission du Val du Limpopo qui a été chargée de déplacer les populations riveraines vers des lieux plus sûrs et de les rassembler en villages communaux. Ces mesures engendrèrent une profonde transformation structurale de l'organisation de l'espace dans cette région.

SUMMARY

The february 1977 flood of the Elephants River in Massingir and its repercussions on the lower Limpopo (Mozambique). The Limpopo River basin (fig. 1) is allocated throughout four countries: the Republic of South Africa, Mozambique, Botswana and Zimbabwe (fig. 1). A description of its topographic, geologic and climatic characteristics is made (fig. 2 and 3) and in what concerns the Mozambique Limpopo its regime as well as that of its most important affluents, namely the Elephants River, are also defined (fig. 4).

We refer to the importance of the Massingir dam as to the way in which the Elephants River flows can be used in order to most hydroagricultural purposes and also the production of energy.

The main aspects of the undertaking and its sites are indicated (fig. 5 to 7).

An account is given of the evolution of the February 1977 flood of the Elephants River in Massingir, which was further aggravated by the tropical depression «Emilie» passing over the Mozambican territory (fig. 1, 8 and 9). At the same time, an attempt is made to follow the series of warnings and measures against the floods carried out by the different official services in the People's Republic of Mozambique.

The limitations of a technical nature which prevented more efficient maneuver of the dam's security and protection structures when the lake level suddenly rose, are also mentioned. A summary of the damage detected in the construction is also provided (fig. 5 and 10).

The main damage caused by the flood concerns the lower Limpopo valley from the Chókwè state farming enterprises to Inhampura (fig. 11 and 12) as a result from the connection of the Limpopo river's flood peak with those of the Elephants river. In certain areas crops and houses were destroyed, villages submerged, roads, railway lines and dykes cut off and about one hundred deaths were caused.

With the objective of taking account of the damage and establishing a short term program, a Limpopo Valley Commission was set up. The commission, acting within its scope, directed activities in moving the population to safer areas and at the same time, settling them into communal villages, thus giving rise to deep structural changes in the way of organizing space in the region.