**UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO**

# Identificação das Áreas de Risco de Cheia na Bacia do Rio Limpopo, Moçambique, com Recurso a Sistemas de Informação Geográfica

## Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica

**Lucas da Conceição Maziva**

***Orientador:*** Professor Doutor José Tadeu Marques Aranha

**Vila Real, 2015**

Dissertação de mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e Arquitectura Paisagista da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, realizada sob a orientação do Professor Doutor José Tadeu Marques Aranha do Departamento de Ciências Florestais e Arquitectura Paisagista da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 216/92, de 13 de Outubro.

## Índice:

**Capítulo: I – Introdução e Motivação ..... 14**

1.1 Introdução ..... 14

1.2. Justificação da escolha do tema e da área de estudo ..... 15

1.3. Objectivos ..... 16

1.3.1. Geral ..... 16

1.3.2. Específicos ..... 16

1.4. Estrutura do Trabalho ..... 16

**Capítulo: II - Revisão Bibliográfica ..... 18**

2.1. Sistemas de Informação Geográfica ..... 18

2.1.1. Definições ..... 18

2.1.2. Evolução dos Sistemas de Informação Geográfica no Contexto Mundial ..... 19

2.1.3. Funções dos Sistemas de Informação Geográfica ..... 23

2.1.4. Áreas de Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica ..... 26

2.2. Conceitos Transversais ao Mapeamento das Áreas de Risco de Cheia ..... 27

2.2.1. Cheias e Inundações ..... 27

2.2.1.2. Perigo de Cheia e Risco de Cheia ..... 29

2.3. Os SIG e as cheias ..... 29

**Capítulo III – Causa, Impacto e Mitigação das Cheias em Moçambique e em Particular na Bacia do Limpopo ..... 31**

3.1. Causa das Cheias ..... 31

3.2. Impacto das Cheias ..... 33

3.2.1. Na saúde humana ..... 33

3.2.2. Na habitação ..... 34

3.2.3. Nas vias de acesso ..... 35

3.2.4. Na segurança alimentar ..... 35

3.3. Medidas de Mitigação ..... 37

3.4. Infra-estruturas Demonstrativas de Medidas Estruturais na Bacia do Limpopo ..... 41

3.4.1. Barragem de Massingir ..... 41

3.4.2. Açude de Macarretane ..... 41

3.4.3. Regadio do Chókwè ..... 41

3.4.4. Regadio do Baixo Limpopo ..... 42

3.5. Iniciativas Demonstrativas de Medidas não Estruturais Aplicadas em Moçambique ..... 43

3.5.1. Sistema de Aviso Prévio para Cheias ..... 43

3.5.2. Sistema de Aviso Prévio para Cheias Baseado na Comunidade ..... 44

3.5.3. Sistema de Aviso Prévio para Cheias dos Países que Partilham a mesma Bacia Hidrográfica ..... 44

3.6. Acções Minimizadoras do Impacto das Cheias ..... 44

3.6.1. Implementação dos Regulamentos e Normas Aprovadas ..... 45

3.6.2. Conservação da Bacia ..... 46

3.6.3. Construção de Habitações Resistentes às Cheias ..... 46

3.6.4. Aperfeiçoamento das Estruturas de Retenção de Cheias ..... 48

**Capítulo IV – Material e Métodos ..... 49**

4.1. Reflexão Metodológica Prévia ..... 49

4.2. Material ..... 51

4.3. Métodos ..... 52

**Capítulo V - Apresentação da Área de Estudo - A Bacia do Rio Limpopo, em Moçambique ..... 59**

5.1. Localização Geográfica ..... 59

5.2. História da Região Coberta pela Bacia do Rio Limpopo ..... 60

5.3. Características Morfológicas, Edafo-Climáticas e Ecológicas ..... 61

5.3.1. Características Fisiográficas ..... 61

5.3.2. Geologia da Bacia do Limpopo ..... 65

5.3.3. Clima da Bacia do Limpopo ..... 66

5.3.3.1. Precipitação ..... 66

5.3.3.2.Temperatura ..... 66

5.3.3.3. O clima da Bacia do Limpopo ..... 68

5.4. Rede Hidrográfica da Bacia do Limpopo ..... 68

5.5. Solos da Bacia do Limpopo ..... 70

5.6. Florestas e Fauna Bravia da Bacia do Limpopo ..... 71

5.7. Caracterização Socioeconómica da Bacia do Limpopo ..... 73

5.8. Cultura da Bacia do Limpopo ..... 73

**Capítulo VI - Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados ..... 74**

6.1. Introdução: ..... 74

6.2. Histórico das Cheias no Limpopo ..... 74

6.3.Análise da Precipitação ..... 75

6.4.Análise do Caudal e Precipitação ..... 76

6.6.Processo de obtenção dos factores ..... 80

**Capítulo VII - Conclusões ..... 105**

**Referências Bibliográficas: ..... 112**

## Índice de Tabelas:

Tabela 1: Impacto das cheias na saúde humana ..... 34

Tabela 2: Medidas não estruturais para o controle de cheias ..... 39

Tabela 3: Métodos Para Determinação de Áreas de Risco de Cheia ..... 50

Tabela 4: Formação da base de dados ..... 51

Tabela 5: Programas usados e sua aplicação ..... 52

Tabela 6: Composição dos grupos de solo e a relação com a capacidade de infiltração ..... 56

Tabela 7: Valores assumidos pelo declive ..... 79

Tabela 8: Valores assumidos pela altitude ..... 79

Tabela 9:Valores assumidos pela distância euclidiana ..... 79

Tabela 10: Valores assumidos pela drenagem dos solos ..... 80

Tabela 11: Valores assumidos pelo uso e ocupação do solo ..... 80

Tabela 12: Susceptibilidade dos centros de saúde ao risco de cheia ..... 92

Tabela 13: Susceptibilidade dos postos de saúde ao risco de cheia ..... 92

Tabela 14: Susceptibilidade dos hospitais ao risco de cheia ..... 92

Tabela 15: Infra-estruturas de saúde mais críticas no distrito de Chókwè ..... 93

Tabela 16: Susceptibilidade das escolas primárias ao risco de cheia ..... 95

Tabela 17: Susceptibilidade das escolas secundárias ao risco de cheia ..... 95

Tabela 18: Infra-estruturas de educação mais críticas no distrito de Chókwè ..... 96

Tabela 19: Susceptibilidade das vias de acesso ao risco de cheia ..... 99

Tabela 20: Susceptibilidade das vias de acesso primárias ao risco de cheia ..... 100

Tabela 21: Susceptibilidade das vias de acesso secundárias ao risco de cheia ..... 100

Tabela 22: Susceptibilidade das vias de acesso vicinais ao risco de cheia ..... 100

Tabela 23: Susceptibilidade das vias de acesso terciárias ao risco de cheia ..... 100

Tabela 24: Susceptibilidade das vias de acesso (outras categorias) ao risco de cheia ..... 100

## Índice de Figuras:

Figura 1: Evolução dos sistemas de informação geográfica ..... 21

Figura 2: Característica dos sistemas de informação geográfica ..... 21

Figura 3: Esquema de um sistema de informação geográfica ..... 23

Figura 4: Funções do sistema de informação geográfica ..... 23

Figura 5: Captura de dados em sistemas de informação geográfica ..... 24

Figura 6: Diferentes tipos de análise em sistemas de informação geográfica ..... 24

Figura 7: Armazenamento de dados em sistemas de informação geográfica ..... 25

Figura 8: Visualização em sistemas de informação geográfica ..... 25

Figura 9: Consulta em sistemas de informação geográfica ..... 26

Figura 10: Diferentes formas de apresentação do produto final ..... 26

Figura 11: Impacto da destruição das cheias de 2013 na Bacia do Limpopo ..... 36

Figura 12: Desenho representativo de um reservatório de amortecimento ..... 37

Figura 13: Desenho representativo de um dique de protecção e alargamento do canal ..... 38

Figura 14: Reflorestamento nas margens do rio (comportamento do rio antes da implementação da medida e após a implementação da medida) ..... 38

Figura 15: Diferentes medidas de controle de cheias ..... 40

Figura 16: Descarga das barragens de Massingir (1), açude de Macarretane (2) e imagem panorâmica do regadio de Chókwè ..... 42

Figura 17: Esboço de habitações adaptadas ..... 47

Figura 18: Etapas executadas ..... 58

Figura 19: Localização da Bacia e dos principais rios ..... 59

Figura 20: Rede viária da bacia hidrográfica ..... 60

Figura 21: Disposição do relevo face ao rio Limpopo ..... 62

Figura 22: Carta fisiográfica da bacia do Limpopo ..... 62

Figura 23: Carta de declives da bacia do Limpopo ..... 64

Figura 24: Carta de exposições da bacia do Limpopo ..... 64

Figura 25: Carta geológica da bacia do rio Limpopo ..... 65

Figura 26: Carta de precipitação da bacia do Limpopo ..... 67

Figura 27: Carta da distribuição da temperatura da bacia do Limpopo ..... 67

Figura 28: Carta da distribuição do clima da bacia do Limpopo ..... 68

Figura 29: Carta da rede hidrográfica da bacia do Limpopo. ..... 70

Figura 30: Carta da distribuição dos solos da bacia do Limpopo. ..... 71

Figura 31: Marcos históricos das cheias na bacia do Limpopo (grau de destruição de 1 a 9) ..... 75

Figura 32: Variação do caudal de 1950 a 2010 ..... 76

Figura 33: Variação da precipitação de 1965 a 2010 ..... 77

Figura 34:Variação da precipitação (Novembro, Dezembro, Janeiro e somatório das mesmas) ..... 77

Figura 35: Variação da precipitação (anual, dias com precipitação, somatório da anual e somatório de todas variáveis). Interpolação espacial pelo método do quadrado do inverso das distâncias. ..... 78

Figura 36: Uso da ferramenta do declive e da reclassificação ..... 81

Figura 37: Carta do declive reflectida nos pesos ..... 81

Figura 38: Uso da ferramenta de reclassificação ..... 82

Figura 39: Carta da altitude reflectida nos pesos ..... 82

Figura 40: Determinação da distância euclidiana e reclassificação ..... 83

Figura 41: Carta da distância ao rio reflectida nos pesos ..... 83

Figura 42: Campo referente aos pesos e conversão do ficheiro de vector para grelha ..... 84

Figura 43: Carta da drenagem reflectida nos pesos ..... 84

Figura 44: Campo referente aos pesos e conversão do ficheiro de vector para grelha ..... 85

Figura 45: Carta do uso e cobertura do solo reflectida nos pesos ..... 85

Figura 46: Somatório dos cinco ficheiros formados e reclassificação do mapa de perigo ..... 86

Figura 47: Carta do perigo de cheia na bacia do Limpopo (sem reclassificação) ..... 86

Figura 48: Aplicação do filtro de modo a melhorar o aspecto visual do mapa ..... 87

Figura 49: Carta de perigo de cheia da bacia do Limpopo ..... 87

Figura 50: Carta de Risco de cheia da bacia do Limpopo ..... 88

Figura 51: Cálculo do índice pelo map algebra ..... 88

Figura 52: Representação da mancha de cheia de 2013..... 89

Figura 53: Representação 3D da mancha de cheia e dos níveis de risco ..... 89

Figura 54: Conversão de raster para vector e intercepção do ficheiro de cheias com as infra-estruturas... 91

Figura 55: Infra-estruturas de saúde em áreas de risco ..... 91

Figura 56: Carta das infra-estruturas de saúde na zona mais critica ..... 94

Figura 57: Infra-estruturas de educação em áreas de risco ..... 95

Figura 58: Carta das infra-estruturas de educação na zona mais critica (EP – escola primária; ES – escola secundária) ..... 98

Figura 59: População da bacia do Limpopo..... 101

Figura 60: Percentagem da população em áreas de risco..... 102

Figura 61: Representação percentual de todas as variáveis em áreas de risco..... 104

**Lista de Acrónimos e Siglas**

ANE – Administração Nacional de Estradas

ARA - SUL – Administração Regional de Água

CA – Centro de Acomodação

CENACARTA – Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção

CLGRC – Conselhos Locais de Gestão de Risco de Calamidades

DNA – Direcção Nacional de Água

EUA – Estados Unidos da América

FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

FAO – Organização das Nações Unidas Para Alimentação e Agricultura

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPS – Sistema de Posicionamento Global

HEC - RAS –Hydrologic Engineering Center's River Analysis System

INAM – Instituto Nacional de Meteorologia

INE – Instituto Nacional de Estatística

INGC – Instituto Nacional de Gestão Calamidades

MADER – Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

MAE – Ministério da Administração Estatal

MED – Ministério da Educação

MICOA – Ministério Para a Coordenação e Acção Ambiental

MINED – Ministério da Educação

MISAU – Ministério da Saúde

MMO – Moçambique Media Online

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONG – Organizações Não Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

PED – Plano Estratégico de Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

PNUD – Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento

SADC – Comunidade Para o Desenvolvimento da África Austral

SAP – Sistema de Aviso Prévio

SARDC – Southern African Research and Documentation Centre

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UNDP – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

USAID – Agência dos Estados Unidos Para o Desenvolvimento

USGS – United States Geological Survey

**Agradecimentos**

A realização deste trabalho só foi possível devido à contribuição, directa e indirecta de diversas pessoas e instituições.

Manifesto aqui o meu sincero agradecimento:

Ao Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, à Embaixada de Portugal em Moçambique e ao Instituto de Bolsas de Moçambique, pela bolsa de estudo concedida para frequentar o curso de mestrado. Pois está mobilidade não só permitiu-me adquirir conhecimentos académicos mas também conhecer outras culturas.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Tadeu Marques Aranha, pela orientação, paciência e dedicação demonstrada ao longo deste trabalho e durante o período de formação.

A todos os professores do curso de mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, pela paciência e dedicação prestada ao longo deste período de formação.

Aos meus colegas do curso de mestrado, nomeadamente: Luís Braz, Miguel Peixoto, Sebastião Agrela e Graciela pelo apoio prestado ao longo do curso e espírito de companheirismo.

Ao povo português, pela hospitalidade, e em especial ao Sr. Eng. João Branco sua família e amigos.

Um agradecimento especial à minha família e em especial a minha Mãe e Irmã nomeadamente Idalina Maria da Conceição e Elsa da Conceição por terem suportado a minha ausência durante este período de formação e por todo o apoio incondicional.

**Resumo**

Moçambique é um país que se localiza no Continente Africano, na costa Oriental, com uma fronteira marítima de 2500 km e uma fronteira terrestre bastante longa, com aproximadamente 4000 km. A sua localização junto a costa e a disposição do seu relevo, contribuem para que a região costeira seja muito fustigado tanto por ciclones como por cheias. O relevo de Moçambique apresenta-se em forma de escadaria, com as montanhas do lado terrestre, os planaltos na zona intermédia e as planícies junto ao mar. Desta forma, em casos de precipitação intensa nos países a montante, a água vai-se acumulando ao longo das bacias hidrográficas em direcção ao oceano Índico, o que no seu percurso provoca cheias.

A principal actividade da população de Moçambique é a agricultura, que é praticada junto aos cursos de água, de modo a aproveitar a humidade do solo, visto que a precipitação é bastante localizada no tempo, concentrando-se nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Desta forma em caso de aumento da precipitação e do caudal, extensas áreas são afectadas, provocando enormes perdas de vidas humanas e bens, com consequências que vão além do evento, visto que os efeitos das cheias se prologam por muito tempo.

Os sistemas de informação geográfica (SIG) são uma ferramenta que vem ganhando muito espaço nos últimos tempos. São aplicados em várias áreas das ciências, constituem uma ferramenta bastante forte para análise e compreensão de fenómenos naturais, económicos e sociais.

Este trabalho tem em vista o desenvolvimento de uma metodologia que fará uso dos sistema de informação geográfica, como ferramenta que ira possibilitar a localização de áreas susceptíveis as cheias, determinar o número de pessoas expostas e os seus respectivos bens, contribuindo dessa forma com uma ferramenta e metodologia que auxilie os tomadores de decisão e o público em geral. Com a elaboração desse trabalho, será possível entender os motivos das constantes cheias ao longo do território nacional, mais concretamente ao longo do Rio Limpopo, as suas causas, impactos e medidas de mitigação.

**Palavras Chave:** Sistemas de Informação Geográfica, Cheias, Mitigação, Causa e Impacto

**Nota:** Este trabalho foi escrito em português, mas usando o anterior acordo ortográfico, visto que em Moçambique ainda está em vigor o mesmo, e a sintaxe de Moçambique.

## Abstract

Mozambique is located on the eastern coast of the African continent, with a very long land border, about 4000 Km and a shore line to the Indian Ocean about 2500 km. The location along the ocean coast and the layout of the relief, contributes to the coastal region is very buffeted by both cyclones and floods, as the relief of Mozambique presents as shaped staircase, with the mountains on the eastern border, plateaus by the middle country and plains by the shore line. This way, intense precipitation on the mountains leads to water accumulation coming from the upstream countries and domestic water, which accumulates along the basins towards the ocean which, on it's way, causes floods.

The main activity of the Mozambican population is agriculture, which is practiced along rivers and around water bodies in order to take advantage of soil moisture, as the rainfall is very localized in time, concentrating in the months of December, January and February. So in case of increased rainfall and flow, large areas are affected, causing massive loss of human life and property, with consequences that go beyond the event, as the effects of the floods last a long time.

Geographic information systems are a tool that has gained much space in recent times, are applied in various areas of science, constitute a very strong tool for analysis and understanding of natural, economic and social phenomena.

This work has the purpose to develop a methodology that will make use of geographic information system, to enable the location of areas susceptible to flooding, such as along river Limpopo, as a way to determine the number of exposed persons and their respective goods, providing a tool and methodology which would help decision makers and the general public. With the development of this work, will be possible to understand the reasons for the constant flooding in the country, its causes, impacts and mitigation measures.


**Key words:** Geographic Information Systems, Floods, Mitigation, Cause and Impact

**Note:** This work was written in Portuguese but using the previous agreement spelling, as in Mozambique is still in use, as well the syntax from Mozambique.

## Capítulo: I – Introdução e Motivação

### 1.1 Introdução

Ao longo da história, a humanidade estabeleceu-se nas proximidades dos corpos hídricos, principalmente em virtude da necessidade do uso da água, tanto para o consumo directo quanto para actividades como a agricultura, pecuária e indústria. Além disso, os rios são importantes vias de transporte, beneficiando as actividades comerciais e interligando as comunidades ribeirinhas. Geralmente, ao ocupar áreas junto às margens dos rios, o homem enfrenta sérios problemas com o regime natural dos recursos hídricos. Em países subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, os problemas ocasionados pelas cheias são agravados pelo planeamento deficiente da ocupação dessas áreas (OLIVEIRA, 2010).

Moçambique é o terceiro país Africano mais exposto aos desastres naturais, sendo cíclico e frequentemente assolado por eventos naturais extremos na forma de cheias, secas, ciclones e tempestades tropicais, que tendem a transformar-se em calamidade. Esta susceptibilidade do país à variabilidade climática deve-se por um lado a factores de ordem geofísica e factores de natureza humana. Devido à localização do país, a jusante das principais bacias hidrográficas, as cheias que têm ocorrido em Moçambique são comuns e resultam das chuvas torrenciais dentro e fora do país, nos países vizinhos, nomeadamente Zâmbia, Zimbabwe, África do Sul, Suazilândia e Malawi. Este problema é agravado devido ao escoamento das águas provenientes das descargas das barragens a montante das principais bacias hidrográficas, nomeadamente Licungo, Zambeze, Buzi, Pungoe, Save, Limpopo e Incomáti, afectando assim grande parte das populações que vivem nas zonas ribeirinhas a jusante (MICOA, 2010).

Mais de oito milhões de Moçambicanos foram afectados pelas calamidades naturais nos últimos anos, nomeadamente nas décadas de 80, 90 e 2000. Moçambique registou um total de 53 calamidades nos últimos 45 anos, cerca de 1,17 em média por ano. As cheias de 2000 foram vastas. Atingiram as províncias de Maputo, Gaza, Inhambane, Sofala e Manica, tendo afectado as sete bacias dos rios: Maputo, Umbeluzi, Incomáti, Limpopo, Save, Búzi e Púngóe e uma população de cerca de cinco milhões. Dados estimativos de prejuízos totais das cheias de 1977 foram de 60 milhões de dólares americanos. Estas afectaram cerca de 88000 pessoas, registou-se a morte e desaparecimento de mais de 4000 cabeças de gado e foram inundados 60000 hectares de área de cultivo. Enquanto que no ano 2000, o prejuízo foi de 600 milhões de dólares

americanos tendo desalojado 500000 pessoas. Segundo estimativas do governo, nas cheias de 2000 morreram 700 pessoas, cerca de 45000 foram salvas, 544000 abandonaram as suas casas e colheitas, estima-se que as mesmas tenham custado aproximadamente 20% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (MANJATE, 2006).

As cheias de 2013 tiveram consequências devastadoras para os habitantes das áreas afectadas. Mais de 450 mil moçambicanos foram afectados e cerca de 150000 foram forçados a abandonar suas casas para residir temporária ou permanentemente em centros de acomodação (CA) e bairros de reassentamento, respectivamente, ambos nas zonas altas e seguras (ONU, 2013).

### 1.2. Justificação da Escolha do Tema e da Área de Estudo

Segundo ALCÁNTARA-AYALA (2002) refere que a ocorrência dos desastres naturais está ligada não somente à susceptibilidade dos mesmos, mas também devido às características geoambientais, à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, o sistema económico-social-politico-cultural. Normalmente os países em desenvolvimento não possuem boas infra-estruturas, sofrendo muito mais com os desastres do que os países desenvolvidos, principalmente quando relacionado com o número de vítimas.

VANACKER *et al.* (2003) referem que em países em desenvolvimento, o perigo devido a desastres naturais está aumentando. O aumento da pressão populacional e o desenvolvimento económico forçam cada vez mais a população, em especial a de baixa renda, a mudar para as áreas de risco, as quais são menos adequadas para agricultura e para a concentração populacional.

Até hoje, na Bacia do Limpopo, mais de 500000 pessoas foram desalojadas e 700 perderam a vida. A destruição de casas, escolas, centros de saúde, estradas, linhas férreas, sistemas de irrigação, sistemas de abastecimento de água e electricidade foram enormes e extensivos. As perdas macroeconómicas foram estimadas em 600 milhões de dólares norte americanos, a taxa de crescimento económico de Moçambique baixou 2% projectados de 10% para 8%. Muitas famílias que tinham perdido tudo durante as décadas de guerra civil, e que tinham lutado para reconstruir a vida desde a chegada da paz, em finais de 1992, mais uma vez perderam tudo nas cheias (USAID, 2005).

## 1.3. Objectivos

### 1.3.1. Geral

O presente trabalho tem como objectivo propor uma metodologia de identificação das áreas em risco de cheias na Bacia do Limpopo com recurso a sistemas de informação geográfica.

### 1.3.2. Específicos

- Caracterizar a bacia hidrográfica do rio Limpopo: Edafo-climáticos, morfológicos, ocupação do solo e actividades antrópicas;
- Cartografar as zonas afectadas pelas cheias ao longo dos últimos 20 anos e analisar quais as variáveis relacionadas com este fenómeno natural;
- Identificar as causas e impacto das cheias na bacia do Limpopo e avançar com medidas de mitigação;
- Estudar o regime anual de precipitação e relacionar episódios de grande pluviosidade com ocorrência de cheias; e
- Desenvolver um modelo de cálculo de perigo de cheia e de identificação de zonas de risco, baseado em técnicas de álgebra cartográfica em ambiente SIG.

## 1.4. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em sete capítulos fundamentais, referentes à temática proposta.

O primeiro capítulo centra-se na apresentação de questões introdutórias, motivação e justificação da escolha do tema bem como da área de estudo;

O segundo capítulo aborda de forma genérica os sistemas de informação geográficas, faz uma resenha histórica do seu surgimento, evolução, aplicação e estrutura. Compila conceitos transversais ao mapeamento das áreas de risco de cheias como são os casos dos conceitos de risco/perigo, cheia/inundação e desastres naturais;

O terceiro capítulo foca a questão relacionada com as causas e impactos das cheias, bem como medidas de mitigação, onde estas na sua essência são viradas para países do terceiro mundo, com ênfase para Moçambique onde existe um fraco poder económico, tanto da população como das autoridades;

O quarto capítulo faz a descrição da metodologia, o processo da escolha considerada adequada, os dados e programas, bem como os factores;

O quinto capítulo dedica-se à descrição da área de estudo, onde é retratada a localização geográfica, a evolução histórica da região desde os primeiros povos, reinos que existiram, domínio da região pelos portugueses até aos tempos modernos, caracterização climática, que foca a precipitação e temperatura, caracterização fisiografia onde são descritos o relevo, geologia e hidrografia;

O sexto capítulo está virado para apresentação, análise e discussão dos resultados, onde mostra-se todo o processo de obtenção dos factores até à fase da produção da carta de risco e perigo de cheia; e

O sétimo capítulo foi reservado à apresentação de conclusões, onde de forma genérica são apontadas as principais ilações colhidas do trabalho.

# Capítulo: II - Revisão Bibliográfica

## 2.1. Sistemas de Informação Geográfica

### 2.1.1. Definições

O conhecimento espacial assume, desde há longa data, uma importância crítica no desenvolvimento das actividades humanas e no modo como o homem interage com o espaço físico onde habita. De facto quase todos os fenómenos com que somos confrontados diariamente assumem uma expressão territorial. Representar, analisar e conhecer a dimensão espacial associada a esses fenómenos constitui um dos principais desafios que se colocam aos Sistemas de Informação Geográfica (PAINHO & CURVELO, 2009).

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de aplicações informáticas baseado em computador que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (CÂMARA & DE FREITAS, 1995).

A tecnologia de SIG pode trazer enormes benefícios devido à sua capacidade de manipular a informação espacial de forma precisa, rápida e sofisticada (GOODCHILD *et al.*1993). Na década de 80 do século passado, o uso de SIG tornou-se comum em empresas, universidades e agências governamentais, e actualmente diversos profissionais o utilizam para as mais variadas aplicações. Essa diversidade de usos e aplicações fez surgir várias definições de SIG, tais como:

- "Conjunto poderoso de ferramentas para colectar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real" (BURROUGH, 1987);
- "Uma base de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais" (SMITH *et al*. 1987);
- "Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas" (COWEN, 1988); e
- "Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados geo-referenciados" (ARONOFF, 1989).

Essas definições de SIG reflectem, cada uma à sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

Actualmente algumas de suas aplicações incluem temas como agricultura, floresta, cartografia, geologia, cadastro urbano, redes concessionárias de água, energia e outros (STAR & ESTES, 1990).

Um sistema de informação geográfica tem por objectivo o processamento de dados referenciados geograficamente, desde a colecta até à geração e exibição das informações por meio de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais e gráficos, entre outros.

Segundo CÂMARA & DE FREITAS (1995) as principais características dos SIG são:

- Integrar informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Oferecer mecanismos para análise geográfica, através de facilidades para consultar, recuperar, manipular, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados geocodificados.

### 2.1.2. Evolução dos Sistemas de Informação Geográfica no Contexto Mundial

Uma das funções mais amplamente utilizadas dos sistemas de informação geográfica é a sobreposição de informação, que permite realizar uma análise integrada dos dados. Os primeiros registos que se têm da sobreposição de mapas em forma manual são: a sobreposição de mapas para mostrar os movimentos das tropas na Batalha de Yorktown (1781) da revolução americana, o atlas do caminho de ferro da Irlanda, que mostrava num mesmo mapa base a população, o fluxo de tráfego, a geologia e a topografia das áreas onde passava estradão caminho de ferro (1850) e talvez o exemplo mais conhecido, o do Dr. Snow que em 1854 correlacionou a distribuição dos poços de água da cidade de Londres e os registos de casos de cólera, e verificou que a maioria dos casos estavam concentrados em torno de um único poço, confirmando a hipótese de que a água era o agente transmissor da doença (GOODCHILD & KEMP, 1990).

O primeiro sistema de informação geográfico foi implementado no Canadá em 1962, denominado Canadian Geographic Information System (CGIS), com o objectivo de realizar um inventário de terras em âmbito nacional, envolvendo diferentes aspectos socioeconómicos e ambientais. Em 1964, o serviço de saúde pública dos EUA automatiza a Divisão de Fornecimento de Água e Controle de Poluição, sobrepondo dados de diferentes órgãos como qualidade de água, cursos fluviais, processos de localização e tratamento. Ainda em 1964, desenvolveu-se o primeiro SIG para a gestão dos recursos naturais, no serviço florestal dos EUA.

Dois anos depois, em 1966, foi desenvolvida a primeira aplicação de cartografia para computador, concluída no Harvard Lab, o SYMAP (Synagraphic Mapping System). Em 1968, o Departamento de Censo dos EUA desenvolve o DIME (Dual Independent Map Encoding) para a representação digital das redes de estradas e zonas censitárias (ROHM, 2003).

Em 1969, foi fundado o Enviromental Systems Research Institute ESRI, na Califórnia, que se dedicou, na década de 70, ao desenvolvimento de um plano de reconstrução das cidades Baltimore, Maryland e à localização de um novo centro da Mobil Oil na Virgínia. Em 1981 a ESRI lançou o primeiro produto comercial: o ARC/INFO, projectado para minicomputadores e em 1986, desenvolveu a versão PC ARC/INFO. Em 1986 foi criada a Map Info Corporation no Renssealer Polytechnic Institute, em Nova Iorque, sendo a primeira a desenvolver um software para PC com aplicações em negócios. Em 1991, a ESRI lançou uma versão "desktop" SIG de custo mais acessível e de fácil manuseio: o ARCVIEW GIS, assim como o ARCDATA Program, para promover uma grande variedade de dados de alta qualidade e fáceis de usar, compatíveis com seus softwares. Em 1992, criou o ArcCad, que permitiu integrar as tecnologias do SIG e do CAD, em 1996 lançou o ARC/INFO para Windows NT, criou a NT bem como o Atlas GIS (LINS & FERREIRA, 2002).

CÂMARA & DE FREITAS (1995) afirmam que os sistemas de informação geográfica podem ser divididos em três gerações: manipulação e visualização de base de dados (primeira fase), operações analíticas de dados não gráficos e estrutura organizacionais (segunda fase) e análise espacial (terceira fase).

A **primeira geração** caracteriza-se por sistemas herdeiros da tradição de cartografia, com suporte de base de dados limitado e cujo paradigma típico de trabalho é o mapa. Iniciada na década de 50, a primeira fase é marcada pela necessidade de armazenar, organizar, processar e visualizar dados. Isto deu origem às primeiras versões de SIG, baseadas na manipulação e visualização de dados.

A **segunda geração** de SIG chegou ao mercado no início da década de 90 e caracteriza-se por ser concebida para uso em ambientes cliente-servidor, acoplado a gestão de base de dados relacionais e com pacotes adicionais para processamento de imagens. Nesta nova perspectiva, as operações analíticas são enfatizadas por meio de modelos matemáticos com dados numéricos não gráficos.

A **terceira geração** surgiu no final dos anos 90 do século XX, caracterizada pela administração de enormes bases de dados geográficos, com acesso por redes locais e remotas, com interface por meio da World Wide Web.

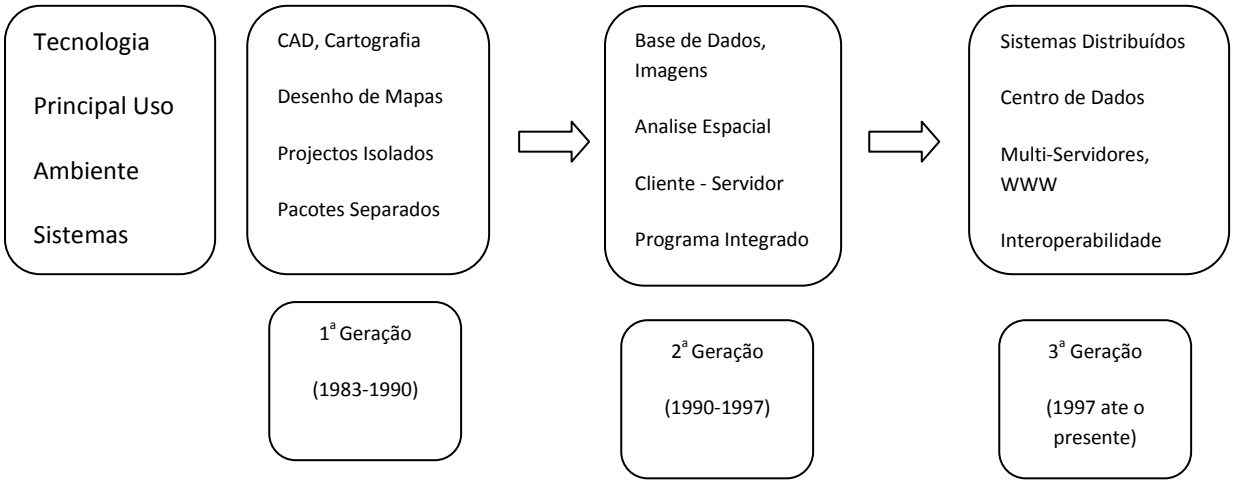



Figura 1: Evolução dos sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de LAZZAROTTO (2003)

Para LAZZAROTTO (2003) as características de um Sistema de Informação Geográfica podem ser divididas em software, hardware, dados, metodologias e recursos humanos.

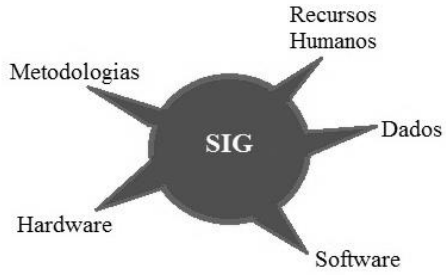



Figura 2: Característica dos sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de LAZZAROTTO (2003)

O **software** é formado por um conjunto de programas, que tem por objectivo colectar, armazenar, processar e analisar dados geográficos. É formado basicamente por cinco partes:

1. Colecta, padronização, entrada e validação de dados;
2. Armazenamento e recuperação;

3. Transformação ou processamento de dados;
4. Análise e geração de informação; e
5. Saída e apresentação de resultados.

O **hardware** é o conjunto de equipamentos necessários para o desempenho das funções realizadas pelo **software**, em que se pode usar o computador e seus periféricos: impressora, scanner, plotter unidades de armazenamento.

Por **dados** entende-se o material bruto que alimenta o sistema, permitindo a geração da informação. O poder da informação é indiscutível, porém o que tem revolucionado os processos tradicionais de utilização da informação é a forma como ela é rapidamente processada e utilizada para diversos objectivos conforme o modo de sua apresentação.

Os **recursos humanos** são uma parte essencial, pois o SIG por si só não garante a eficiência nem a eficácia de sua aplicação. Pessoas com metas comuns formam uma organização, e pode-se afirmar que ferramentas novas só se tornam eficientes quando integradas ao processo de trabalho. Para isso é necessário a capacitação do pessoal, bem como utentes e dirigentes para a maximização do potencial de uso da nova tecnologia.

As **metodologias** estão ligadas directamente ao conhecimento e à experiência do profissional, que a partir de um objectivo definido submete seus dados a um tratamento específico, para a obtenção dos resultados desejados, pois a qualidade dos resultados do SIG não está ligada somente à capacidade de processamento e sofisticação, mas também é proporcional à experiência do utente.

Com a utilização dos SIG, as feições do mundo real podem ser representadas em diversas camadas de dados relacionados, divididos em dois grupos: o primeiro refere-se às ocorrências e às formas presentes em determinado local, e o segundo descreve qualitativa ou quantitativamente tais ocorrências.

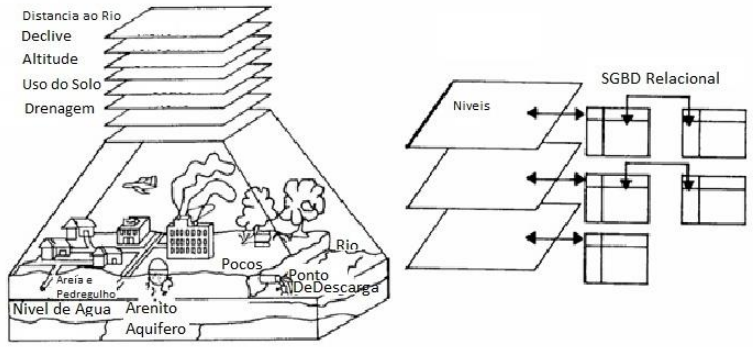



Figura 3: Esquema de um sistema de informação geográfica

**Fonte:** Adaptado de ROHM (2003)

Nos Sistemas de Informação Geográfica, os dados gráficos são os modelos do mundo real em forma digital. A representação digital dessas informações no mapa pode ser dividida em duas formas: vectorial e matricial. A estrutura vectorial representa os dados através de pontos, linhas e polígonos, segundo um sistema de coordenadas, enquanto que a matricial, divide o objecto de estudo em elementos que compõem uma grelha regular. Estes elementos são denominados de celdas, células ou pixeis (ROHM, 2003).

### 2.1.3. Funções dos Sistemas de Informação Geográfica

Segundo SERRA (2003) os SIG podem ser classificados de acordo com as suas funções, dos quais se destacam como principais a captura de dados, a análise, o armazenamento, a visualização, a consulta e a saída.

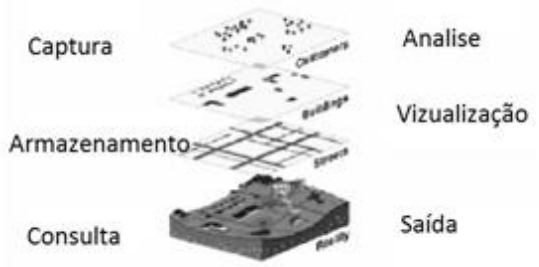



Figura 4: Funções do sistema de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

A **captura** é basicamente a colecta das informações existentes no mundo real e que podem ser obtidas de diversas formas. A captura de dados de um SIG pode-se realizar por meio de mapas analógicos, dados digitais, inserção de coordenadas geográficas ou colecta em campo com a utilização dos GNSS (Global Navigation Satellite System). Toda a captura é armazenada em uma base de dados geográfica.

A **entrada** de dados acontece em mapa analógico quando a informação disponível se apresenta no formato analógico, como mapas em papel. Para a inserção deste tipo de informação é necessária a utilização de alguns equipamentos, tais como uma mesa digitalizadora ou scanner, para a digitalização do mapa em questão.

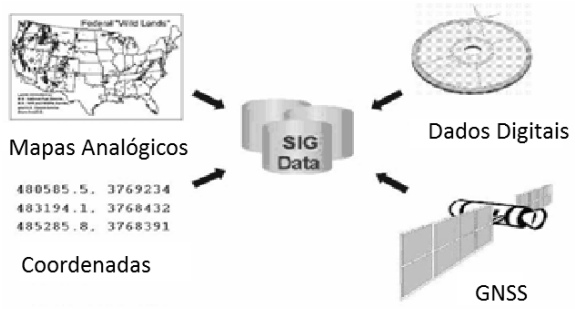



Figura 5: Captura de dados em sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

A **análise** é disponibilizada para o utente de forma a contribuir para um melhor aproveitamento dos dados colectados. Entre as diversas possibilidades de análises disponíveis para um SIG, as principais são: análise de proximidade, de sobreposição de camadas e análise de redes.

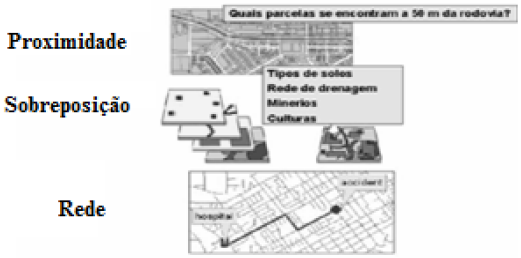



Figura 6: Diferentes tipos de análise em sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

O **armazenamento** consiste na possibilidade de recuperação das informações capturadas e analisadas dentro do SIG. O armazenamento de dados pode ser realizado de duas maneiras: em formato vector – onde são encontradas representações discretas da realidade, ou em formato raster – com utilização de células quadradas, definidas por linhas e colunas.

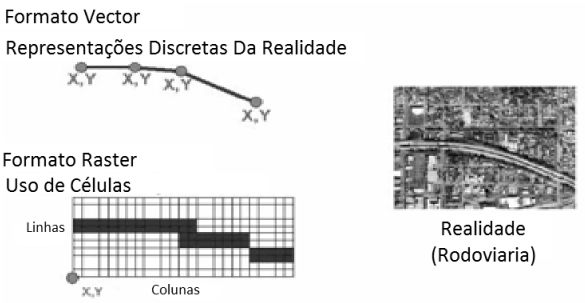



Figura 7: Armazenamento de dados em sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

A **visualização** consiste nas formas de apresentação das informações armazenadas. A visualização no SIG pode ser realizada de três maneiras: em forma de mapas, em forma de gráficos ou em forma de relatórios. Tanto os gráficos como os relatórios podem estar associados a mapas, o que ocorre na maioria das vezes.

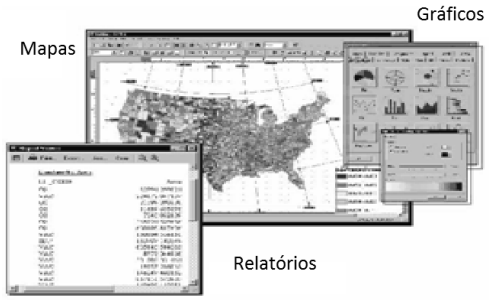



Figura 8: Visualização em sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

**Consultas** são formas de recuperação baseadas em critérios desejados pelo utilizador. As consultas no SIG podem ser efectuadas por identificação de uma feição específica ou através da identificação do objecto baseada em uma condição.

Figura 9: Consulta em sistemas de informação geográfica

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

**Saídas** são os resultados que podem ser obtidos baseados em todo o processamento do SIG. As principais formas de saída de um SIG são: mapas analógicos, internet, imagens e documentos.

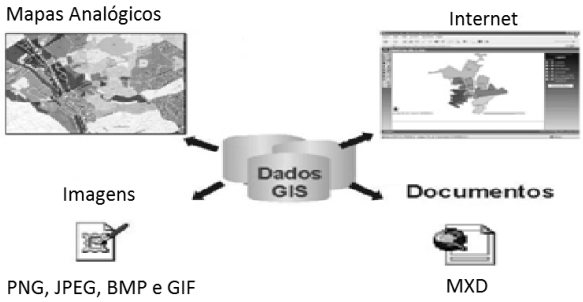



Figura 10: Diferentes formas de apresentação do produto final

Fonte: Adaptado de SERRA (2003)

### 2.1.4. Áreas de Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informações Geográfica podem ser utilizados em muitas aplicações: planeamento e gestão urbana e regional, meio ambiente, infra-estrutura, agricultura, segurança, transportes, educação e marketing.

OLIVEIRA (1997), apresenta uma relação das diversas áreas de aplicação do SIG, divididas em cinco grupos principais:

**Ocupação Humana** - redes de infra-estruturas, planeamento e supervisão de limpeza urbana, cadastro territorial urbano, mapeamento eleitoral, rede hospitalar, rede de ensino, controle epidemiológico, rota de veículos, planeamento urbano, sistema de informações turísticas,

controle de tráfego aéreo, sistemas de cartografia náutica e serviços de atendimento de emergência.

**Uso da Terra** - planeamento agro-pecuário, armazenamento e escoamento da produção agrícola, classificação de solos, gestão de bacias hidrográficas, planeamento de barragens, cadastro de propriedades rurais, levantamento topográfico e mapeamento do uso da terra.

**Uso de Recursos Naturais** - controle da exploração vegetal e mineral, classificação de poços petrolíferos, planeamento de gasodutos e oleodutos, distribuição de energia eléctrica, identificação de mananciais, gestão costeira e marítima.

**Meio Ambiente** - controle de queimadas, estudos de modificações climáticas, gestão florestal, acompanhamento de emissão e acção de poluentes.

**Actividades Económicas** - planeamento de marketing, pesquisa socioeconómica, distribuição de produtos e serviços bem como transporte de matérias-primas.

## 2.2. Conceitos Transversais ao Mapeamento das Áreas de Risco de Cheia

### 2.2.1. Cheias e Inundações

Segundo RAMOS (2013) o conceito de **cheia** refere-se a um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela acção humana, que consiste no **transbordar** de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, originando a inundação dos terrenos ribeirinhos (leito de cheia). As **inundações** são fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela acção humana, que consistem na **submersão** de uma área usualmente emersa. As cheias são fenómenos hidrológicos temporários, enquanto as inundações (na sua maioria temporárias) podem ser definitivas (à escala de vida humana), como é o caso, por exemplo, da subida eustática do nível do mar, devido ao aquecimento global que está a submergir terrenos costeiros.

Segundo WALLINGFORD (2000) há quatro tipos principais de cheias que ocorrem na região da SADC. Estas podem ser definidas como:

**Cheias de montanha** - produzidas geralmente por precipitação elevada num espaço de tempo reduzido e numa área de terreno relativamente pequena. De um modo geral só têm expressão local.

**Cheias de Planície** - estas na generalidade ocorrem sazonalmente durante a "estação das chuvas". Caracterizam-se por serem de longa duração (por exemplo as terras podem frequentemente permanecer inundadas durante várias semanas ou meses). As cheias de planície também são tipificadas por longos períodos de antecipação facultando assim amplas oportunidades para emitir avisos de cheia.

**Cheias Repentinas** - podem ocorrer num espaço de vários segundos ou várias horas, sem praticamente nenhum aviso. As cheias repentinas podem ser mortíferas, dado que produzem subidas rápidas nos níveis de água, e têm velocidades de caudal absolutamente devastador. Existem vários factores que podem contribuir para as cheias súbitas, entre estes contam a intensidade da precipitação, a duração da precipitação, as condições da superfície, a topografia e declive da vertente do rio de captação.

As áreas urbanas são susceptíveis de sofrer cheias repentinas dado que uma grande percentagem da área de superfície é composta por ruas, telhados e parques de estacionamento com solos impermeabilizados onde o escoamento superficial ocorre muito rapidamente. As zonas montanhosas são igualmente susceptíveis de serem sujeitas a cheias repentinas, uma vez que a topografia com grandes declives pode dirigir o escoamento superficial rapidamente para vales apertados.

**Inundações Costeiras** - os ventos gerados pelas tempestades tropicais e ciclones ou intensos sistemas de baixas pressões, ao largo, podem impelir as águas do mar para o litoral e provocar inundações graves. As inundações costeiras podem também ser provocadas por ondas gigantes chamadas tsunamis, por vezes designadas por ondas de maré ou maremotos. Estas ondas são provocadas por sismos ou actividade vulcânica.

#### 2.2.1.2. Perigo de Cheia e Risco de Cheia

Segundo WALLINGFORD (2000) os mapas de perigo de cheia evidenciam a extensão das planícies de cheia, e os mapas de risco de cheia evidenciam a extensão das planícies de cheia e bens sob risco de inundação na área da planície de cheia. Estes mapas não são apenas necessários para uma avaliação nacional de riscos de cheias, mas podem também facultar informações valiosas para o planeamento de toda uma gama de actividades incluindo as reacções de emergência a uma cheia catastrófica.

Os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) são frequentemente utilizados como sinónimos. Mas, eles não são. O perigo é um fenómeno natural que ocorre em épocas e regiões conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (UNDP, 2004).

Exemplificando tal relação, um fenómeno atmosférico extremo como um tornado, que costuma ocorrer em uma determinada região (susceptibilidade) e época conhecida, gera uma situação de **perigo**. Se este se deslocar na direcção de uma determinada área povoada, com uma possibilidade real de causar prejuízos em um determinado período (vulnerabilidade), teremos então uma situação de **risco**. Se um tornado atingir uma área povoada, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um **desastre natural**. Caso o mesmo ocorra mas não ocasionando danos, será considerado como um **evento natural** (OGURA & MACEDO, 2002).

## 2.3. Os SIG e as cheias

Nos dois pontos anteriores, fez-se a apresentação da tecnologia SIG e do fenómeno das cheias. No primeiro caso mostrou-se os conceitos base e a aplicação geral dos SIG e no segundo mostrou-se como ocorrem e como se classificam as cheias. O ponto a seguir é dedicado a apresentar como se pode usar um SIG para estudar o fenómeno das cheias, criar um modelo que permita estimar onde podem ocorrer e que prejuízos podem causar.

As cheias acontecem quando o volume de água originado pela queda de chuva ou pela abertura das comportas de uma barragem se deslocam ao longo de um rio e este não tem capacidade para escoar a água à mesma velocidade a que ela chega. Quando o caudal de entrada é superior ao de saída, o rio transborda as margens e a cheia acontece.

O ritmo a que a água avança após transbordar depende de vários factores:

- quantidade de água que vai chegando de montante para jusante;
- cota da margem relativamente ao leito do rio;
- tipo de uso e ocupação do solo das margens; e
- declive do terreno.

Com base no mapeamento das zonas de cheias que ocorreram no passado, podemos analisar a relação entre a mancha inundada e as variáveis acima referidas. Esta análise descritiva permite-nos criar um modelo local que possibilita a criação de mapas de perigo de cheia, por sobreposição dos vários mapas que caracterizam o terreno. Os SIG constituem a ferramenta ideal para fazer este trabalho, pois permitem capturar, armazenar e manipular grandes volumes de informação georreferenciada, como é o caso do fenómeno das cheias.

Esta análise e manuseamento de informação obriga a trabalhar em ambiente vectorial, tipo shapefile, e em ambiente raster, tipo gridfile. Os programas SIG actuais integram estas ferramentas e são muito intuitivos de usar.

Assim, na primeira fase do trabalho, processa-se essencialmente informação vectorial, na segunda, analisam-se os dados e estudam-se os modelos, na terceira, recorre-se a técnicas de análise 3D, análise espacial, em particular operações de distância, reclassificação e álgebra cartográfica, na quarta fase, analisa-se os resultados e faz-se a validação dos mesmos e por fim, criam-se os mapas temáticos e elabora-se o relatório.

# Capítulo III – Causa, Impacto e Mitigação das Cheias em Moçambique e em Particular na Bacia do Limpopo

## Introdução

Moçambique tem realizado progresso socioeconómico significante desde o acordo geral de paz em 1992. O aumento da estabilidade política, a introdução de uma democracia multipartidária, e profundas reformas económicas junto ao forte apoio externo financeiro e técnico contribuíram para a transformação da economia de Moçambique. O PIB real teve uma média de 8.1% desde 1993 e é muito além da média Africana. O desempenho mais vigoroso foi em indústria, pesca, construção e serviços, com o crescimento agrícola fazendo um papel importante. As taxas de pobreza caíram de 69.4% em 1997 para 54.1% em 2003, com uma redução de 16% da pobreza em áreas rurais. Isso reduziu significativamente a disparidade rural-urbana, de 9.3% em 1997 para 3.8% em 2003 (BANCO MUNDIAL, 2007).

Apesar destes ganhos, Moçambique permanece como um dos países mais pobres do mundo. O rendimento per capita foi de US$340 em 2006, abaixo da média dos outros países da África Subsaariana (US$745) e dos países de baixo rendimento (US$580). A agricultura de subsistência continua a ser a fonte de emprego da vasta maioria dos trabalhadores do país. Os ganhos na redução de pobreza também ocultam variações regionais significantes, um ligeiro aumento na desigualdade de renda desde 1997, e níveis altos e persistentes de pobreza absoluta e subnutrição. Indicadores sociais chave para Moçambique continuam a ser inferiores às médias para outros países da África Subsaariana e de baixo rendimento. Reflectindo isso, o Índice de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas (um índice de renda, educação e expectativa de vida) põe Moçambique na posição 170 de 173 países (BANCO MUNDIAL, 2007).

## 3.1. Causa das Cheias

A causa principal das cheias é a precipitação intensa, esta pode-se apresentar de modo diverso, como em frente de grande dimensão ou como precipitação local. Deste modo podem dividir-se os fenómenos da precipitação em dois grupos, lentos ou frontais e locais ou rápidos. A combinação do tipo de precipitação (também função do local, da latitude e da altitude) e da bacia hidrográfica determina o tipo de onda de cheia. Podem-se formar ondas longas em grandes bacias hidrográficas, como por exemplo, no rio Tejo, e ondas curtas para pequenas bacias

hidrográficas, como por exemplo, na ribeira de Odivelas. As características das planícies de inundação, vales dos rios e dos seus habitats ecológicos, associados onde as ondas de cheia se propagam, permitem condicionar as características das inundações e dos seus efeitos (ROCHA & CORREIA, 1994).

A perda da cobertura vegetal já é um impacto ambiental (pois diminui a biodiversidade e a qualidade da vida humana) mas é apenas o inicio de um processo de degradação, podendo resultar em outras consequências danosas, conforme as susceptibilidades naturais de cada área.

Com a falta de cobertura vegetal, o solo torna-se mais exposto às intempéries, principalmente no que se refere aos efeitos da chuva. A água atinge o solo desprotegido em maior quantidade e com maior energia cinética, favorecendo a ruptura dos agregados superficiais, podendo levar ao efeito *splash*, que é o primeiro estágio do processo erosivo (GUERRA, 2005). Como resultado, pode haver menos ou nenhuma infiltração, o que potencializa o escoamento superficial e, posteriormente, pode dar origem a ravinas (De LIMA, 2010).

TUCCI & BERTONI (2003) demonstram que os rios geralmente possuem dois leitos, sendo um menor, onde ocorre o escoamento hídrico na maior parte do tempo, e o maior, que é inundado, em média, em um período que varia entre 1,5 e 2 anos. A grande problemática da inundação é justamente a ocupação deste leito maior do rio, que é uma área naturalmente sujeita ao evento, onde geralmente se instalam as populações mais carentes e onde se verifica maior improvisação das moradias (SILVA, 2006). Além da ocupação de planícies de inundação, há outras acções humanas que podem favorecer o extravasamento dos rios, tais como a formação de aterros, as canalizações e a construção de pontes (TUCCI, 2003).

As acções humanas não podem ser por si só a justificação da ocorrência das cheias, temos o caso de áreas topograficamente deprimidas associadas a solos de baixa permeabilidade, lençol freático muito raso, canais de drenagem entulhados por detritos vegetais e bacias de drenagem com baixo declive (De LIMA, 2010).

## 3.2. Impacto das Cheias

### 3.2.1. Na saúde humana

Pode-se afirmar que as cheias, numa primeira fase, têm consequências muito negativas na economia, dado o grau de destruição que estes eventos podem causar. No entanto, no decorrer de uma cheia, não se pode afirmar que esta apenas tem consequências directas, mas ter em consideração todas as outras consequências que não são visíveis imediatamente, mas que se manifestam após a sua ocorrência (ASHLEY & ASHLEY, 2008). Um exemplo disso é a salinização dos solos agrícolas (no caso da água conter sal) que pode levar à destruição das culturas e à impossibilidade de cultivo durante um certo período de tempo.

A economia local também é afectada *a posteriori*, dada a perda de produção de bens e serviços pela interrupção da actividade. O custo das acções da protecção civil, incluindo o alojamento e tratamento de vítimas, o dano potencial a fontes de alimento e de água potável, a possível intransitabilidade de estradas e ainda a desobstrução de edifícios e reconstrução, caso seja necessário, e os desalojamentos em massa podem levar a um aumento da incidência de doenças. A evacuação para os centros de acomodação como resultado da perda de habitação é particularmente perigoso na perspectiva de doenças contagiosas (GONÇALVES, 2012).

Em cheias intensas, as mortes por afogamento ultrapassam as lesões. Para além das lesões, o risco de eclosão de doenças respiratórias e hipotermia aumenta com uma prolongada exposição às águas. As cheias também trazem a ameaça de doenças transportadas por água e vectores (transmitidas por animais e insectos), especialmente malária, disenteria e diarreias, quando as águas não baixam rapidamente, podendo levar semanas ou meses, as populações podem ser obrigadas a beber água contaminada proveniente de águas estagnadas por ausência de abastecimento de água potável.

Tabela 1: Impacto das cheias na saúde humana

| Causa | Implicações Sanitárias |
|---|---|
| Velocidade das águas, cheias repentinas, águas profundas carregando pedaços de árvores derrubadas | Afogamento e lesões substanciais |
| Contacto com água | Doenças respiratórias e hipotermia. |
| Contacto com água poluídas | Feridas infecciosas, dermatites, conjuntivites, infecções no ouvido, nariz e garganta. |
| Danos no sistema de abastecimento de água e sistemas de esgoto. | Infecções graves (E. colo, shigelha, hepatite A, leptospirose, giadiase e compilobacteriose). |
| Águas estagnadas, chuvas intensas, habitat alagado de vectores. | Doenças transportadas por vectores como a malária e febre dengue. |
| Danos aos serviços de saúde e ruptura das actividades de saúde. | Acesso insuficiente aos serviços de saúde. |

**Fonte:** MICOA, 2005.

### 3.2.2. Na habitação

A perda de casas e outras propriedades são a maior dificuldade das famílias durante a ocorrência deste tipo de desastre, em Moçambique, como em muitos países. As pessoas são relutantes a abandonar as suas casas temendo que as suas propriedades sejam roubadas, daí que as mortes podem ocorrer uma vez que as pessoas recusam a retirar-se das zonas de risco a tempo, como foi o caso das cheias de 2013 na cidade de Chókwè.

Impactos na habitação em função dos diferentes níveis de intensidade das cheias:

**Cheia Intensa**: Numa situação de cheias intensas, muitas casas e pequenos edifícios são destruídos, alguns são simplesmente varridas pela fúria das águas, que as destrói ou desloca de tal maneira que a sua reconstrução torna-se impossível. Casas e pequenas construções são geralmente destruídos por detritos, tais como árvores tombadas, a água causa erosão nas fundações ou terra por baixo dos edifícios resultando em imersão, inclinação e/ ou colapso, acabando por exigir reparações ou reconstruções de grande vulto. Nas paredes de cimento ou de madeira podem surgir fendas e furos causados pelas correntes de água ou ainda sofrer grandes danos devido à inundação prolongada.

**Cheia Moderada**: Num cenário de cheias moderadas, as habitações leves e edifícios pequenos serão destruídos e/ou danificados, com o surgimento nas paredes de cimento e madeira de fendas largas e profundas, perda de bens e a danificação de instalações eléctricas onde existem.

**Cheia Suave**: Num cenário de cheias de menor intensidade, as casas leves e pequenos edifícios podem ser danificados ou mesmo desabar. Outros edifícios podem desenvolver fendas nas paredes e grandes pedaços de reboco podem-se romper.

### 3.2.3. Nas vias de acesso

O acesso aos mercados depende das infra-estruturas. As estradas transitáveis e linhas férreas em funcionamento são vitais à circulação de pessoas e bens, bem como a prestação de serviços. Quando as vias de transporte são cortadas, os preços dos produtos alimentares existentes sobem, a procura aumenta enquanto que a disponibilidade dos produtos diminuí.

### 3.2.4. Na segurança alimentar

A perda de culturas em cheias intensas resulta tanto de "afogamento" por falta de oxigénio nas plantas ou pelo facto das culturas serem varridas pelas correntes de água. Para além disso, ocorre igualmente perdas de reservas alimentares nas áreas submersas. Cereais e outros produtos correm o risco de apodrecimento mesmo que tenham permanecido na água por pouco tempo. Outros impactos incluem a perda de animais por afogamento, perda do rendimento ou equipamento e infra-estrutura agrícola.

Figura 11: Impacto da destruição das cheias de 2013 na Bacia do Limpopo

Fontes: Deutche Welle, (2013), Público, (2013) & RDP, (2013).

### 3.3. Medidas de Mitigação

Segundo TUCCI (1997) **medidas estruturais** são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, a exemplo da alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos:

a) Construção de diques, que aceleram o escoamento e aumentam a capacidade de descarga dos rios;
b) Reservatórios e bacias de amortecimento, que retardam o escoamento; e
c) Canais de desvios, que desviam o escoamento.

Exemplo de algumas estruturas que têm como função reduzir os riscos de inundação:
Reservatório e bacias de amortecimento: a construção destas estruturas tem dois propósitos principais:

- Amortecer o pico de cheias para um evento chuvoso intenso, garantindo o controle para jusante das áreas vulneráveis.
- Armazenamento de água para abastecimento, irrigação e outros fins.

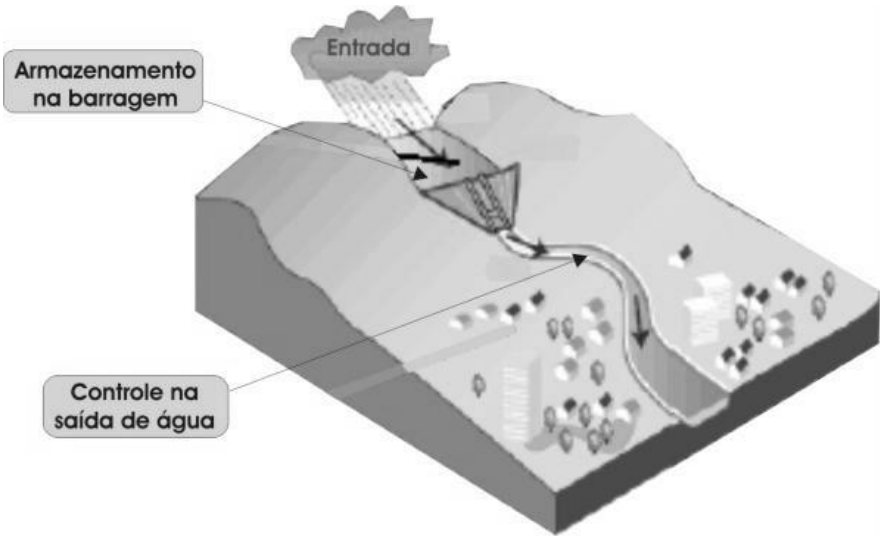



Figura 12: Desenho representativo de um reservatório de amortecimento

Fonte: Barbosa, 2006

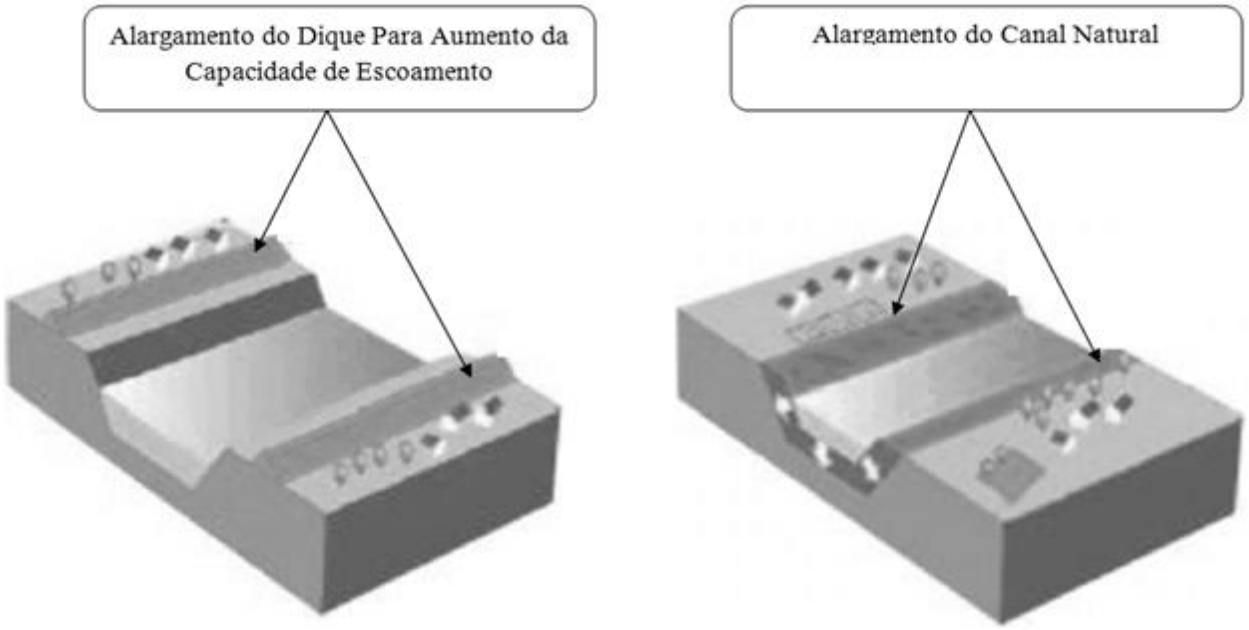



Figura 13: Desenho representativo de um dique de protecção e alargamento do canal

Fonte: Barbosa, 2006

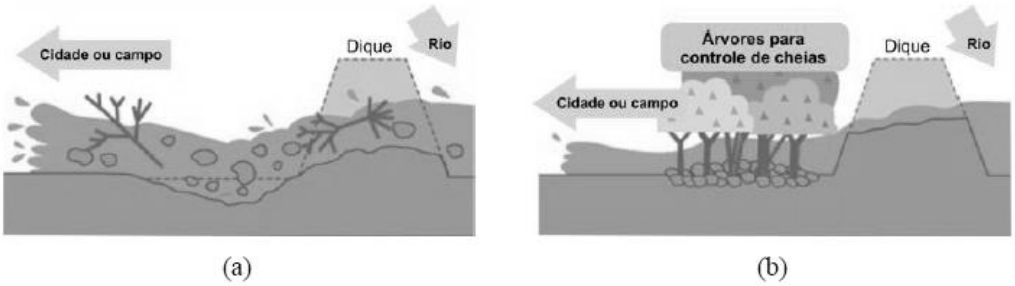



Figura 14: Reflorestamento nas margens do rio (comportamento do rio antes da implementação da medida e após a implementação da medida)

Fonte: Barbosa, 2006

As medidas **não estruturais** não são projectadas para dar uma protecção completa. Isto exigiria a protecção contra a maior cheia possível. Esta protecção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos (TUCCI, 1997).

As medidas não estruturais abrangem um vasto leque de alternativas, compreendendo delimitação e regulamentos de uso do solo em zonas de risco, regras de construção de edifícios e outras infra-estruturas, aquisição e gestão de solos, seguros, sistemas de previsão e aviso, acções de informação públicas, sistemas de emergência e de medidas de recuperação pós-catástrofe (SARAIVA, 1987).

Tabela 2: Medidas não estruturais para o controle de cheias

| Medidas | Características | Objectivo |
|---|---|---|
| Plano Director | Planificação das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas actualmente loteadas. | Evitar ocupação sem prevenção. |
| Educação Ambiental | Para ser realizado junto à população. A conservação das margens dos rios, sua vegetação típica e taludes são essenciais. | Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações. |
| Medidas de apoio à população | Lugares seguros para preservar os seres humanos, construção de abrigos temporários, meios de evacuação e patrulhas de segurança. | Inserir na população, que poderá ser atingida pela inundação, uma consciência de protecção. |
| Distribuição de informação sobre cheias | Programa de orientação da população sobre as previsões de cheias para que ela aprenda a se prevenir contra as mesmas. | Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda. |
| Reassentamento | Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de residentes legais nas áreas de risco. | Retirar a população dos locais de risco. |
| Soluções de mitigação | Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário. | Aumentar a eficiência do sistema de drenagem a jusante e da capacidade de controle de cheias dos sistemas. |
| Construção à prova de cheias | Pequenas adaptações nas construções. | Reduzir as perdas em construções localizadas nas planícies de inundação. |
| Sistemas hidrológicos | Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio. | Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros. |

Fonte: Barbosa, (2006).

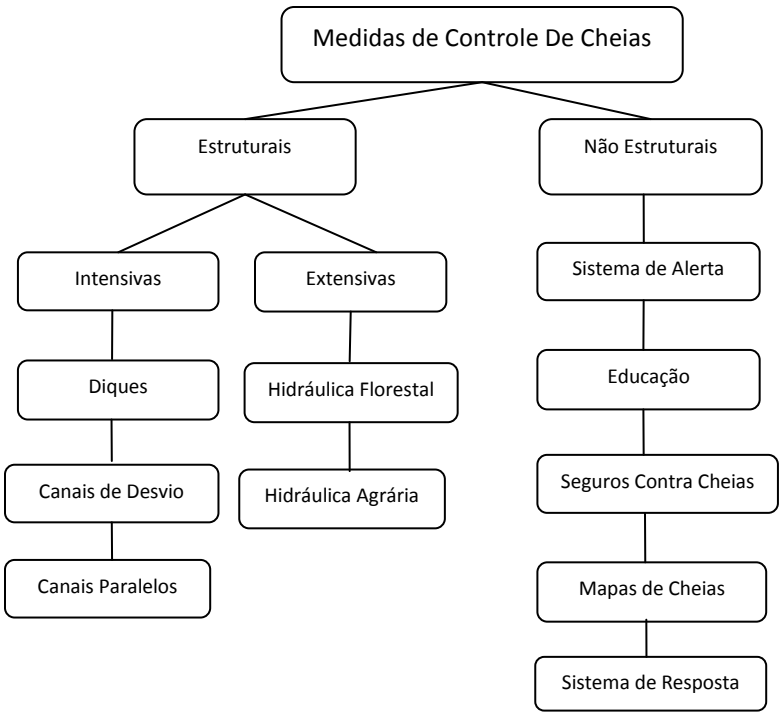



Figura 15: Diferentes medidas de controle de cheias

Segundo PETERSON (2012) Moçambique dispõe de largas planícies que se podem estender por vários quilómetros de largura. Estas bacias são periodicamente inundadas, pelo facto das mesmas serem usadas para diversos fins, resultando muitas vezes na destruição de diversas plantas e bens pelas águas das cheias. Não obstante, as planícies têm um papel muito importante na retenção de águas das cheias e na prevenção de maiores cheias e destruição à jusante. A situação actual de prevenção de cheias, protecção ou medidas de mitigação, mostra um cenário pobre. A situação pode ser descrita da seguinte forma:

- As bacias a montante estão fortemente em deterioração, promovendo o aumento do escoamento superficial e mais fluxos de pico;
- As regras de operação de grandes barragens não são direccionadas a retenção de cheias com baixos níveis de operação, mas sim na manutenção de altos níveis de fornecimento;
- Pequenas barragens e descarregadores ao longo dos afluentes não são suficientemente numerosos para exercerem o papel de retenção de cheias;
- Não existem políticas de desenvolvimento de terras em vigor ou em implementação que impediriam o assentamento de pessoas ou a construção em áreas propensas a cheias;

- Não é seguido o conceito "*makingroom for water*" com uma abordagem holística e mantendo a função de retenção das planícies, enquanto que é dada preferência a abordagens locais;
- Na maioria dos casos não existem estruturas de protecção contra cheias;
- Não estão suficientemente estabelecidos sistemas de monitorização e aviso prévio; e
- Não se promovem actividades de preparação e adaptação, através da construção de edifícios resistentes as cheias, mas apenas efectuadas por poucas ONG de âmbito local.

### 3.4. Infra-estruturas Demonstrativas de Medidas Estruturais na Bacia do Limpopo

Como forma de redução do impacto das cheias ao longo da bacia, foram instaladas algumas infra-estruturas que não só servem como forma de protecção mas também como fonte de colecta de água e geração de energia eléctrica.

#### 3.4.1. Barragem de Massingir

Maior infra-estrutura hidráulica existente na Bacia do Limpopo, localiza-se no rio dos Elefantes, a cerca de 30 km da fronteira com a República da África de Sul, e 30 km a Norte do limite da Província de Maputo. A construção desta barragem teve como objectivo principal permitir a regularização de caudais para a irrigação, e como objectivos secundários controlar as cheias, a intrusão salina no estuário, produzir energia eléctrica e assegurar o abastecimento de água ao meio urbano e rural (DNA, 1996).

#### 3.4.2. Açude de Macarretane

O açude de Macarretane encontra-se localizado no rio Limpopo, 16 km a montante da cidade de Chókwè e a cerca de 200 km da cidade de Maputo. A construção deste açude teve como objectivos: assegurar o abastecimento de água para a rega do vale do Limpopo, fazer uma pequena regularização dos escoamentos (numa base semanal), devido à limitada capacidade da sua albufeira e elevar o nível de água para a tomada do canal principal de irrigação do regadio no Chókwè, permitindo regar todo o perímetro por gravidade (DNA, 1996).

#### 3.4.3. Regadio do Chókwè

O Regadio do Chókwè, também designado Regadio "Eduardo Mondlane" é o maior regadio no país. Situa-se a cerca de 200 km a Norte da cidade de Maputo, na Província de Gaza, abrangendo

uma área de cerca de 31000 ha. Estende-se na margem direita do rio Limpopo, possuindo um comprimento de cerca de 8 e 50 km a montante e a jusante da Barragem de Macarretane, respectivamente, e uma largura que varia entre 3 e 18 km (DNA, 1996).

A irrigação do perímetro irrigado do Chókwè é feita a partir do rio Limpopo, através da derivação no açude de Macarretane. Este regadio caracteriza-se por possuir dois sectores distintos, nomeadamente: o Regadio Eduardo Mondlane, com 26000 ha e diversos sistemas de regadios pequenos e médios, pertencentes ao sector privado e estatal.

### 3.4.4. Regadio do Baixo Limpopo

O Regadio do Baixo Limpopo, também conhecido por Regadio do Xai-Xai, localiza-se na província de Gaza, abrangendo uma zona do vale (cerca de 90000 ha), compreendida entre a vila do Chibuto e a Barra de Xai-Xai. Este sistema de regadio ocupa uma área de 2970 ha, com infra-estrutura de rega por gravidade, baseando-se fundamentalmente nos sistemas de bombagem de Pomela, Chimbomanine e de Magula (MADER, 2002).

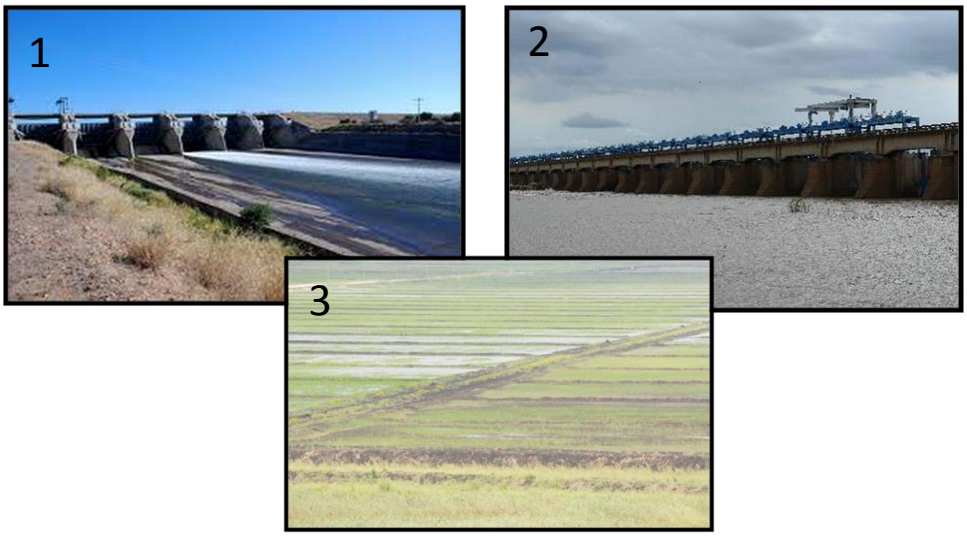



Figura 16: Descarga das barragens de Massingir (1), açude de Macarretane (2) e imagem panorâmica do regadio de Chókwè

Fonte: Macauhub, (2012) (1) e (2) e MMO, (2013) (3)

### 3.5. Iniciativas Demonstrativas de Medidas não Estruturais Aplicadas em Moçambique

O aviso prévio é um elemento importante para a redução de risco de calamidades, pois evita as perdas de vidas humanas e reduz o impacto económico e material provocado pelas calamidades. Por outro lado, facilita a educação, a consciencialização das ameaças frequentes e propaga eficazmente as mensagens de alerta. Os sistemas de aviso prévio são desenvolvidos em função das ameaças que afectam um determinado país. No caso de Moçambique, o governo tem vindo a desenvolver e promover SAP para fenómenos como: Cheias, Secas, Ciclones, Queimadas e Tsunamis.

O **sistema de aviso prévio** (SAP) é todo um conjunto de instrumentos que visa alertar, com antecedência, a população sobre a ocorrência dum fenómeno que pode provocar danos humanos e materiais, assim como trazer benefícios para as suas vidas.

#### 3.5.1. Sistema de Aviso Prévio para Cheias

O país já dispõe de vários instrumentos de sistema de aviso prévio entre eles a previsão meteorológica, a avaliação periódica da segurança alimentar e nutricional, análises de vulnerabilidade, monitorização das bacias hidrográficas, etc. Contudo esses instrumentos têm duas grandes limitações:

- Não estão integrados num sistema único, assim, as informações oriundas desses subsistemas têm um processamento inadequado, além da sua qualidade ser muitas vezes questionável.
- A rede de cobertura desses instrumentos é bastante incipiente, especialmente para as zonas mais vulneráveis.

Para a situação de cheias, a previsão sobre a ocorrência de chuvas no país é feita através do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), todos os anos, entre Setembro e Outubro. Antes do início da estação chuvosa, o INAM divulga a previsão das chuvas no país, permitindo que as pessoas e as intuições (públicas ou privadas) planifiquem com antecedência as suas actividades. Para além do INAM, funciona também a Direcção Nacional de Águas (DNA) que tem a tarefa de monitorizar e divulgar a informação sobre o estado dos rios e das barragens. Tendo em consideração que o país é atravessado por rios internacionais, com regime torrencial de altos fluxos durante 3 a 4 meses, e fluxos muito baixos durante o resto do ano, foram estabelecidos

dois tipos de sistemas de aviso prévio, sendo um **baseado na comunidade** e o outro dos **países que partilham a mesma bacia hidrográfica**, que no caso de Moçambique é coordenado pela DNA.

### 3.5.2. Sistema de Aviso Prévio para Cheias Baseado na Comunidade

É aquele em que a comunidade intervém activamente na gestão do sistema (recolha, análise e divulgação de dados sobre precipitação, humidade e níveis dos rios).

Este sistema está integralmente baseado na comunidade e estão estabelecidos nas principais bacias dos rios nacionais, designadamente: Sistemas Inter-Distrital de Aviso Prévio da Bacia do Buzi (SIDAPBB), Sistemas Inter-Distrital de Aviso Prévio da Bacia do Save (SIDAPBS) e Sistemas Inter-Distrital de Aviso Prévio da Bacia do Licungo (SIDAPBL) em curso. Este sistema é gerido pela comunidade com apoio técnico do INGC.

### 3.5.3. Sistema de Aviso Prévio para Cheias dos Países que Partilham a mesma Bacia Hidrográfica

É aquele em que os países que partilham a mesma bacia hidrográfica fazem a gestão conjunta da informação e acções sobre os alertas. A nível do nosso país, a instituição que coordena esta actividade é a Direcção Nacional de Águas (DNA). A nível da Região este sistema está estabelecido nas bacias hidrográficas do Limpopo (Moçambique, África do Sul, Botswana e Zimbabwe) e do Zambeze (Angola, República Democrática do Congo, Botswana, Zâmbia, Zimbabwe, Malawi e Moçambique).

## 3.6. Acções Minimizadoras do Impacto das Cheias

Para o caso de Moçambique as medidas a serem tomadas para reduzir o impacto das cheias passam por:

- Implementação dos Regulamentos e Normas Aprovadas;
- Conservação da Bacia;
- Construção de Habitações Resistentes as Cheias; e
- Aperfeiçoamento das Estruturas de Retenção de Cheias.

### 3.6.1. Implementação dos Regulamentos e Normas Aprovadas

Segundo a Política de Água do Governo de Moçambique de 1995, no item **capacitação institucional e educação para água** refere que deve-se "melhorar a gestão da água e os serviços de abastecimento de água e saneamento através do aumento das capacidades do sector da água e da promoção de projectos de investigação e desenvolvimento em recursos hídricos".

No item relacionado com a **política** refere que deve-se "promover a investigação aplicada direccionada aos principais problemas do sector de água. Os resultados dos estudos de investigação devem ser amplamente disseminados, através de publicações, comunicações em eventos científicos e conferências..."

O mesmo instrumento acima citado aborda de uma forma directa o tema das **cheias** em que propõe a "operacionalização dos sistemas de aviso de cheias em todas as bacias vulneráveis, com prioridade para aquelas onde vidas humanas estão ameaçadas e onde os impactos socioeconómicos são mais sérios. Onde será estabelecida uma estreita coordenação entre o sector de água e as instituições de meteorologia e de protecção civil para assegurar o funcionamento correcto e eficiente dos sistemas de aviso de cheias"

A mesma política de água avança mais, propondo "o reforço da coordenação inter-sectorial, estabelecida ao nível mais alto do Governo, que garanta a coordenação entre as entidades governamentais, a sociedade civil, organizações não-governamentais e parceiros da cooperação."

Em relação a estratégias com os países da região que partilham as mesmas bacias, o documento propõe "o estabelecimento de uma forte cooperação com os países localizados a montante, garantindo a troca de informação hidrológica em tempo real, antes e durante as cheias, como forma de melhorar a eficiência dos sistemas de aviso de cheias"

Quanto às medidas de mitigação (estruturais e não estruturais) a política avança com algumas acções que incluem:

- Zonamento das planícies de inundação dos principais rios e licenciamento das ocupações permanentes nessas planícies, de modo a que essa ocupação seja feita de acordo com os vários graus de risco e que o desenvolvimento num local não aumente o risco noutros locais da mesma bacia;
- Protecção, com diques, de centros urbanos estabelecidos nas planícies de inundação;

- Projecto e construção adequados de estradas e pontes e outras infra-estruturas situadas ou que atravessam planícies de inundação;
- Revisão periódica das regras de operação de todas as grandes barragens para uma melhor operação durante as cheias, incorporando a previsão de cheias e fazendo os ajustamentos no início da estação das chuvas para ter em conta as previsões meteorológicas sazonais;
- Revisão das regras de operação das barragens, para evitar a total eliminação das pequenas cheias, ou fazendo a compensação com descargas de pequenas cheias artificiais; e
- Inclusão da componente mitigação de cheias nos projectos de novas grandes barragens.

### 3.6.2. Conservação da Bacia

A conservação das bacias, reabilitações e melhoramentos são os aspectos principais duma gestão de risco de cheias sustentável com o efeito secundário de aumentar as reservas de água durante a época seca. Se implementada antes do início da degradação, esta seria a opção de gestão de risco de cheias menos custosa e, daí, a solução mais recomendada. Os aspectos principais são a manutenção de uma boa cobertura vegetal a montante, o que aumenta a capacidade de intercepção e retenção bem como de infiltração. Nas bacias intermédias, pântanos e planícies com cobertura vegetal devem ser mantidos porque actuam como "válvulas de segurança" dos rios. As áreas com boa cobertura vegetal são muito efectivas no aumento da infiltração das águas pluviais no solo. Isto reduz o escoamento superficial fluindo para os rios durante as épocas de precipitação intensa, e maximiza a percolação das águas subterrâneas durante os períodos secos.

### 3.6.3. Construção de Habitações Resistentes às Cheias

Não importa com que material foi construída a casa. Fazer um aterro e construí-la num local mais elevado evita sofrer com as cheias menores. Reforçar a estrutura da casa pode evitar que seja derrubada pelas águas. A casa maticada pode ser levada pelas grandes cheias, mas a estrutura fica e pode-se maticar de novo (FEUERHAKE, 2004).

Segundo PETERSON (2012) duas opções seriam apropriadas para Moçambique: construção em estacaria elevada, ou construção em aterros elevados. A primeira opção é restrita a áreas com abundância de madeira, e a última opção é basicamente apropriada a qualquer local. As habitações de estacaria elevada requerem maior investimento de capital enquanto que a

construção de habitações com aterro elevado requer mais mão-de-obra e ligeiramente mais espaço. As habitações de estacaria elevada têm a vantagem de não restringirem as águas das cheias, mas com a desvantagem do seu tempo de vida ser relativamente mais curto.

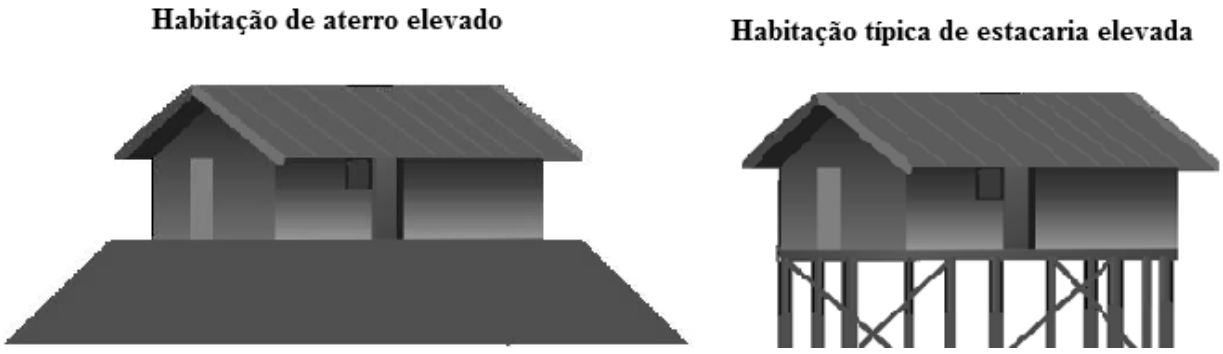



Figura 17: Esboço de habitações adaptadas

Fonte: Adaptado de PETERSON (2012)

Para as zonas urbanas, a longo e médio prazo, a maneira mais efectiva de mitigação dos impactos das cheias é a requalificação, o que trará condições de desenvolvimento social e económico. Um bairro com vias de acesso estreitas dificulta a circulação de pessoas e bens. Tratando-se de um espaço urbano com solos altamente compactados, em caso de precipitação média a intensa, as cheias verificam-se rapidamente, devido à densidade de habitações, pelo facto de o caminho das águas ser barrado, dificultando o seu fluxo normal. Outra medida que se deve tomar é a limpeza das valas de drenagem, visto que em muitos casos as valas apresentam-se totalmente cheias de lixo doméstico e vegetação, impedindo a circulação da água no seu percurso, provocando a subida e acumulação da água e causando cheias.

Para o caso da realidade africana, onde ainda são usadas as latrinas e fossas, há uma necessidade de estarem bem fechadas, de modo a evitar a entrada de água das chuvas, visto que, a entrada das águas das chuvas pode provocar o transbordo e infectar o lençol freático, causando desse modo doenças, na medida que, uma parte da população ainda faz uso da água dos poços.

### 3.6.4. Aperfeiçoamento das Estruturas de Retenção de Cheias

As barragens e descarregadores não são geralmente operadas para a retenção de cheias, mas sim para o armazenamento de água e, por isso são, mantidas nos níveis máximos sempre que possível. Para se usar as barragens e descarregadores para a retenção de cheias, é necessária a existência de espaço de armazenamento durante as cheias. Isto pode ser atingido através de três mecanismos:

1. Um nível baixo de alagamento que pode ser controlado através de descargas que estão relacionadas com os fluxos médios do rio, i.e. a água é descarregada à taxa do caudal médio de entrada, de tal forma que, na condição de caudais médios, a água é basicamente descarregada directamente e não é retida. Somente se o fluxo de entrada exceder a capacidade de saída a água pode ser retida;
2. A utilização normal dos reservatórios, com níveis altos de armazenamento, mas com um esquema de operação que pode reagir durante avisos de inundação. Em caso de aviso de cheias a água poderia ser descarregada do reservatório cheio antes da chegada da onda de cheias de modo a criar espaço de retenção. A operação deve ser bem planeada e necessita de grandes medidas de controle e depende das previsões meteorológicas de bom tempo e de cheias para atingir os seus objectivos. Quase no fim da onda de cheias, a descarga do reservatório pode ser reduzida para manter o reservatório cheio no fim da inundação;
3. As retenções de cheias incluem igualmente planícies, i.e. áreas que ficam inundadas quando ocorrem cheias. Em alguns locais os caminhos de passagem da água para estas áreas foram restringidos e foram cortados. A abertura destas planícies, e por conseguinte a criação de espaço de retenção, reduziria significativamente as cheias a jusante. É portanto importante ter uma visão holística da bacia, por forma a decidir quais os trechos que devem ser protegidos ao longo do rio e onde as cheias devem ser permitidas de modo a proteger áreas a jusante.

# Capítulo IV – Material e Métodos

## 4.1. Reflexão Metodológica Prévia

As cheias são eventos extremos que ocorrem em todo Mundo, afectando milhares de pessoas, provocando danos avultados com destruição de infra-estruturas e perca de vidas humanas, o que leva ao recuo no desenvolvimento a todos níveis. Tendo em conta a abrangência deste fenómeno, alguns métodos foram desenvolvidos para determinar as áreas susceptíveis às cheias, como são os métodos de análise de multicritério, que têm a particularidade de estar sujeitos a uma grande incerteza e subjectividade relacionadas com a experiência e conhecimento do operador.

No conjunto dos métodos de análise de multicritério podemos destacar o método hierárquico analítico, que combina a experiência do operador com a lógica da matemática, no qual o grau de importância ou ponderação atribuído a cada factor, considerado pelo operador como relevante na análise em questão, exerce uma grande influência no resultado final devolvido pelo software.

Outros exemplos de métodos de análise multicritério são MACBETH - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, PROMETEE - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations, ELECTRE - Elimination et Choix Traduisant la Réalité. Por fim temos o método hidráulico, que pode ser aplicado de forma semiautomática, com recurso a software próprio para a modelação, ou de forma mais convencional.

Tabela 3: Métodos Para Determinação de Áreas de Risco de Cheia

| | **Análise de Multicritério** | **Hidráulico** | |
|---|---|---|---|
| | **Hierárquico Analítico** | **Semiautomático** | **Convencional** |
| Vantagem | A representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afectam a prioridade dos níveis mais baixos;<br><br>Pequenas modificações em uma hierarquia bem estruturada têm efeitos flexíveis e pouco significativos;<br><br>Sintetiza os resultados dentro de uma lista ordenada que permite a comparação de prioridades e importância relativa de cada factor; e<br><br>É capaz de prover pesos numéricos para opções onde julgamentos subjectivos de alternativas quantitativas ou qualitativas constituem uma parte importante do processo de decisão. | Permite a criação de modelos de bacia hidrográfica, sendo possível incorporar dados de precipitação real;<br><br>Permite criar modelos dinâmicos ou cinemáticos;<br><br>Modelação automática;<br><br>Os resultados devolvem extensão da cheia, altura da coluna de água, informação da velocidade de água; e<br><br>Possibilidade de criar ficheiros de geometria e de caudal de forma expedita;<br><br>Processo relativamente rápido. | Modelação rigorosa em troços específicos do rio, i.e. áreas mais afectadas;<br><br>A utilização das fórmulas para simulação não está dependente do *software*, podendo o operador escolher a fórmula mais indicada para a bacia em estudo; e<br><br>O perímetro de inundação pode ser obtido através das cotas de altura da água e morfologia do terreno. |
| Desvantagem | Subjectividade na formulação da matriz de preferência;<br><br>Os critérios representados devem ser independentes ou, pelo menos, suficientemente diferentes, em cada nível;<br><br>Requer procedimento para estruturar o questionário de perguntas e preferências;<br><br>O trabalho computacional é sensivelmente maior quando se eleva o número de alternativas;<br><br>Pesos para os critérios são obtidos antes que as escalas de medida tenham sido ajustadas; e<br><br>Uma ausência de fundamento de teoria estatística. | Exige cartografia muito detalhada e actualizada (mínimo à escala 1/10000);<br><br>Medições no terreno para se obter a altura dos obstáculos à circulação da água; e<br><br>Limitado a duas simulações disponíveis em regime contínuo de escoamento ou em regime turbulento. | Delimitação dos perímetros de inundação de forma expedita, muito dependente da morfologia do terreno;<br><br>Exige um levantamento topográfico moroso;<br><br>Longas séries de precipitação contínua;<br><br>Subjectividade na atribuição de coeficientes de rugosidade; e<br><br>Levantamento topográfico:<br>Estação total, GPS, bússola e fita métrica. |

Fonte: Adaptado de GONÇALVES, (2012)

## 4.2. Material

O material usado para a elaboração do presente trabalho, é constituído por dados em formato raster ou matricial, em formato vectorial, shapefile, e em formato tabular, quer em texto quer sob a forma de ficheiros Excel. Os dados, foram obtidos na CENACARTA, MINED, MISAU, INE, ANE e ARA Sul [Entidades oficiais Moçambicanas responsáveis por produzir e difundir informação georreferenciada] bem como do site da USGS. Para a visualização e processamento de dados foram usados os programas ArcGis, na sua versão 10.2, da Esri, HEC-DSSVue 2.0.1 e Excel da Microsoft**.** Parte do processamento de dados matriciais, concretamente a união do modelo de elevação do terreno foi feito no programa IDRISI Selva 17.2, visto que a área de estudo é muito extensa e o modelo da bacia hidrográfica vinha dividida em 24 partes.

Tabela 4: Formação da base de dados

| Conteúdo | Objectivo | Fonte do material |
|---|---|---|
| **Meio Físico** | | |
| Uso e Cobertura do Solo | Identificar o uso e a cobertura da bacia | CENACARTA |
| Solos/Drenagem | Identificar os diferentes tipos de drenagem do solo | CENACARTA |
| Hidrografia | Identificar a rede hidrográfica principal | CENACARTA |
| Limites administrativos e da área de estudo | Identificar os limites da área de estudo e administrativos | CENACARTA |
| Mancha de cheia | Identificar a área de abrangência da cheia | UNUSAT |
| Altitude | Obter as diferenças da altitude da área em estudo | USGS |
| Declive | Obter a variação do declive da área em estudo | USGS |
| Geologia | Obter a composição geológica | CENACARTA |
| Geomorfologia | Conhecer a forma da superfície terrestre | CENACARTA |
| Clima | Saber o tipo de clima da região e sua influência | CENACARTA |
| Precipitação | Ter uma visão da distribuição da precipitação | ARA SUL |
| **Meio Socioeconómico** | | |
| Saúde | Identificar o número de unidades sanitárias | MISAU |
| Educação | Identificar o número de unidades educacionais | MINED |
| Rede Viária | Identificar as infra-estruturas viárias | ANE |
| População | Saber o número de população da Bacia | INE |

**Fonte:** Processado pelo autor

Tabela 5: Programas usados e sua aplicação

| Programas | | Versão | Aplicação |
|---|---|---|---|
| **ArcGis** | **ArcMap** | 10.2 | Processamento e visualização dos dados |
| | **ArcCatalog** | | Elaboração da base de dados |
| | **ArcScene** | | Visualização, análise e apresentação de dados |
| **HEC-DSSVue** | | 2.0.1 | Visualização, análise de dados e elaboração de gráficos |
| **Microsoft Excel** | | 2007 | Visualização, análise de dados e elaboração de gráficos |
| **IDRISI Selva** | | 17.0 | Visualização, processamento e conversão de dados |

**Fonte:** Processado pelo autor

Os dados tabulares, quer sob a forma de texto CSV (*Comma Separated Values*) quer sob a forma de ficheiros Excel, como sejam: censos da população, prejuízos causados pelas cheias, dados climatéricos, concretamente o registo da queda pluviométrica desde 1950 até 2012, foram fornecidos pela ARA - Sul e a sua consulta, análise e processamento fez-se com uso do Excel da Microsoft e do HEC-DSSVue 2.01, descarregado da internet do *Center of Expertise for the U.S. Army Corps of Engineers.*

### 4.3. Métodos

A primeira etapa de trabalho consistiu na recolha de toda a informação disponível, à data de início do projecto, e da sua gravação em pastas temáticas. Posteriormente, procedeu-se à construção de um projecto em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica. Abriu-se um projecto em branco no ArcGis 10.2, atribuíu-se o sistema de coordenadas WGS 84 UTM 36 S e adicionou-se a shapefile com os limites administrativos de Moçambique. Ficou, assim, criada a base de trabalho SIG.

A segunda etapa foi dedicada à actualização do projecto com mais informação, nomeadamente:

- Carta de uso e cobertura do solo;
- Carta de solos;
- Rede viária, serviços de saúde e educação;
- Modelo Digital do Terreno; e
- Carta de bacias hidrográficas.

Uma vez que o trabalho era sobre a Bacia hidrográfica do Rio Limpopo, a terceira etapa de trabalho consistiu em cortar toda a informação apenas para esta região. Nesta fase, actualizou-se o projecto com a carta de cheias do Rio Limpopo e se calcularam as cartas de declive e de exposição solar. Passadas estas três etapas, passou-se a dispor de um projecto SIG referente à Bacia Hidrográfica do Rio Limpopo, como se apresenta no Capítulo V, que é dedicado à apresentação da área de estudo.

A quarta etapa foi dedicada a analisar e a explorar os dados relativos à queda pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Limpopo. Assim, fez-se uso da base de dados multitemporal da precipitação e dos caudais da ARA Sul e do software do HEC-DSSVue 2.0.1 para processar os dados. Com base nos resultados obtidos, foi possível relacionar a queda pluviométrica com o registo de cheias ao longo da Bacia do Limpopo. Posteriormente, procedeu-se à selecção dos episódios mais significativos e mais intensos. Estes valores foram utilizados para criar uma tabela de valores, associados às respectivas coordenadas no terreno. Com base neste ficheiro tabular, criou-se uma shapefile de pontos e aplicou-se uma rotina de geoestatistica para interpolação espacial dos valores. Desta forma, consegue-se criar várias cartas de distribuição espacial da queda pluviométrica. A análise preliminar de resultados permitiu verificar que apenas algumas zonas da Bacia Hidrográfica do Rio Limpopo eram afectadas pelo fenómeno das cheias, como se apresenta no Capítulo VI, que é dedicado à apresentação e discussão dos resultados.

Cumprida a fase de criar o projecto SIG e a base de trabalho, passou-se ao processamento de dados, com vista a criar um sistema que permita prever as zonas mais susceptíveis às cheias. O método utilizado para desenhar o modelo empírico de identificação de zonas susceptíveis de cheias foi a análise de multicritério, mais concretamente o método hierárquico analítico. Baseia-se na atribuição de pesos a cada factor, constituído por valores que variam de acordo com as características do mesmo. Assim sendo, os factores são somados através de processos de álgebra cartográfica, obtendo-se a carta de perigo de cheia.

Tendo em conta esta situação, seleccionaram-se as seguintes variáveis:

**Factores e Justificação do Seu Uso**

Os elementos escolhidos como factores determinantes na análise do risco de cheia são, a altitude, o declive, o uso e cobertura do solo, a distância euclidiana e a drenagem. Para o caso da metodologia escolhida estes elementos são suficientes para obtenção de bons resultados, na medida que quanto maior o número de elementos maior será o equilíbrio na média.

**Declive do Terreno**

O declive é um elemento de análise essencial na temática das inundações, pois influencia tanto a infiltração como a cinemática e a direcção do escoamento superficial. Além disso, o declive também reflecte as forças de entalhamento e deposição em cada área específica (BRIGUENTI, 2005).

O declive em uma parcela da superfície do terreno é definido por um plano tangente àquela posição da superfície modelada pelo MDE, representando fisicamente um gradiente de inclinação da superfície do solo. O valor de declive de determinada célula é obtido com base na resolução e no valor da altitude (Z) das células imediatamente vizinhas da célula em questão. O declive é calculado como um vector resultante do declive em (X) e do declive em (Y) (EASTMAN, 2006).

O declive é um dos factores importantes no estudo do tempo de concentração, na medida em que uma bacia com um declive médio mais elevado, o tempo de concentração tende a ser menor, dado que a velocidade da água com o aumento do declive tende a aumentar, logo, com bacias hidrográficas mais planas o declive (apenas considerando este facto), tende a ser menor, promovendo assim uma maior concentração das águas. O declive interfere na velocidade de escoamento e na infiltração. Quanto maior ele for, maior será a velocidade e menor a infiltração (GONCALVES, 2012).

**Uso e Cobertura do Solo**

Segundo TURNER *et al.* (1995) a ocupação do solo é o estado biofísico da superfície da terra e da sub-superfície imediata, ou seja, a ocupação do solo descreve o estado físico da superfície como o tipo e a quantidade de vegetação, materiais terrestres, e consequente estrutura humanas, como edifícios e pavimentos, assim como outros aspectos do meio físico como solos, biodiversidade e água (superficial e sub-superfície).

GONZÁLEZ *et al.* (2002) afirmam que existem aproximações diferentes no estudo dos usos do solo, sendo essas aproximações as seguintes:

1. Aproximação **funcional** onde o uso do solo é cartografado em função da actividade que se desenvolve, sendo o resultado derivado dessa actividade. Assim, o uso do solo é classificado de acordo com a sua associação com algumas das funções que cumprem para o homem:
    - Funções de conservação: parques naturais, espaços protegidos dado os seus valores naturais, áreas de fragilidade, entre outros;
    - Funções de consumo: usos recreativos, residenciais, urbanísticos; e
    - Funções de produção: usos agrícolas, florestais e industriais.
2. A aproximação **formal** identifica o uso do solo com a ocupação do mesmo, e a análise é realizada a partir de determinadas características derivadas do seu aspecto visual: tom, textura, densidade, forma, cor, entre outros, sendo especialmente adequada para espaços de monoculturas e usos estáveis.
3. A aproximação **multidimensional** que supõe uma mistura das aproximações precedentes: uns usos se classificam pela sua funcionalidade e outros pelas suas características visuais.

**Vegetação**

Na temática das cheias, a cobertura vegetal exerce uma importante função no ciclo hidrológico, uma cobertura vegetal densa e extensa permite que parte da chuva precipitada seja capturada nas folhas e galhos, diminuindo o volume que cairá directamente no solo. Esta água capturada pode, então, ser evapotranspirada ou se projectar ao solo. A segunda acção da vegetação é a protecção do solo contra a erosão acentuada, que é facilitada pela retirada da cobertura vegetal, visto que nestas condições a água atinge a superfície em maior quantidade e com maior energia cinética (De LIMA, 2010).

O tipo e quantidade de cobertura vegetal, influencia de forma significativa o tempo de concentração, dado que a vegetação ajuda na absorção de água, assim como uma maior desagregação do solo, através das raízes de plantas e árvores, que possibilita a infiltração da água. Desta forma, pode-se considerar que uma bacia hidrográfica com grande percentagem de área com cobertura vegetal, tem teoricamente um tempo de concentração maior que outra com uma elevada percentagem de área artificializada (GONCALVES, 2012). A vegetação ribeirinha assume um papel preponderante na diminuição da velocidade da corrente, reduz a

susceptibilidade das margens à erosão, diminui o assoreamento do leito, constitui habitat e providencia alimento à fauna aquática e terrestre, diminui a temperatura e aumenta a oxigenação da água, e contribui para uma melhoria da qualidade da mesma (ARAÚJO, 2013).

A interacção água/solo deve ser feita através de dois tipos de vegetação:

- Vegetação elástica – papel fundamental na protecção contra a erosão, uma vez que se inclina sobre a margem; e
- Vegetação rígida e densa – reduz a velocidade de escoamento e, consequentemente, a erosão.

**Hidrografia**

A hidrografia é o ramo da geografia física que estuda as águas do planeta, abrangendo portando rios, mares, oceanos, lagos, águas do subsolo e da atmosfera. A hidrografia está relacionada intimamente com o relevo. Estes dispõem-se em forma de escadaria, onde temos as planícies, planaltos e montanhas. Os rios percorrem áreas de montanhas até desaguar no oceano Índico numa zona de planície. Devido à natureza do clima a bacia na sua maioria é constituída por rios com regimes periódicos, com maior fluxo de água no verão, época mais chuvosa, que vai de Setembro a Março.

**Solo**

A infiltração define-se como sendo a movimentação da água para dentro do solo, por acção da gravidade e pelo potencial capilar. Este processo envolve três etapas fundamentais: a entrada da água através da superfície do solo, o armazenamento e o movimento através do solo. A infiltração da água no solo é limitada, por isso, assim que esse valor é atingido, passa a ocorrer escoamento superficial. Em suma, à medida que a duração da precipitação aumenta, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento superficial (ARAÚJO, 2013).

Tabela 6: Composição dos grupos de solo e a relação com a capacidade de infiltração

| Grupo de Solo | Composição | Capacidade de Infiltração |
|---|---|---|
| **A** | Areias profundas e solos agregados | Maior |
| **B** | Solos franco-arenosos | |
| **C** | Solos franco-argilosos, franco-arenosos pouco profundos, solos com baixo teor em matéria orgânica e elevado teor em argilas | |
| **D** | Solos com grande percentagem de matérias expansíveis, argilas pesadas e alguns solos salinos | Menor |

Fonte: ARAÚJO, (2013).

Segundo NETO (1996) os solos determinam o escoamento da chuva, a sua distribuição temporal e as descargas máximas, tanto em superfície como em sub-superfície. O teor de humidade do solo aumenta com a distância em relação ao topo das encostas e quanto mais próxima do canal for a área, mais alto será o nível do lençol freático. Em caso de chuva, haverá uma elevação mais rápida do lençol próximo ao canal, aumentando também a vazão do mesmo. Os fundos de vales recobertos por solos profundos e bem drenados favorecem o fluxo sub-superficial, ao passo que solos rasos e mal drenados incrementam o escoamento superficial.

**Drenagem**

A capacidade de drenagem do solo é influenciada pelas condições de textura, humidade antecedente e profundidade, sendo que solos profundos, com grande quantidade de matéria orgânica e textura grosseira, têm alta capacidade de infiltração (De LIMA, 2010).

O sistema utilizado para analisar a relação entre as zonas de cheias e as variáveis anteriormente enumeradas foi o da multiplicação entre duas variáveis. Assim, separou-se a shapefile das zonas de cheias em shapefiles individuais por cada ano registado. Posteriormente, procedeu-se à união espacial destas várias shapefile, de modo a poder criar uma shapefile única com a correcta definição topológica das zonas que só sofreram uma única inundação das zonas que foram inundadas mais do que uma vez durante o período em estudo. Desta forma, calculou-se a recorrência das cheias. Posteriormente, a shapefile relativa à Carta de Cheias na Bacia do Rio Limpopo foi convertida para um raster, gridfile, binário (cheia, não cheia) com a mesma resolução espacial do Modelo Digital do Terreno de 30 metros. Também as shapefile referentes à Carta de Uso e Cobertura do Solo e a Carta de Drenagem foram convertidas para o formato matricial, gridfile, mas usando os códigos como argumento de conversão. Uma vez que as cheias ocorrem a partir das margens dos rios, foi necessário criar uma grelha de distâncias à margem da rede hidrográfica.

Criadas todas estas matrizes, gridfiles, passou-se ao processo de álgebra cartográfica, somatório das grelhas, de modo a caracterizar as zonas de cheias em função das variáveis seleccionadas (anteriormente referidas) e a hierarquizar cada uma das variáveis, em função da percentagem relativa de cada classe.

Todo este procedimento está apresentado na Figura 18.

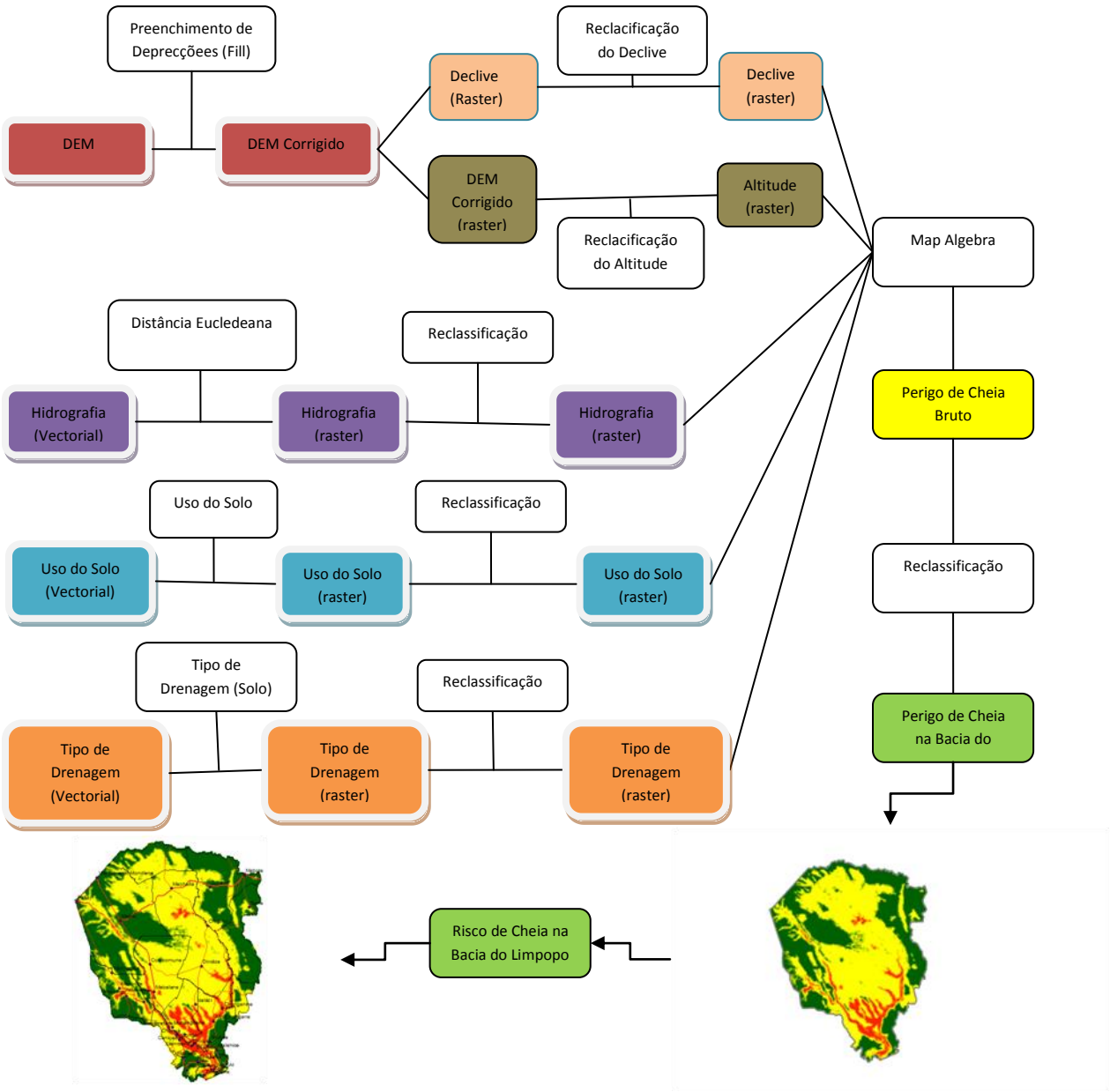



Figura 18: Etapas executadas

# Capítulo V - Apresentação da Área de Estudo - A Bacia do Rio Limpopo, em Moçambique

## 5.1. Localização Geográfica

A bacia do rio Limpopo em Moçambique, localiza-se entre os paralelos 21º e 25º Sul e os meridianos 31º e 35º Este. Tem como limites a bacia do rio Save a Norte, a Sul o rio Incomáti, a Este uma faixa costeira onde se encontram numerosas bacias fechadas, onde as águas correntes se acumulam formando lagoas, e a Oeste com a África do Sul.

Estende-se numa área de cerca de 412000 km$^2$, partilhada por quatro países, nomeadamente África do Sul, Moçambique, Botswana e Zimbabwe. A maior parte localiza-se na província de Gaza, havendo uma pequena parte na província de Inhambane. O rio Limpopo é formado pela junção dos rios Great Marico e Crocodilo a Oeste da cidade de Pretória, na África do Sul, a cerca de 1500 m de altitude. Tem um comprimento total de 1461 km, com um declive médio de 1043 m/km (DNA, 1996).

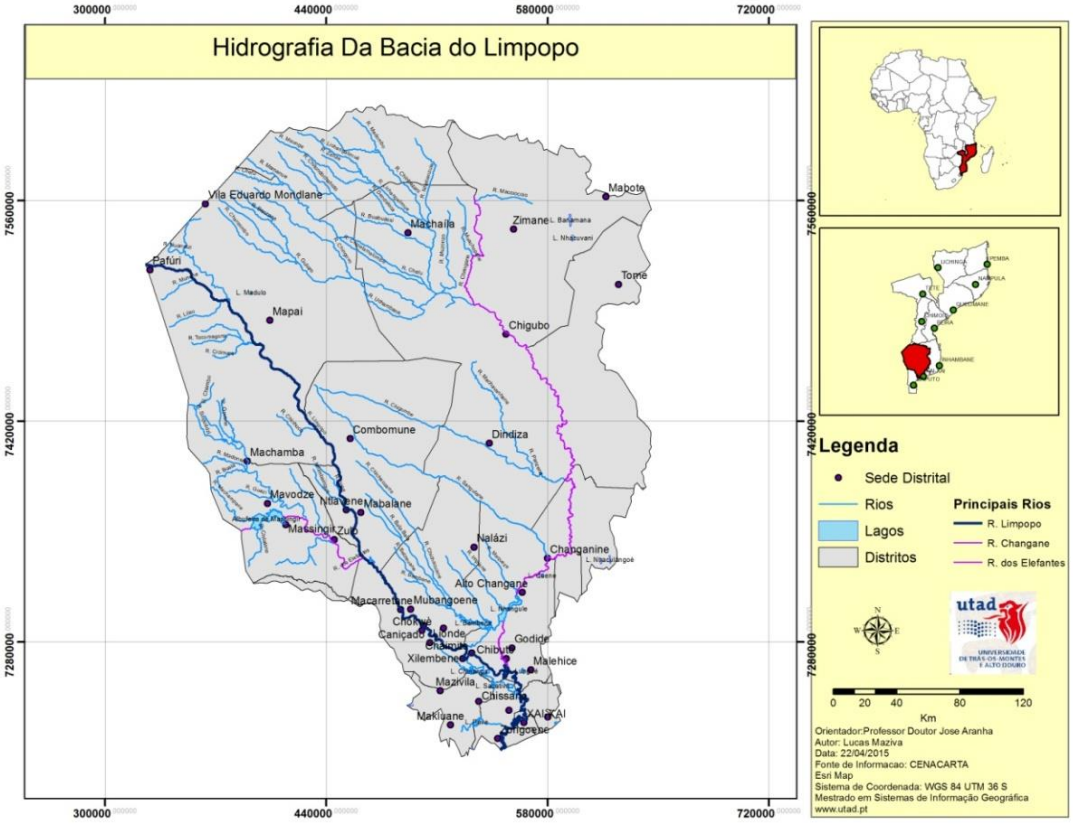



Figura 19: Localização da Bacia e dos principais rios

Figura 20: Rede viária da bacia hidrográfica

## 5.2. História da Região Coberta pela Bacia do Rio Limpopo

Os primitivos povoados da região datam do Século III, mas a origem étnica específica da população permanece incerta. O sul de Moçambique foi historicamente dominado por diversos subgrupos culturalmente relacionados com os Ngona e os Xhosa, e os grupos estabelecidos em Gaza foram designados de modo variado por 'Tsonga' e 'Shangaana'. A área era governada pelo reino de Gaza e a sua população era patrilinear, sendo a agricultura (dominada pelas mulheres) e a produção pastoril (dominada pelos homens) as suas principais fontes de subsistência e rendimento (NEWITT, 1995).

Embora tendo 'descoberto' Moçambique no fim do Século XV, os Portugueses apenas se fixaram no sul da colónia no fim do Século XIX. Estabeleceram solidamente a sua presença na bacia do Rio Limpopo, onde a província de Gaza se localiza, através do trabalho forçado (*chibalo*) e de grandes propriedades privadas, ou colonatos, baseadas na irrigação a partir do rio Limpopo. As actividades agro-industriais na província foram prosseguidas depois da

independência em 1975 pelo governo da Frelimo, que declarou o Vale do Limpopo como o celeiro da nação (HERMELE, 1986). A produção, porém, recebeu diversos golpes com a falência da grande sociedade agrícola Complexo Agro-Industrial do Limpopo, com o problemático e improdutivo esquema de aldeamentos da Frelimo e com a 'liberalização' da comercialização agrícola no seguimento das iniciativas do Banco Mundial no princípio dos anos 1990. Todavia, foi a proximidade da cidade de Lourenço Marques (mais tarde Maputo) estabelecida em 1876, e a migração laboral para a África do Sul (a partir dos anos 1870) que mais profundamente influenciou o desenvolvimento da província de Gaza (HANLON, 1996).

Em termos sociais os Tsongas são patrilineares caracterizavam-se pelo domínio sociocultural da linhagem masculina e dos homens (SHELDON, 2002). O sistema de preço da noiva *(lobolo)*, tradicionalmente pago em gado, ligava firmemente uma mulher ao seu marido – realçada pelo padrão de residência *virilocale* pela tradição de 'casamento da viúva' *(levirate)* em que uma mulher tem de casar com o irmão de outro parente do seu falecido marido. A poligamia era também comum, e o número de esposas reflectia a riqueza e o poder do marido. As mulheres faziam praticamente todo o trabalho agrícola e doméstico, enquanto os homens trabalhavam principalmente como proprietários de gado, nas fazendas Portuguesas e, em número crescente, como migrantes laborais (HANLON, 1996).

## 5.3. Características Morfológicas, Edafo-Climáticas e Ecológicas

### 5.3.1. Características Fisiográficas

As principais formas de relevo na bacia do Limpopo são, segundo a FAO (2004):

- Cadeias Montanhosas e Escarpamentos: caracterizados por declives acentuados e altitudes entre os 600 e 1500 m;
- Planaltos: com altitudes médias entre 600 e 1500 m de altitude;
- Montes: pontos altos localizados ou colinas, entre os 400 e 600 m de altitude; e
- Planícies: onduladas a suavemente onduladas, no sopé dos escarpamentos (300 a 600 m) e na zona costeira de Moçambique (0 a 300 m).

Para o caso da área de estudo, tratando-se de zona maioritariamente de planície, a altitude varia de 0 a 531 m, sendo coberta por planícies e planaltos.

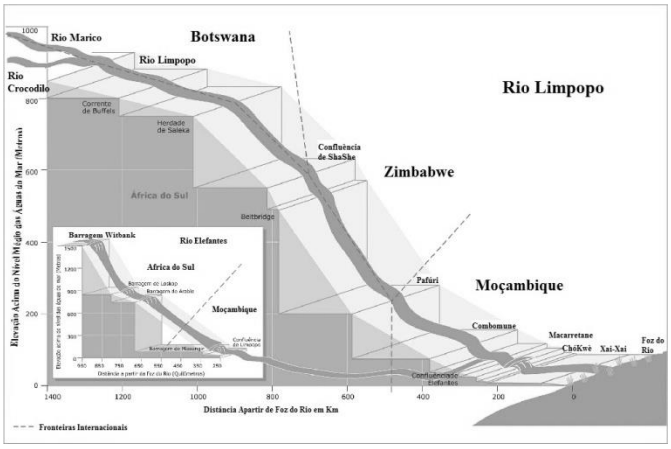



Figura 21: Disposição do relevo face ao rio Limpopo

Fonte: Adaptado de Brito *et al.* (2009)

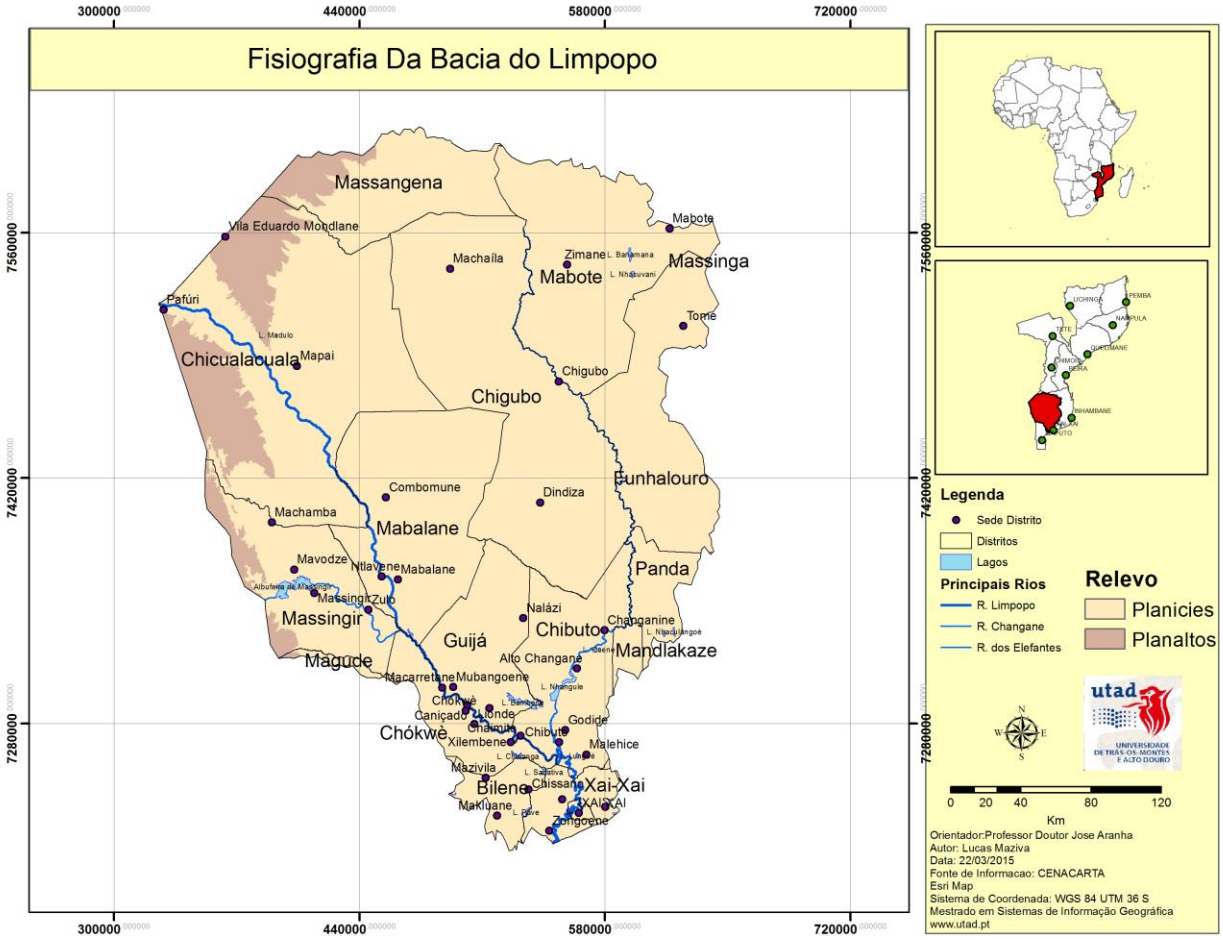



Figura 22: Carta fisiográfica da bacia do Limpopo

A bacia do Limpopo é formada ao Norte pelo escarpamento do planalto da Zâmbia-Zimbabwe, próximo de Bulawayo no Zimbabwe, pela bacia do Kalahari no Botswana, no extremo ocidental, e pelos montes Drankensberg na parte das zonas altas de Cabo-Transvaal, no extremo Sul, com altitudes acima de 2300 m (INGC *et al*. 2003). Nestas terras altas começa o planalto que gradualmente desce em direcção à costa, até aos montes Libombos, seguindo se depois a planície costeira Moçambicana (FAO, 2004).

A bacia do rio Limpopo divide-se em três secções (INGC *et al*. 2003):

- Alto Limpopo, que vai até à confluência com o rio Shashe, na fronteira entre a África do Sul, Botswana e Zimbabwe;
- Médio Limpopo, entre a confluência do Shashe e a confluência com o rio Luvuvu, na fronteira entre a África do Sul, Zimbabwe e Moçambique em Pafúri; e
- Baixo Limpopo, do Pafúri até à foz no oceano Índico.

Em Moçambique, a bacia do Rio Limpopo compreende basicamente terrenos planos a suavemente ondulados, com declives não excedendo 5% a 8% (Figura 23). A inclinação média do rio Limpopo entre Pafúri e Xai-Xai é de 0,35 m/km. O rio Limpopo atravessa uma planície fluvial com terraços com uma largura de 1 a 3 km entre o Pafúri e a confluência com o rio dos Elefantes, aumentando para uma largura de 2 a 5 km depois desta confluência (BRITO *et al.* 2009).

Em termos de face, a bacia do Limpopo está orientada para Sudoeste, voltada para o Oceano Índico. Em termos de exposição, apresenta todos os tipos de orientação entre os 0º e os 360º, com uma grande frequência de zonas planas, como se mostra na Figura 24.

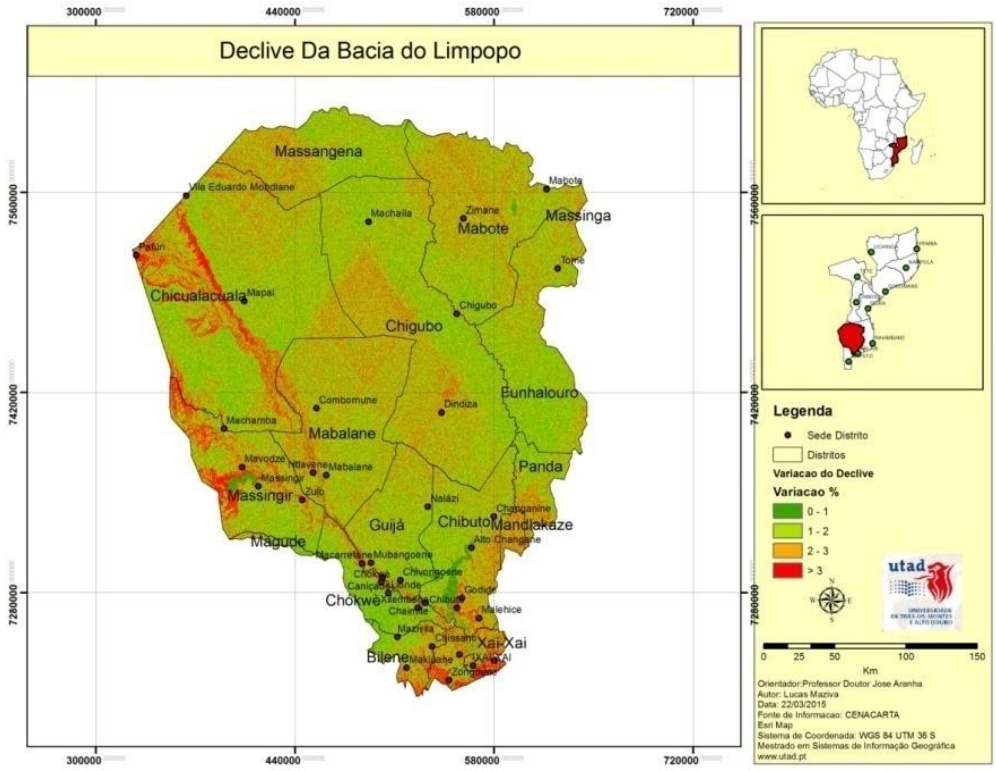



Figura 23: Carta de declives da bacia do Limpopo

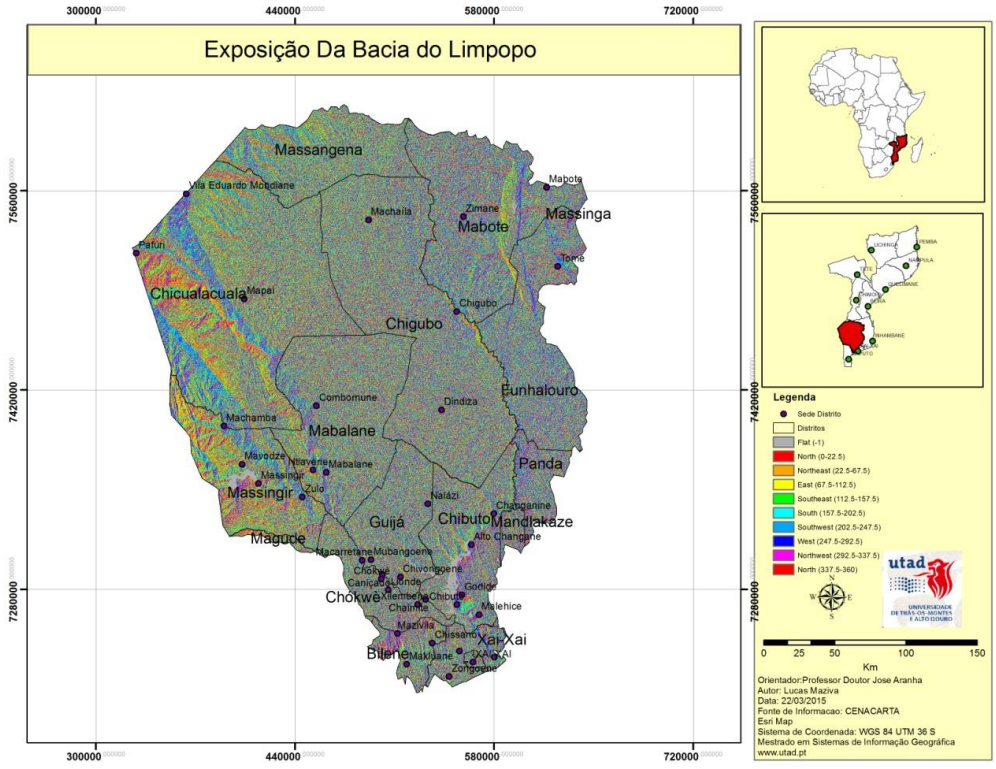



Figura 24: Carta de exposições da bacia do Limpopo

### 5.3.2. Geologia da Bacia do Limpopo

A Geologia do baixo Limpopo consiste fundamentalmente de rochas sedimentares consolidadas e não consolidadas (ASHTON *et al.* 2001) incluindo argilitos, arenitos fluviais e rochas sedimentares de textura fina (CHINODA *et al.* 2009). Estes sedimentos formam uma região de planícies com baixa inclinação, ocasionalmente interrompidas pela ocorrência de intrusões graníticas (SARDC, 2002). Os sedimentos desta região são geralmente de origem aluvial, incluindo areias áridas ferruginosas, zona costeira apresenta dunas do interior, incluindo dunas consolidadas e dunas costeiras (CHINODA *et al.* 2009).

A bacia possui formações Cretaceas e Terciarias, seguidas por espessos depósitos marinhos do Pleistoceno, nos quais desenvolveram-se os chamados manangas. As camadas indicadas afloram, mas são também frequentemente cobertas por sedimentos mais ou menos recentes de origem coluvial e aluvial. Observa-se claramente, na distribuição dos tipos de solos uma forte ligação com a geologia (TOUBER & NOORT, 1985).

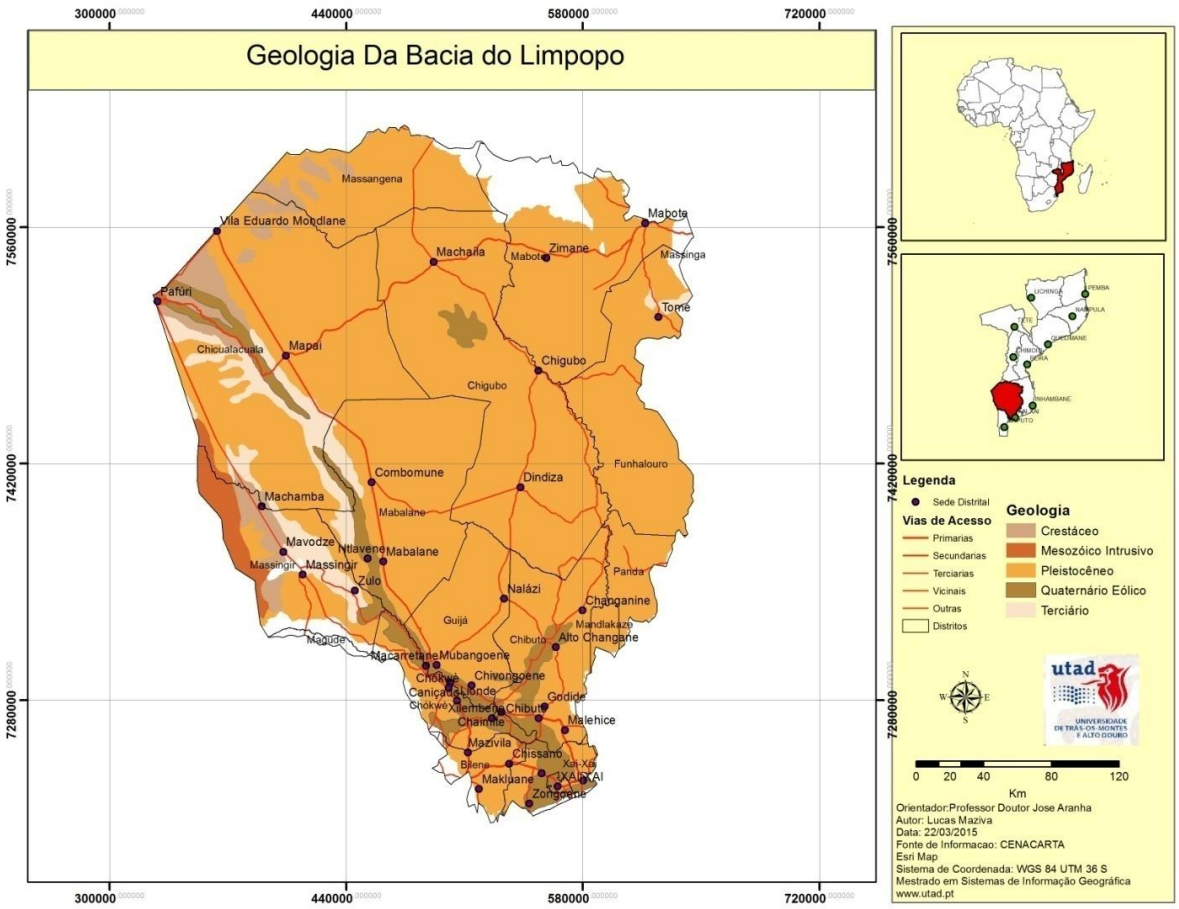



Figura 25: Carta geológica da bacia do rio Limpopo

### 5.3.3. Clima da Bacia do Limpopo

#### 5.3.3.1. Precipitação

A precipitação média anual na parte nacional da bacia do Limpopo varia entre os 350 mm, em Pafúri, a 1000 mm na zona costeira, conforme a (Fig.26), apresentando uma grande variabilidade anual, com um coeficiente de variação de cerca de 40% (REDDY, 1986). Duma forma geral a pluviosidade encontra-se repartida de forma irregular ao longo do ano, com 85% da precipitação a ocorrer em média entre os meses de Outubro e Março, sendo fraca nos restantes períodos. Em geral, a pluviosidade é crescente do Nordeste para o Sudeste. As áreas com precipitação mais elevada são os distritos de Chibuto, Guijá, Chókwè, Xai-Xai e uma faixa junto ao limite Ocidental da bacia com a província de Inhambane, e a precipitação média anual é fraca nos distritos de Chicualacuala e no Norte de Massingir.

A precipitação média anual aumenta rapidamente, variando em direcção a Sudeste, de 500 mm no interior seco da província de Gaza até 1000 mm na zona de Xai-Xai. No Chókwè a precipitação média anual é de 623 mm, subindo até 783 mm em Maniquenique, ao longo de aproximadamente 65 km. A evapotranspiração de referência ultrapassa em todos os meses a precipitação média e o seu valor anual é cerca de 1400 mm (TOUBER & NOORT, 1985).

#### 5.3.3.2.Temperatura

A temperatura média anual da bacia do Limpopo varia de $23^0$C a $26^0$C, como pode-se observar da (Fig.27) mostrando, à semelhança da precipitação, um gradiente da costa para o interior. A variação normal da temperatura nesta parte da bacia é drasticamente afectada pela passagem de frentes frias, mais frequentes no inverno. As frentes frias são usualmente associadas a depressões, e trazendo chuvas, permitindo uma segunda época agrícola. Nalguns casos a temperatura desce até os $5^0$C na região costeira (*INGC et al*. 2003).

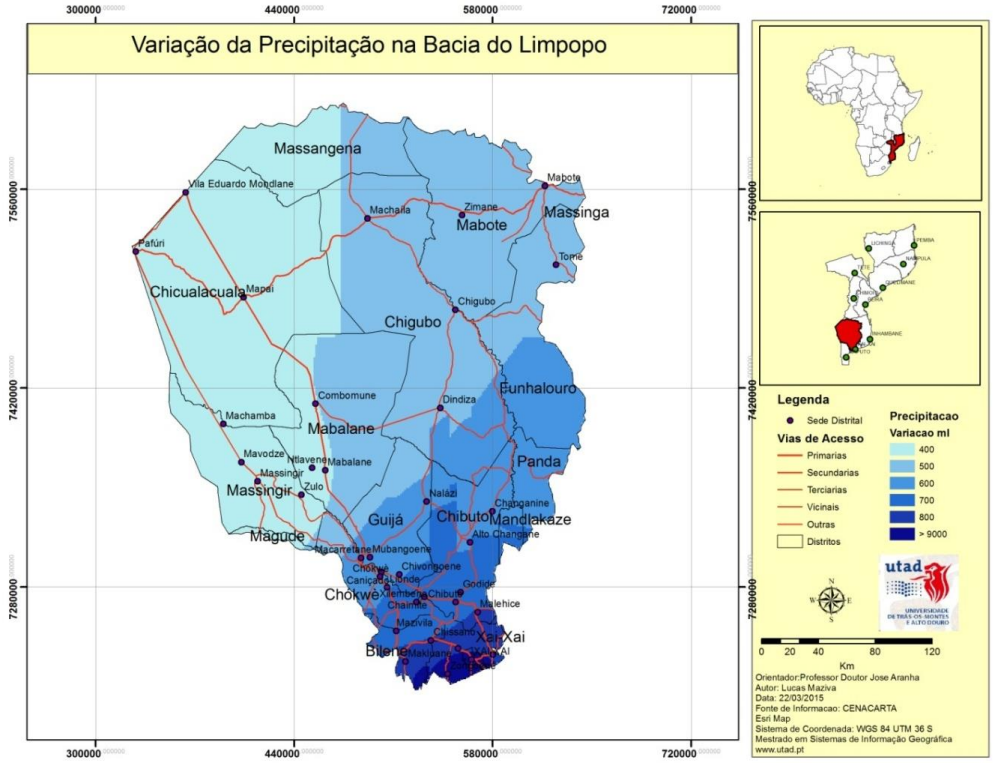



Figura 26: Carta de precipitação da bacia do Limpopo

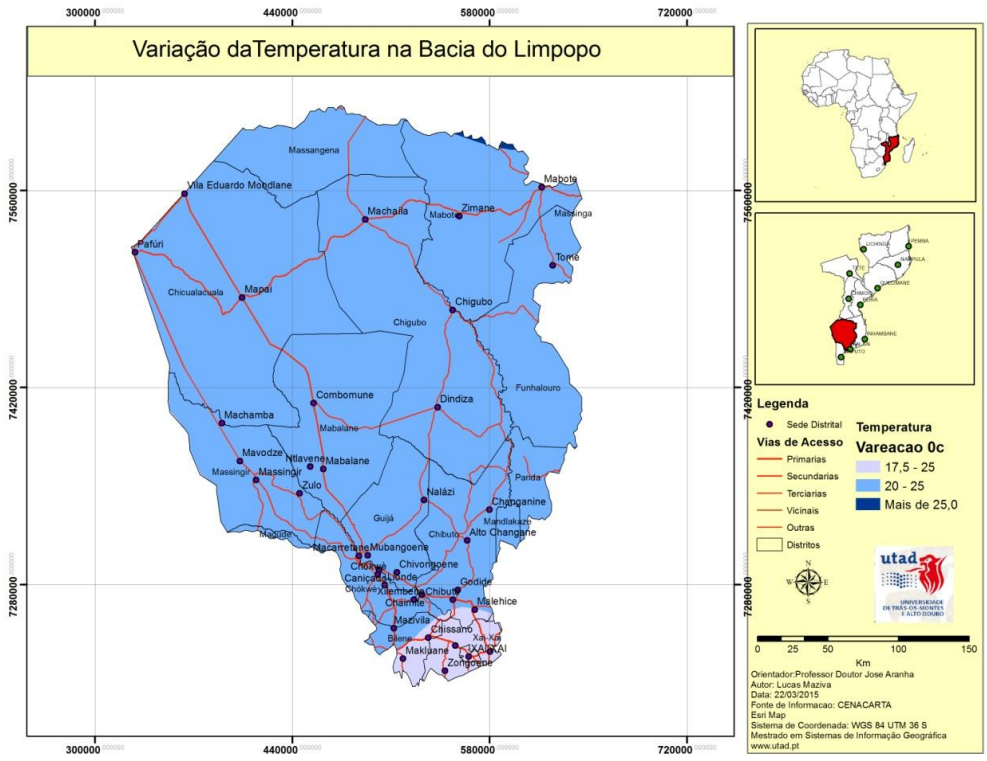



Figura 27: Carta da distribuição da temperatura da bacia do Limpopo

### 5.3.3.3. O clima da Bacia do Limpopo

O clima da Bacia do Limpopo caracteriza-se pela predominância de duas estações: uma fresca e seca, que decorre de grosso modo de Abril a Setembro, e outra quente e chuvosa que decorre de Outubro a Março. O seu clima é Tropical Seco em toda a região, assumindo até características semi-áridas na parte Norte, enquanto que na parte Sul predomina o clima Tropical húmido, no baixo Limpopo e ao longo da faixa costeira (PED, 2006).

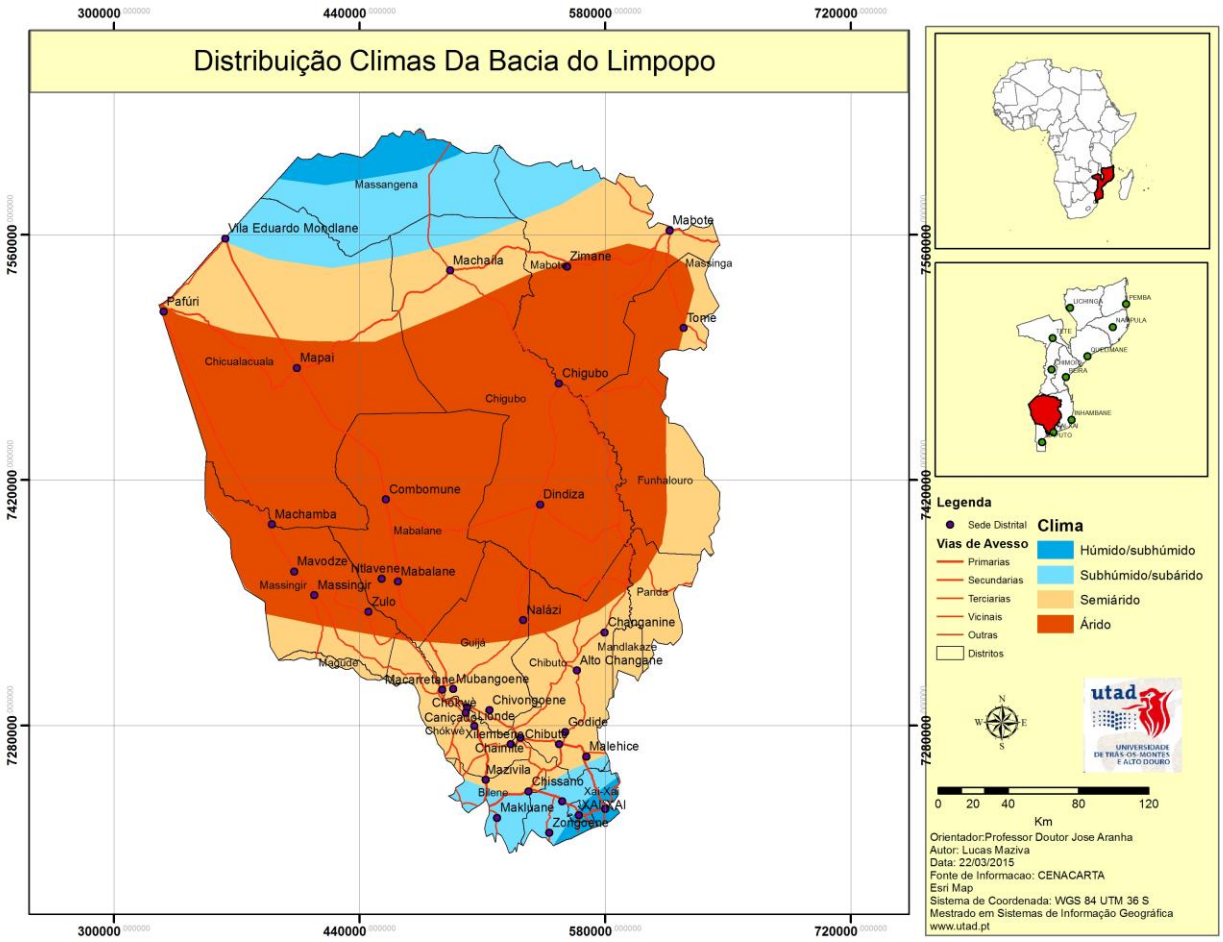



Figura 28: Carta da distribuição do clima da bacia do Limpopo

## 5.4. Rede Hidrográfica da Bacia do Limpopo

O rio Limpopo nasce na África do Sul, banha o Botswana e o Zimbabwe, e entra em Moçambique pelo distrito de Chicualacuala. Atravessa os distritos de Mabalane, Massingir, Chókwè e Chibuto e desagua no Oceano Índico em Zongoene, distrito de Xai-Xai. Além do Limpopo, outros rios internacionais com curso na bacia são:

- Nuanetsi, no distrito de Chicualacuala, e o rio dos Elefantes, no distrito de Massingir, que são dois dos seus afluentes;
- Chingoitsi, no distrito de Massingir, que é afluente do rio dos Elefantes; e
- Save, no distrito de Massangena, limite de Gaza com Manica.

Com relação ao escoamento superficial, a parte Moçambicana da bacia do Limpopo contribui com cerca de 10% do escoamento total anual do rio Limpopo. Este originalmente é um rio perene, que chega a secar oito meses ao ano, devido a captação de água nos países de montante (FAO, 2004). Em Moçambique o rio dos Elefantes é o único afluente que se pode considerar perene, mas que, em condições excepcionais, chega a secar. A maior sub-bacia dentro do território nacional é a do rio Changana. Esta sub-bacia é caracterizada por um escoamento muito baixo e com longos períodos secos (DNA, 1996). O escoamento total médio do rio Limpopo é estimado em cerca de 5200 $Mm^3$ (milhões de metros cúbicos) dos quais apenas 400 $Mm^3$ são gerados em Moçambique (BRITO *et al*. 2009).

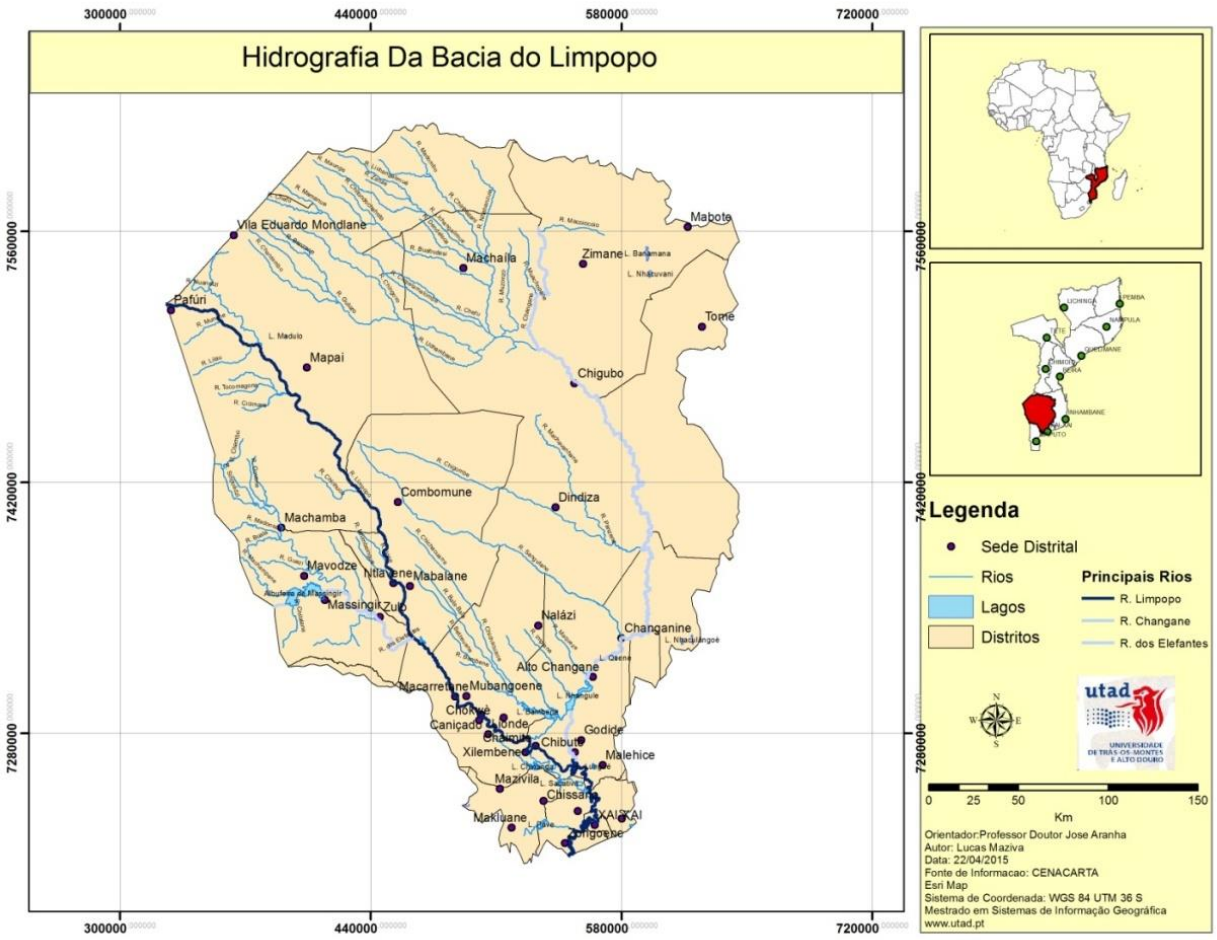



Figura 29: Carta da rede hidrográfica da bacia do Limpopo.

### 5.5. Solos da Bacia do Limpopo

De uma forma geral a Bacia do Limpopo é caracterizada pela ocorrência de solos arenosos e argilosos com textura variada, com destaque para solos de mananga e aluvionares. Com muita frequência aparecem, ao longo da bacia, extensas áreas de solos aluvionares, arenosos, castanhos e, também, solos esqueléticos de calhaus rolados. Nas margens dos rios Limpopo e Incomáti os solos aluvionares ocupam grandes extensões. Em algumas regiões dos distritos de Guijá, Chibuto e Xai-Xai, podem encontrar-se, igualmente, solos esqueléticos com calhaus rolados que ocupam grande parte das regiões de Saúte e Mapai. Algumas partes destas regiões apresentam solos arenosos, compactos amarelos, cinzentos e nas zonas de Alto Changane (Chibuto) na parte norte de Macarretane (Chókwè), os solos são fundamentalmente cinzentos. Com calcários no distrito de Guijá, aparecem também solos vermelhos calcimórficos. Os solos da faixa arenosa costeira

ocupam quase toda a área de intersecção entre os distritos de Bilene e de Xai-Xai e grande parte do distrito de Mandlakaze. Os solos hidromorfos, conhecidos por "machongos", ocupam cerca de 13000 ha em alguns extractos dos distritos de Xai-Xai, Bilene e Mandlakaze (PED, 2006).

Figura 30: Carta da distribuição dos solos da bacia do Limpopo.

### 5.6. Florestas e Fauna Bravia da Bacia do Limpopo

As condições de seca prevalecentes na bacia favorecem o desenvolvimento da savana e ecossistemas secos. As chuvas na época húmida encorajam o surgimento de formações herbáceas proporcionando áreas de pastagem (INGC *et al.* 2003). Há três grandes grupos de vegetação que ocorrem na bacia (FAEF, 2001) nomeadamente:

- A savana seca de caducifólias arbóreas dominada por *Colophospermum mopane*;
- A savana seca de caducifólias arbustivas dominada por *Boscia* spp. e *Acacia* spp. e ;
- Vegetações ribeirinhas ou florestas de galeria com *Ficussyracuse, Trichilia emética* entre outras.

A savana de mopane ocorre em grandes extensões nas zonas secas da África Austral, formando uma banda que liga a Namíbia com Moçambique, na região de Chókwè. Este grupo de vegetação atinge o ponto mais extremo, mais ou menos, a 25 km Sul do ponto onde o Rio dos Elefantes se junta ao Rio Limpopo. Em adição à área entre estes dois rios, cobre uma faixa com uma largura variável entre 5 a 25 km na margem direita do Rio dos Elefantes, bem como a parte central das províncias de Gaza e Inhambane. A sua composição florística é variável em função das diferenças na composição do solo e humidade. A savana de mopane típica encontra-se em solos calcários, incluindo espécies arbóreas como *Ximenia americana*, *Boscia albitrunca* e *Euphorbia spp*. A camada herbácea consiste principalmente de *Eragrostis rigidior, Cenchrus ciliaris, Schmidtia pappophoroides e Urochloa spp*. As gramíneas anuais incluem *Enneapogon cenchroides, Aristides adscensionis* e *Eragrostis viscosa*. Em zonas basálticas aparecem espécies como a *Sclerocarya birrea* (canhueiro), Acacia *nigrescens, Combretum apiculatum, Commiphora spp, Grewia spp, Kirkia accumunata, Terminalia sericea e Adansonia digitata* (embondeiro). Nas zonas aluviais dos vales dos grandes rios, com maior acesso a água freática, aparecem diversas acácias, em associação com *Berchemia discolor, Diospyros mespiliformis* e outras.

As vegetações ribeirinhas diferem muito da vegetação vizinha, devido à proximidade do rio. Esta situação, por um lado, aumenta a disponibilidade de água e, por outro, faz com que a vegetação fique frequentemente sujeita a inundações. Espécies arbóreas que ocorrem nestes ambientes são, por exemplo, o *Ficus syracuse, Trichiila emetica, Xanthocerecis zambesiaca, Combretum spp, Ekebergia capensis*, e algumas acácias, como a *Acacia xanthophloea*. A *Acacia xanthophloea*, com a sua casca alaranjada, é muito típica destas zonas húmidas. Este grupo de vegetação pode ser encontrado ao longo do Rio dos Elefantes, entre Massingir e a confluência com o Limpopo.

A vegetação natural ocorre sobretudo a partir da zona central da Bacia para o interior, norte, ocidente e oriente, (Chókwè, Chibuto, Mandlakaze, Bilene e Xai-Xai), pois a região sudoeste é ocupada por terrenos agrícolas e habitacionais. Estima-se em 3400000 ha a área de florestas (savanas, bosques e galerias florestais) na bacia, que também constitui o habitat da fauna bravia, com quase todas as espécies selvagens típicas da África Austral, onde predominam os 5 grandes para além de outros animais de pequeno porte. As áreas mais importantes localizam-se na parte norte da bacia (distritos de Chicualacuala, Chigubo, Mabalane, Massangena e Massingir), onde se destaca a existência de Búfalos, Cabrito cinzento, Cudos, Elandes, Elefantes, Girafas,

Hipopótamos, Imbalalas, Impalas, Inhalas, Javalis, Leões, Leopardos, Palapalas, Pivas, Porco bravo, Rinocerontes, Zebras, etc. Para o litoral encontramos macacos de cara pretos, Xangós, Cabritos cinzentos (gazelas), Chipene, Javalis e outros animais de pequeno porte (PED, 2006).

### 5.7. Caracterização Socioeconómica da Bacia do Limpopo

Segundo projecções do INE (2005) a população da bacia em 2005 era constituída por cerca de 1368497 habitantes, dos quais cerca de 56% são mulheres. A taxa de crescimento populacional é de 2,1% ao ano. A distribuição geográfica revela que:

- Os distritos mais extensos são os de Chicualacuala (16035km$^2$), Chigubo (13952 km$^2$) e Massangena (10351 km$^2$), e os menos extensos são os da Cidade de Xai-Xai (135 km$^2$), distritos de Xai-Xai (1739 km$^2$) e Chókwè (1864 km$^2$);
- Os distritos mais populosos são os de Chókwè (257088 habitantes), Xai-Xai (231669 habitantes) e Chibuto (176212 habitantes) e os menos populosos são os de Massangena (14808 habitantes), Chigubo (15055 habitantes) e Massingir (23570 habitantes); e
- A densidade populacional é de 17 habitantes/ km$^2$, com uma variação de 1 habitante/ km$^2$ nos distritos de Chigubo e Massangena, e 1105 habitantes/ km$^2$ na Cidade de Xai-Xai.

### 5.8. Cultura da Bacia do Limpopo

A língua é uma componente primordial na comunicação e transmissão dos valores socioculturais. Na bacia do Limpopo as línguas locais faladas são: Xichangana e o Txitxopi. As religiões predominantes são a cristã (católica, protestante e outras), a muçulmana, veneração aos antepassados e a animista (PED, 2006).

No âmbito do património cultural, a província de Gaza conta com 5 grandes monumentos históricos que são os seguintes: Magul em Bilene, Coholela em Mandlakaze, Chaimite em Chibuto, Languene em Xai-Xai e Mucotuene em Chibuto.

## Capítulo VI - Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados

### 6.1. Introdução:

O rio Limpopo é a seguir ao Zambeze, o rio mais extenso de Moçambique e serve o maior sistema de irrigação do país, atravessando o distrito de Chókwè em todo o seu comprimento. A área total de captação do rio Limpopo é de 412280 $km^2$, distribuída por quatro países, ao longo dos seus 1461 km de extensão. Nasce na confluência dos rios Marico e Crocodilos na África do Sul, numa zona a Noroeste de Pretória. Em Moçambique, o Limpopo corre 561 km, antes de desaguar no Oceano Índico em Zongoene. O Baixo Limpopo está sujeito a cheias cíclicas por vezes catastróficas, especialmente se houver coincidência dos picos de cheia dos rios Limpopo e dos Elefantes, a construção da barragem de Massingir a partir de 1978, veio reduzir a coincidência das pontas de cheias. A susceptibilidade às cheias no Baixo Limpopo está ligada ao relevo da bacia. Uma análise do perfil do rio Limpopo e dos Elefantes revela a grande descida do rio no território nacional, (DNA, 1996).

### 6.2. Histórico das Cheias no Limpopo

A capacidade do leito do rio Limpopo, depois da confluência com o rio dos Elefantes, é da ordem dos 1500 $m^3/s$. Em geral, caudais inferiores a este valor não provocam inundações de grande envergadura. De 1955 a 2000 registaram-se nove cheias grandes. Destas, seis são consideradas extremas e três excepcionalmente extremas: são elas em ordem decrescente de grandeza, as cheias do ano 2000, 1977 e 1972 (DNA, 1996).

Segundo MANJATE (2006) no ano de 1977 ocorreram as grandes cheias do rio Limpopo, com graves repercussões no seio das comunidades locais do vale do Baixo Limpopo. Foi quando o Governo, pela primeira vez, transferiu na sua totalidade as populações residentes nesta região para zonas seguras na serra, e organizou aldeias comunais, continuando a praticar as actividades agro-pecuárias nas terras baixas.

No ano 2000, nos meses de Fevereiro e Março, ocorreram as piores cheias no país, dos últimos 50 anos, que afectaram as regiões Centro e Sul, tendo sido o distrito de Xai-Xai, província de Gaza, a mais afectada. As chuvas começaram um mês mais cedo do que o normal e no mesmo ano muitos lugares tiveram as maiores chuvas em 20 a 50 anos. O Limpopo em Xai-Xai registou um caudal de 98940 $m^3/s$ e a água atingiu 9 metros de altura (MANJATE, 2006).

Da análise das cheias históricas conclui-se que:

- A precipitação registada em território nacional tem pouca influência na magnitude das cheias;
- A subida do nível em Combomune varia de 60 a 68 horas, e no Chókwè de 113 a 128 horas;
- A duração total da onda de cheia é de 188 a 225 horas para Combomune e de 315 a 375 horas para o Chókwè; e
- O tempo de propagação da cheia entre Combomune e Chókwè é de 23 a 73 horas e entre Chókwè e Xai-Xai de 46 a 110 horas.

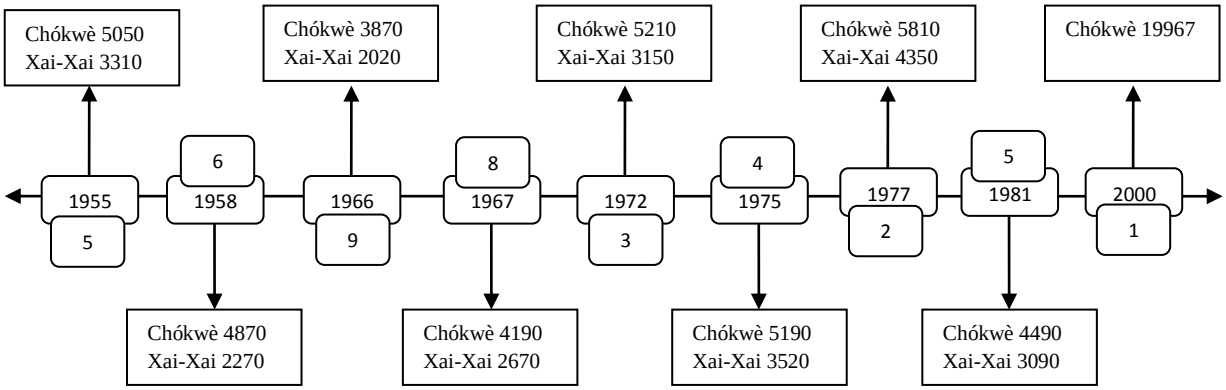



Figura 31: Marcos históricos das cheias na bacia do Limpopo (grau de destruição de 1 a 9)
Fonte: Adaptado de Brito, *et al.*, (2005)

### 6.3.Análise da Precipitação

Os dados referentes a precipitação foram obtidos da ARA - Sul e a sua consulta, análise e processamento fez-se com uso do Excel da Microsoft e HEC-DSSVue. Como podemos verificar na carta de precipitação (Fig.34), a maior parte regista-se nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro. Na bacia do Limpopo, a precipitação concentra-se na parte Este. Esta situação verifica-se devido a proximidade do mar. As massas de ar, transportadas do mar para o continente, carregadas de humidade, ao atingirem a parte continental sofrem uma pequena elevação e com isso dá-se a precipitação. Devido ao mesmo efeito da continentalidade (aproximação ou afastamento do mar), as regiões do oeste interior da bacia possuem menor precipitação, situação que influência o tipo de clima que é Árido a Semi-Árido. A precipitação que se verifica no interior concentra-se na maior parte junto ao rio Limpopo.

O facto da precipitação concentrar-se na parte Sul e Este da bacia, conduz ao agravamento da situação em caso de cheias, visto que esta região é plana, com águas transportadas a montante e precipitação local abundante. Esta zona é bastante atractiva, devido a existência de solos férteis, para a prática da agricultura, pasto para o gado bovino e caprino, corredor para o transporte de pessoas e bens. Assim, em caso de ocorrência de cheias, os danos são avultados.

### 6.4.Análise do Caudal e Precipitação

Como se pode constatar, tanto do gráfico com histórico da precipitação (Fig.33) como do caudal (Fig.32), as datas referentes às cheias coincidem, mas esta situação não pode ser generalizada. No ano de 2013 tivemos cheias na bacia do Limpopo sem verificar precipitação acima da média. A cheia foi causada pela precipitação a montante, isto é, nos países a montante, o que criou graves danos nas vidas das pessoas e infra-estruturas locais, principalmente as localizadas no baixo Limpopo.

A análise das cheias deve ser vista também em conjunto com a precipitação e os caudais, na medida que um rio pode apresentar caudais significativos para a ocorrência de cheias, sem que nas estações se registem níveis significativos de precipitação. Esta situação é muito comum em Moçambique, uma vez que o país partilha bacias com outras nações.

O processamento da informação tabular permitiu criar valores médios para os meses mais pluviosos. Uma vez que as estacões estavam georreferenciadas, foi possível aplicar rotinas de geoestatística, concretamente o modelo do Quadrado do Inverso das Distâncias, e calcular os mapas apresentados nas figuras 34 e 35.

Figura 32: Variação do caudal de 1950 a 2010

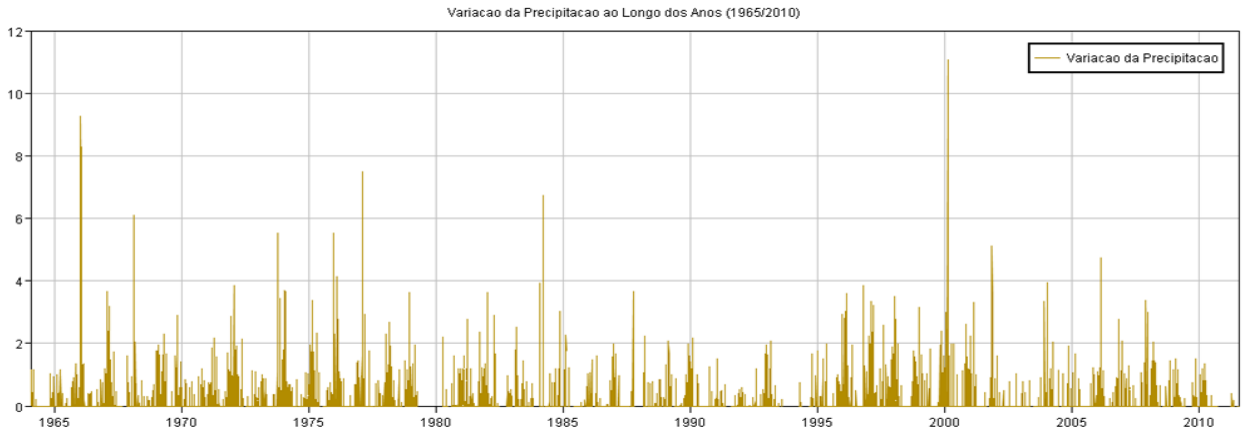



Figura 33: Variação da precipitação de 1965 a 2010

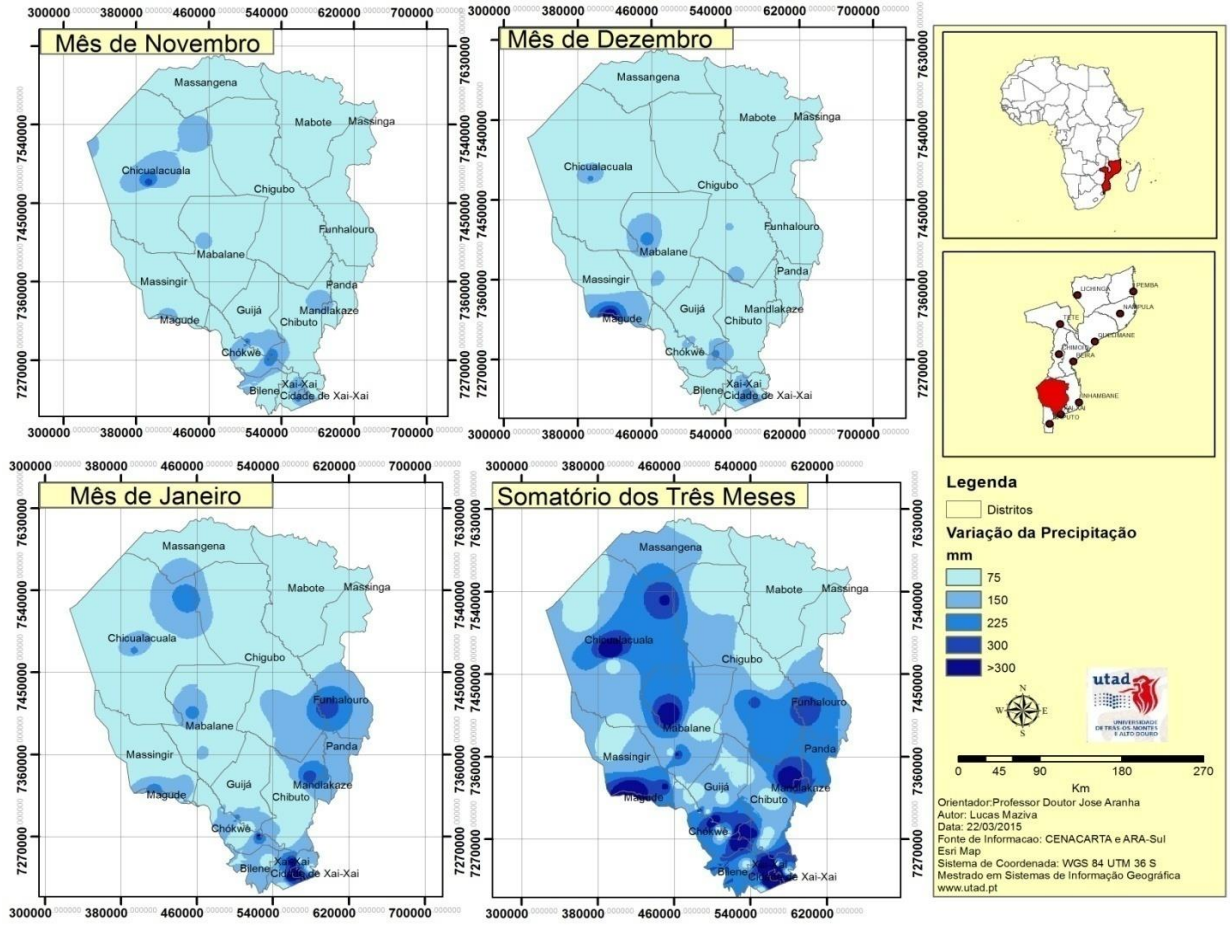



Figura 34:Variação da precipitação (Novembro, Dezembro, Janeiro e somatório das mesmas)

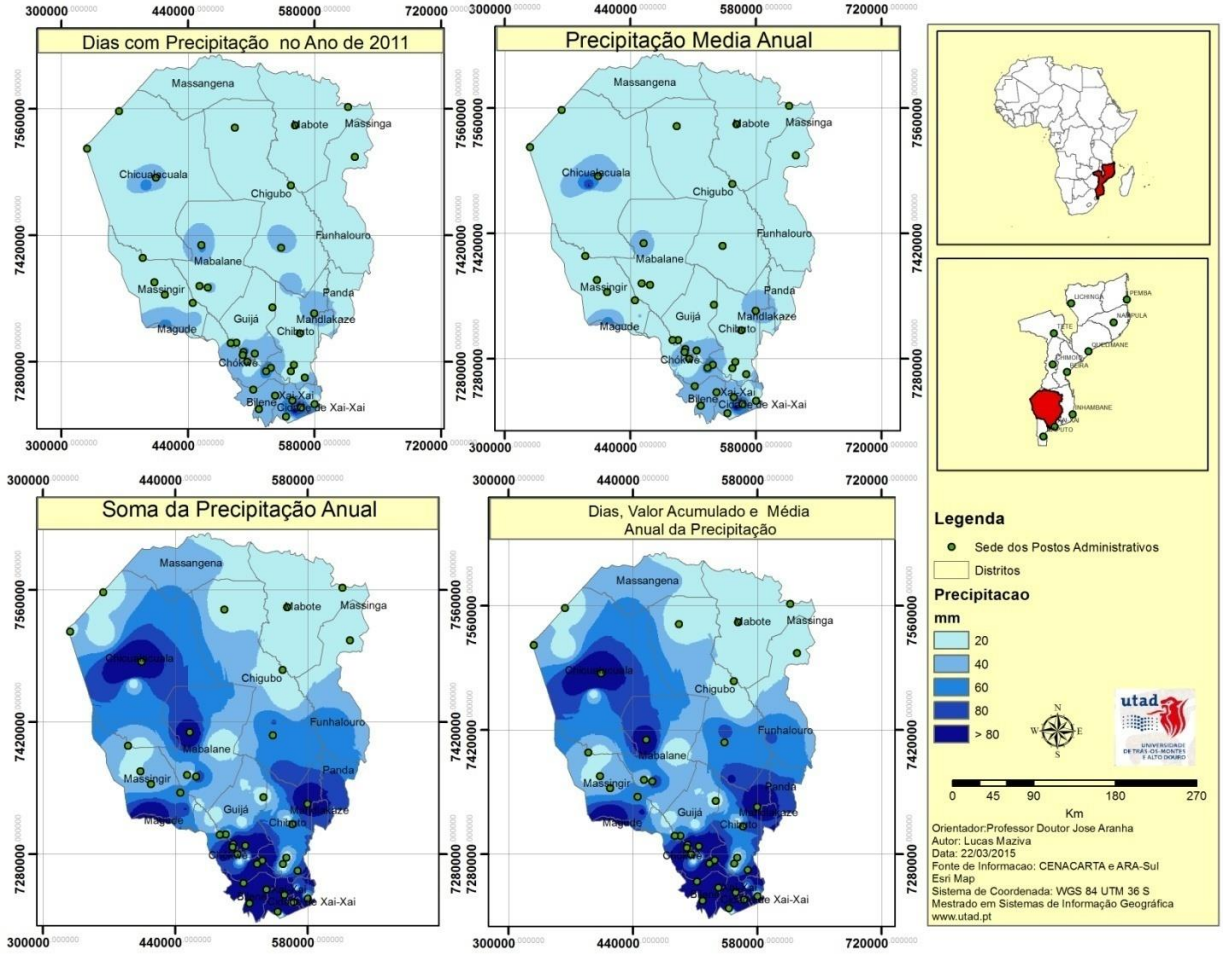



Figura 35: Variação da precipitação (anual, dias com precipitação, somatório da anual e somatório de todas variáveis). Interpolação espacial pelo método do quadrado do inverso das distâncias.

### 6.5.Valores Assumidos pelos Factores

Neste trabalho fez-se o uso do método de análise de multicritério, mas sem aplicação da matriz de comparação pareada, visto que de todos elementos constantes como factores determinantes das áreas de perigo/risco de cheias não se encontrou nenhum mais preponderante que outro. Assim sendo todos os factores possuem igual importância.

Os valores assumidos, por cada factor, foram atribuídos mediante uma análise exploratória dos dados. Fez-se comparação com outros trabalhos similares, desta forma, conseguimos atribuir valores aos factores, estes dependem das características da área de estudo. Esta acção, deve ser

bastante cuidadosa, na medida que, exerce muita influência no resultado final, e os valores obtidos para cada factor são aplicado somente à bacia do rio Limpopo.

Tomando em consideração que o grau de importância atribuído pelo operador a cada factor exerce muita influência no resultado final, colocou-se todos os factores no mesmo patamar. Deste modo os cinco factores (altitude, declive, drenagem, distância euclidiana à rede hidrográfica e uso e cobertura do solo), foram atribuídos determinados valores de acordo com o nível de susceptibilidade em relação as cheias, sendo que:

Tabela 7: Valores assumidos pelo declive

| **Declive (%)** | **Classificação** | **Valor** |
|---|---|---|
| 0 - 3 | Plano | 10 |
| 3 - 8 | Suavemente Ondulado | 8 |
| 8 - 13 | Moderadamente Ondulado | 7 |
| 13 - 20 | Ondulado | 5 |
| 20 - 45 | Fortemente Ondulado | 3 |
| > 45 | Montanhoso | 1 |

Tabela 8: Valores assumidos pela altitude

| **Altitude (m)** | **Valor** |
|---|---|
| 0 - 50 | 10 |
| 51 - 99 | 7 |
| 100 - 146 | 5 |
| 147 - 530 | 3 |
| > 530 | 1 |

Tabela 9:Valores assumidos pela distância euclidiana

| **Distância (km)** | **Valor** |
|---|---|
| 0 - 3 | 10 |
| 3 - 6 | 7 |
| 6 - 9 | 5 |
| 9 - 12 | 3 |
| 12 - 16 | 2 |
| > 16 | 1 |

Tabela 10: Valores assumidos pela drenagem dos solos

| Drenagem dos Solos | Valor |
|---|---|
| Boa | 1 |
| Boa a excessiva | 2 |
| Excessiva | 4 |
| Moderada | 5 |
| Moderada a má | 6 |
| Imperfeita | 7 |
| Imperfeita a moderada | 8 |
| Imperfeita a má | 9 |
| Má a muito má | 10 |
| Lagos e rios | 10 |

Tabela 11: Valores assumidos pelo uso e ocupação do solo

| Uso e Ocupação do Solo | Valor |
|---|---|
| Corpos de Água | 10 |
| Vegetação Herbácea Inundada | 10 |
| Áreas Habitadas | 10 |
| Agricultura Itinerante | 9 |
| Campos Cultivados | 8 |
| Pradaria | 7 |
| Áreas Arbustivas | 4 |
| Matagal | 3 |
| Floresta | 2 |

### 6.6.Processo de obtenção dos factores

#### Classificação do declive

Como foi referido acima no tópico programas usados, para análise e processamento de dados fez-se uso do ArcGis versão 10.2. O declive é obtido através do modelo digital de terreno, este foi retirado do site da USGS, com o tamanho de célula de 30 metros. Tendo em conta que, o tamanho da bacia é muito superior ao tamanho das células, houve necessidade de unir as grelhas. Desta forma, a sua união procedeu-se com o uso do Idrisi 17.2. Em seguida, fez-se o uso do ArcMap, em que accionou-se a ferramenta *slope* que encontra-se no item *surface* do *spatial analyst tools* obtendo o declive que é um ficheiro em formato de grelha. Depois de obtido o declive, passou-se para a reclassificação. Na mesma ferramenta do *ArcToolbox* recorreu-se ao

*reclassify* que encontra-se no *reclass* do *spatial analyst tools*, onde reclassificamos o declive de acordo com os pesos obtidos e o produto final é um ficheiro em formato de grelha.

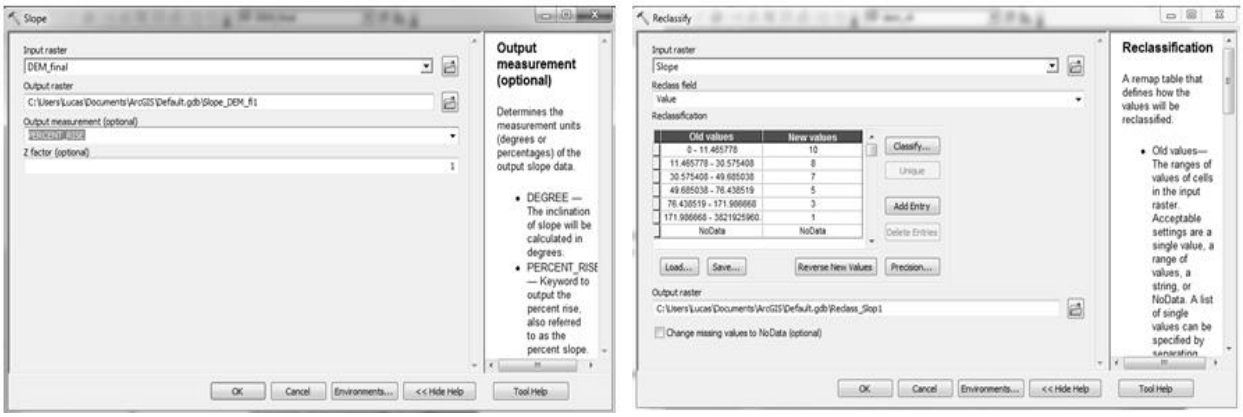



Figura 36: Uso da ferramenta do declive e da reclassificação

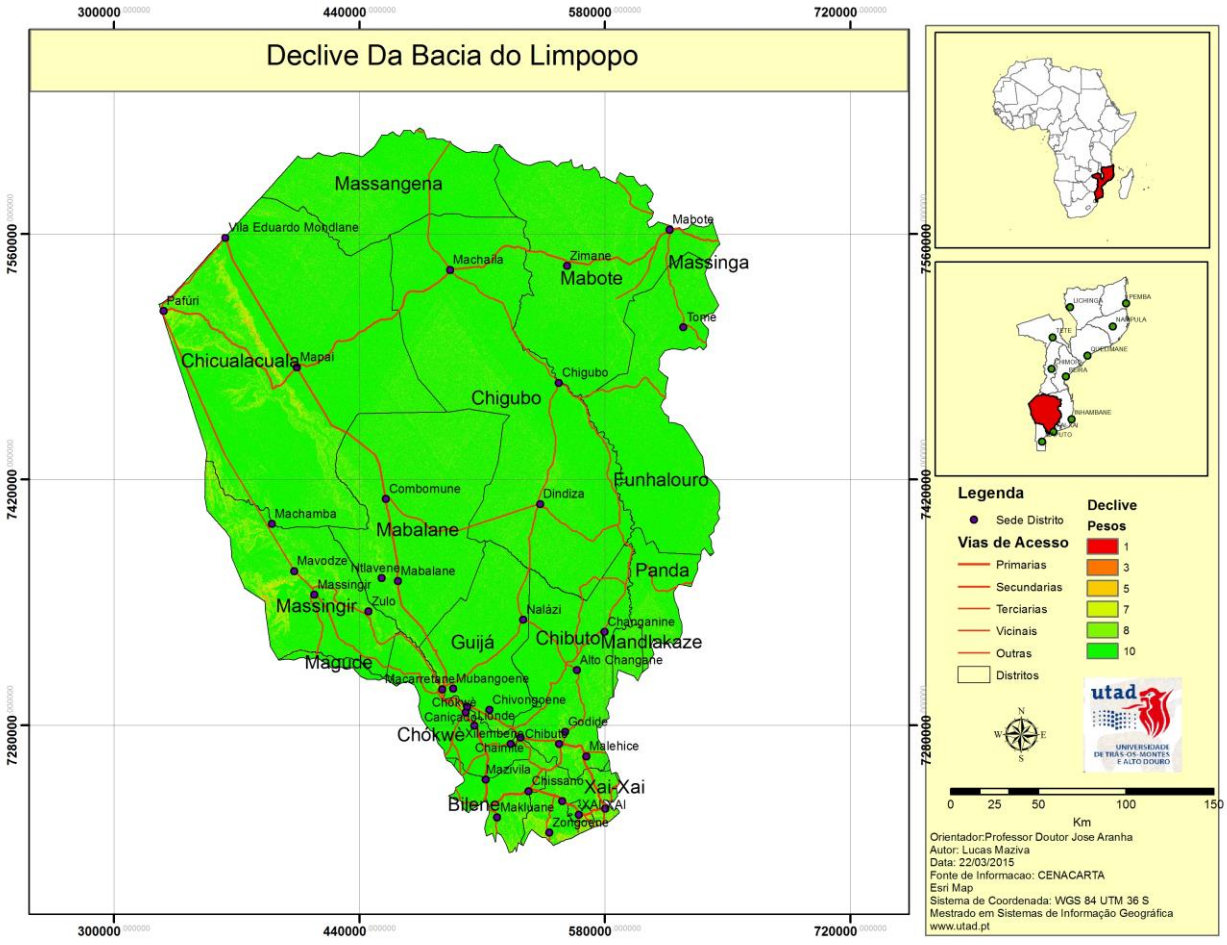



Figura 37: Carta do declive reflectida nos pesos

**Classificação da Altitude**

A determinação deste factor é relativamente mais simples. Somente precisou-se reclassificar a altitude com ajuda da ferramenta *reclassify* que encontra-se no *reclass* do *spatial analyst tools.* Colocou-se os pesos correspondentes aos intervalos de altitude obtida, dando origem a um ficheiro no formato de grelha.

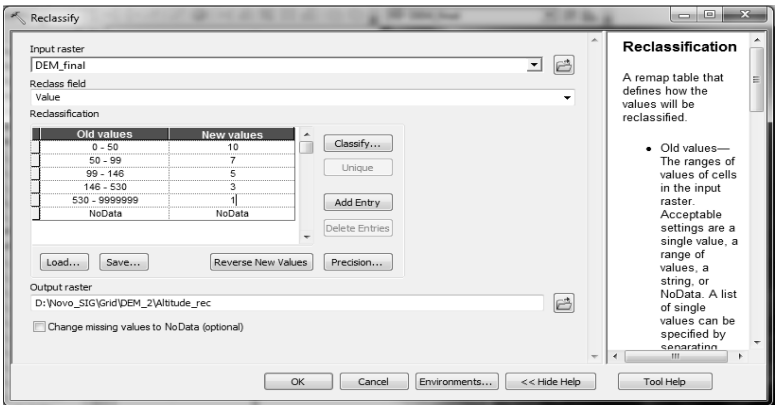



Figura 38: Uso da ferramenta de reclassificação

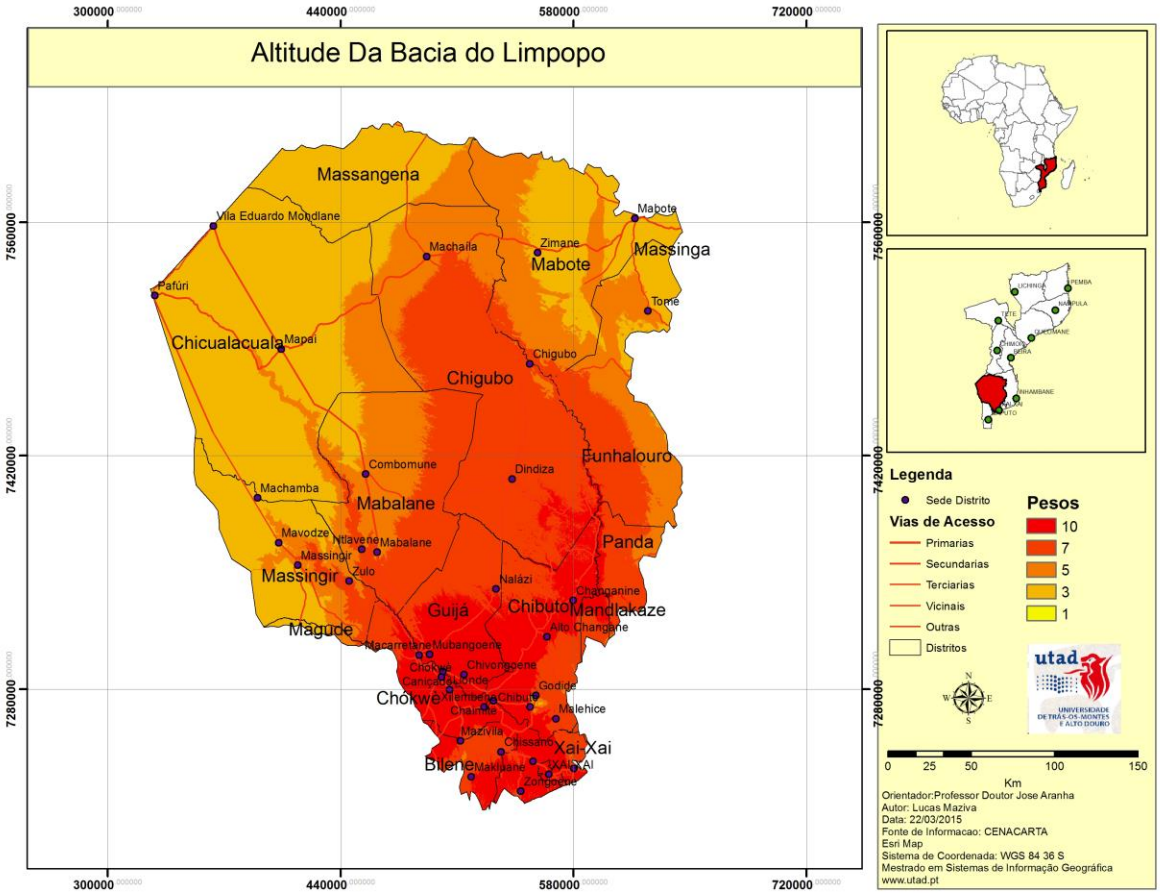



Figura 39: Carta da altitude reflectida nos pesos

**Classificação da distância euclidiana aos cursos de água**

Este factor mostra a área de influência dos cursos de água. Neste sentido activa-se a ferramenta *distance eucledean* que encontra-se no *distance* do *spatial analyst tools*. Coloca-se o ficheiro vectorial dos rios e activa-se a *distance eucledean*, obtendo-se as distâncias ao rio com ficheiro de saída em grelha. A que salientar que, fez-se uso somente dos cursos de água primários e secundários, visto que, são os que transportam maior volume de água. Este é reclassificado seguindo o critério da determinação dos pesos (Fig.40). Com a ferramenta *reclassify*, que encontra-se no *reclass* do *spatial analyst tools*, colocou-se os pesos correspondentes a área de abrangência do rio. O produto da operação é um ficheiro em formato de grelha (Fig.41).

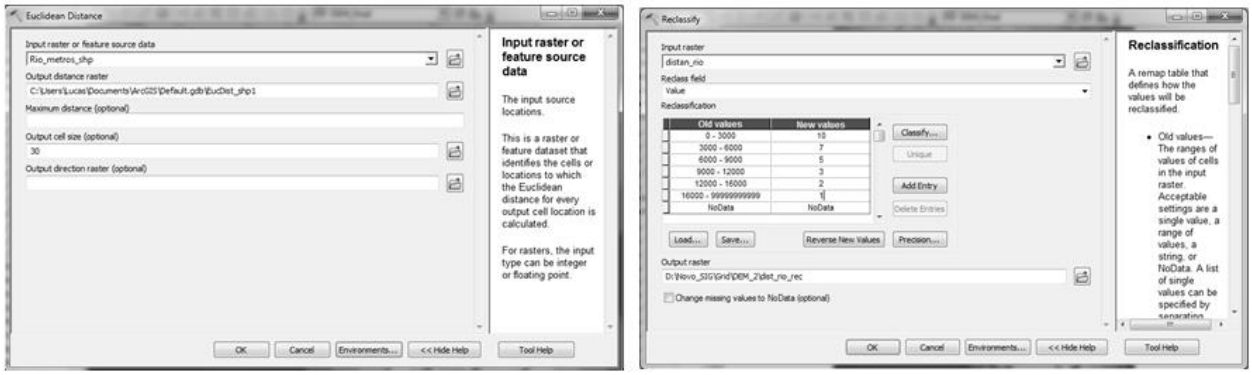



Figura 40: Determinação da distância euclidiana e reclassificação

Figura 41: Carta da distância ao rio reflectida nos pesos

## Classificação da drenagem

Tratando-se de um ficheiro vectorial, o tratamento é diferente. Inicialmente criou-se uma coluna, onde colocou-se os valores correspondentes aos pesos dos diferentes tipos de drenagem que encontram-se na área de estudo (Fig.42). Depois converteu-se o ficheiro para formato de grelha, de modo a ser somado com os anteriores nomeadamente, declive, distância euclidiana e altitude. A conversão do ficheiro pode ser feita usando varias ferramentas. Para este trabalho, fez-se através do *conversion tools* de *shape* para grelha, onde escolhe-se o campo que deve reflectir a conversão.

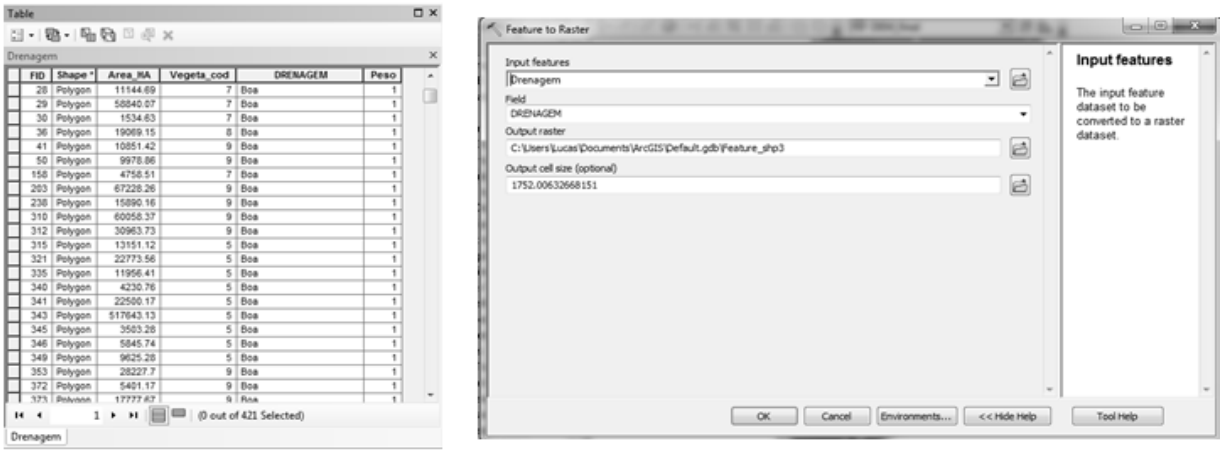



Figura 42: Campo referente aos pesos e conversão do ficheiro de vector para grelha

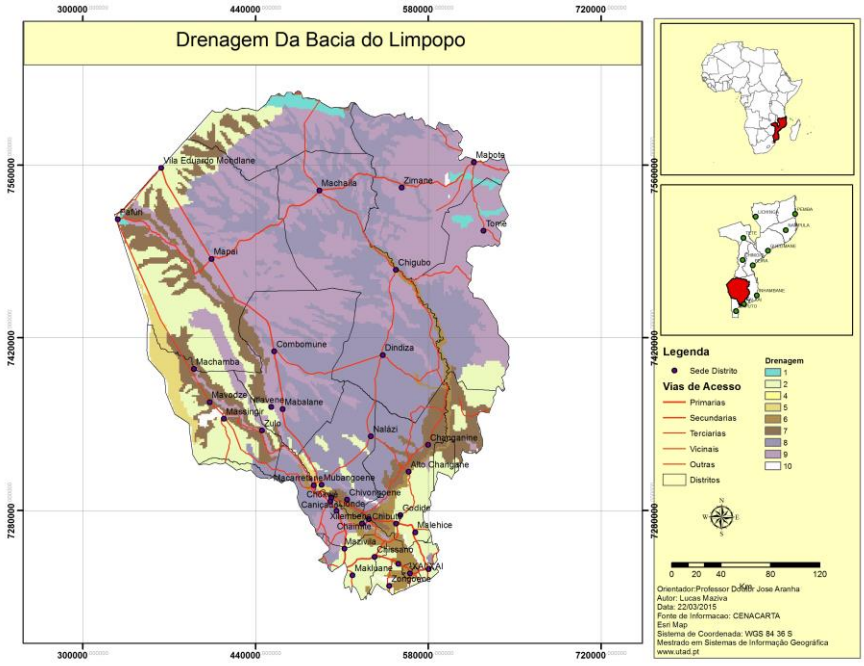



Figura 43: Carta da drenagem reflectida nos pesos

**Classificação do uso e ocupação do solo**

Este factor segue o mesmo principio de tratamento da drenagem, onde criou-se primeiramente um campo numérico e atribui-se os valores a cada tipo de uso e cobertura do solo (Fig.44). Converte-se para *raster* fazendo uso do campo dos valores correspondente aos pesos, com a ferramenta *conversion tools*, obtendo-se uma grelha (Fig.45).

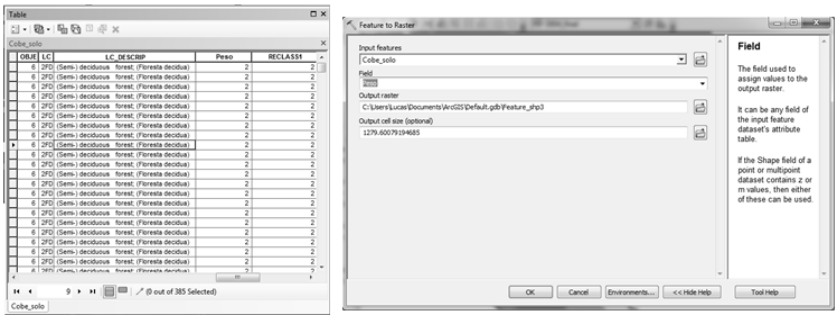


Figura 44: Campo referente aos pesos e conversão do ficheiro de vector para grelha

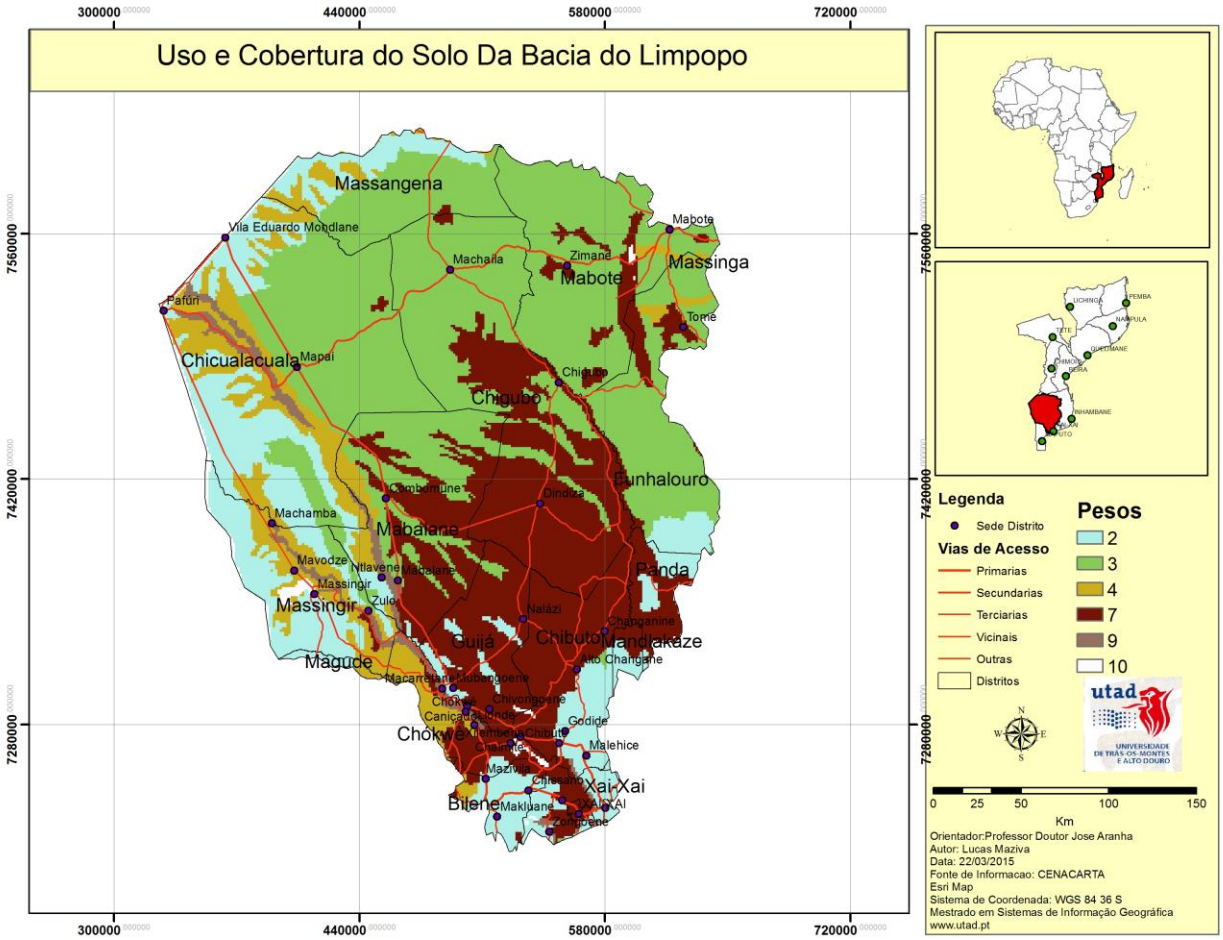



Figura 45: Carta do uso e cobertura do solo reflectida nos pesos

**Somatório dos ficheiros obtidos**

Depois de obtidos os cinco ficheiros, com auxílio da ferramenta *raster calculator*, que se encontra no *spatial analyst tools*, no *map algebra*, procedeu-se o somatório dos ficheiros (Fig.46). Depois de gerado o ficheiro em formato de grelha (Fig.47), procedeu-se à sua reclassificação, em três níveis: Alto, Médio e Baixo. Esta reclassificação deve ser muito cuidadosa, na medida que pode-se correr o risco de distorcer a realidade dos acontecimentos na área de estudo. Para não se cometer esse erro, fez-se uso da mancha de cheia do ano 2013, comparando os resultados e analisando a sobreposição das manchas.

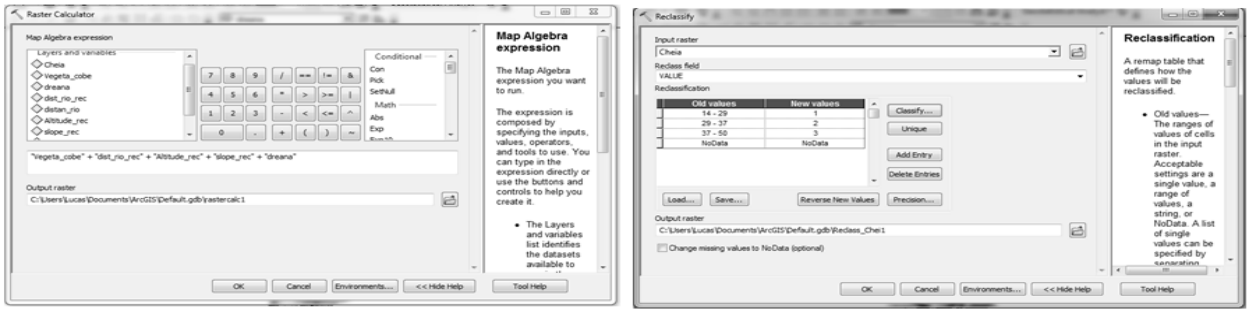



Figura 46: Somatório dos cinco ficheiros formados e reclassificação do mapa de perigo

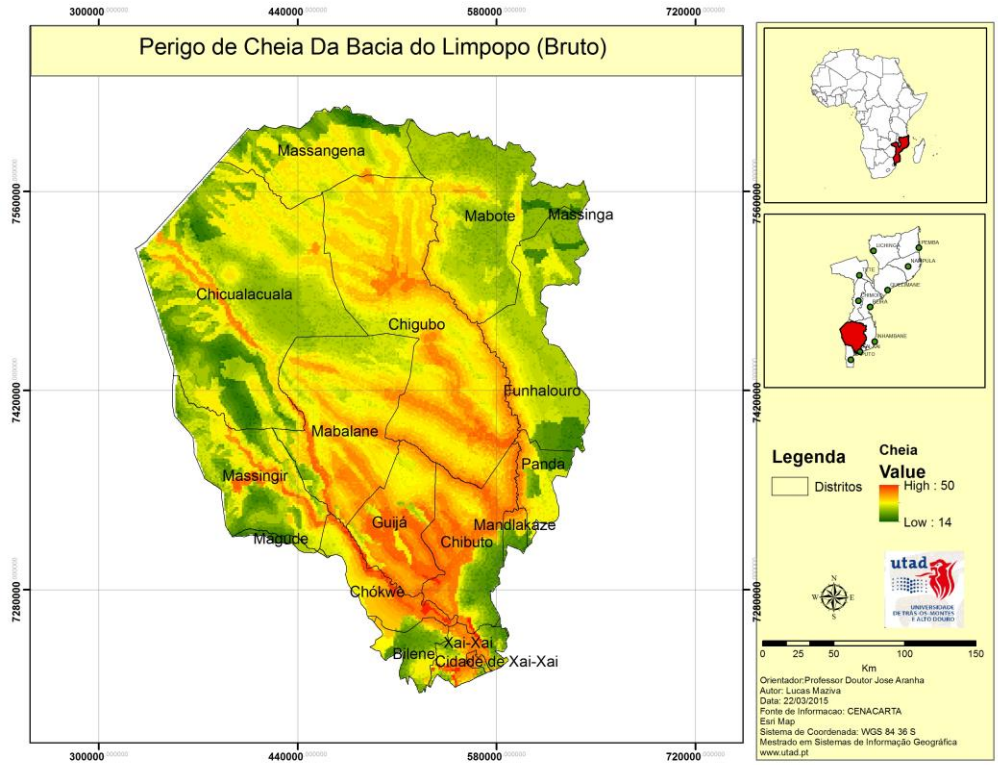



Figura 47: Carta do perigo de cheia na bacia do Limpopo (sem reclassificação)

De modo a melhorar a visualização do mapa, usou-se o *filter* que encontra-se no spatial *analyst tools neighborhood* (Fig.48). Este agrega os valores dos pixéis próximos de acordo com as exigências do operador. Deste procedimento resultou a figura 49.

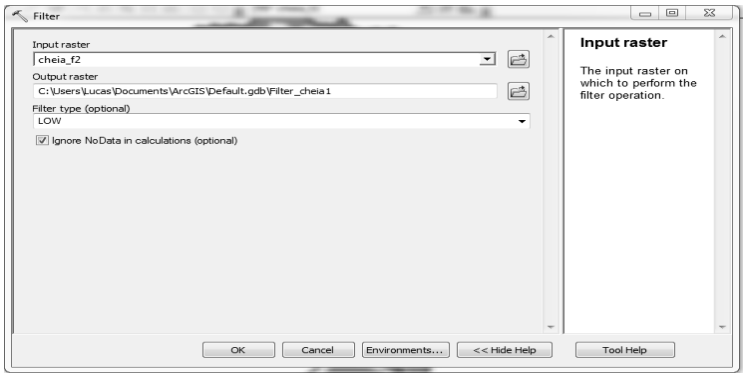



Figura 48: Aplicação do filtro de modo a melhorar o aspecto visual do mapa

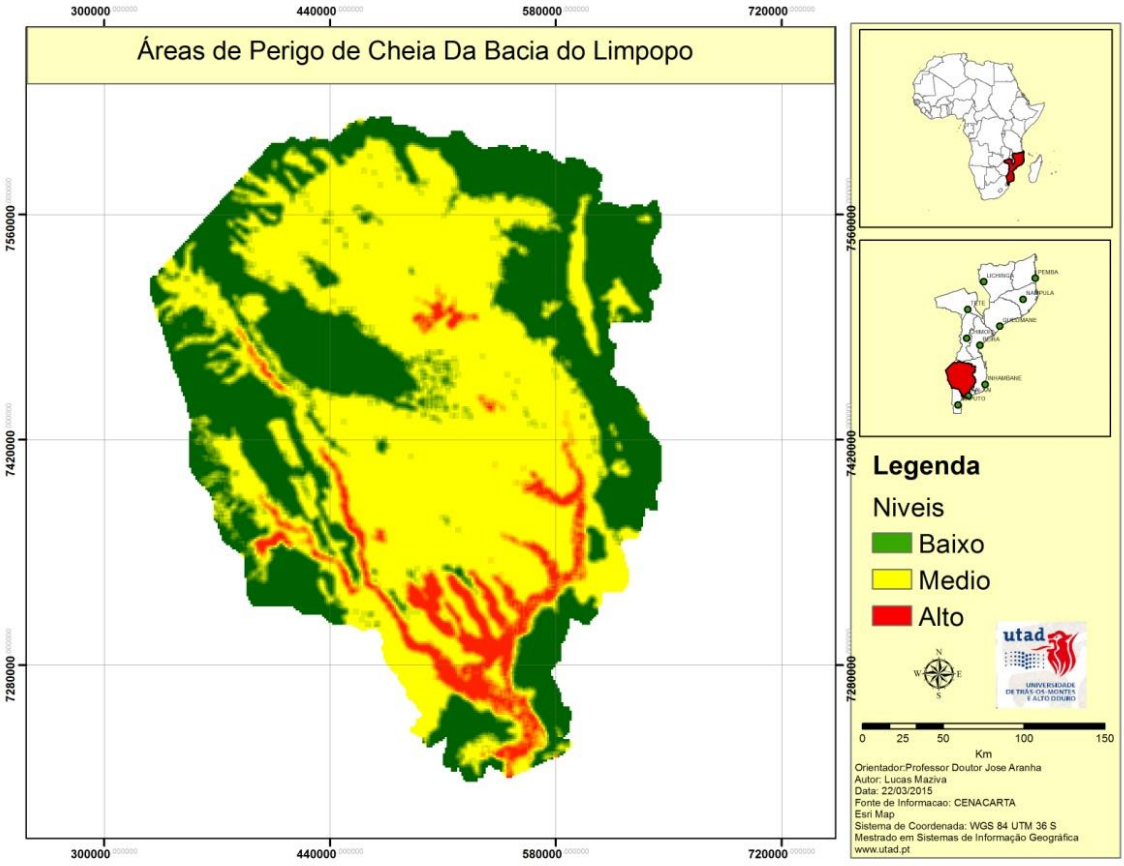



Figura 49: Carta de perigo de cheia da bacia do Limpopo

Esta carta foi depois cruzada com as cartas de infra-estruturas, de modo a calcular a Carta de Risco de Cheia que se apresneta na Figura 50.

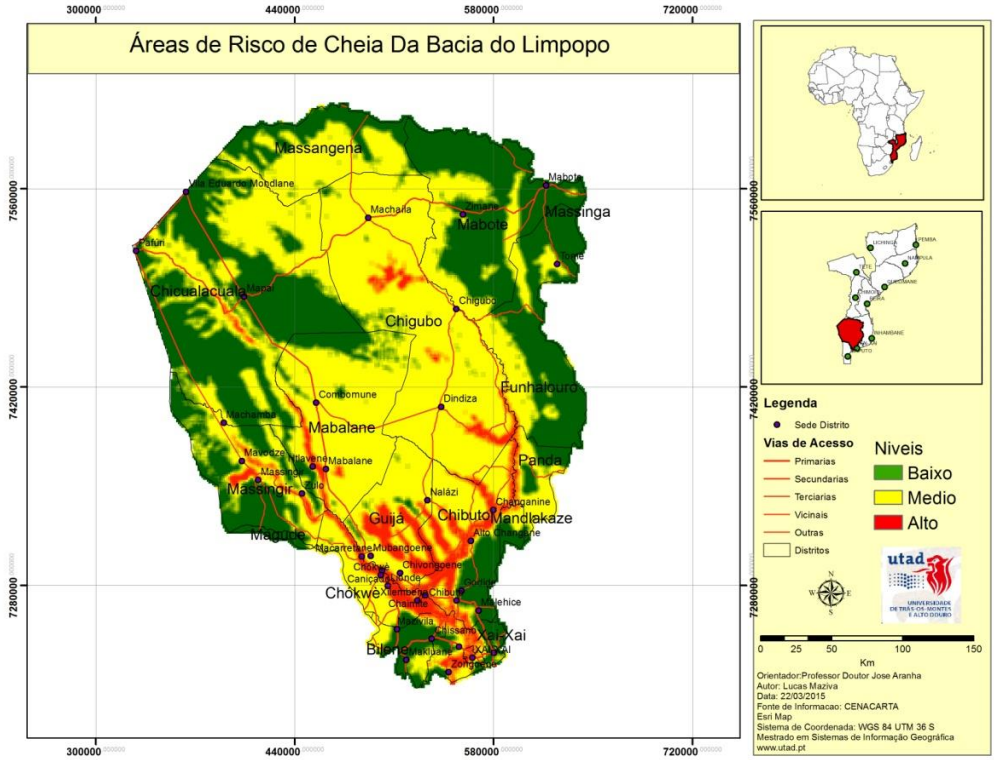



Figura 50: Carta de Risco de cheia da bacia do Limpopo

Para analisar a relação entre as zonas de cheia e o índice de perigo de cheia calculado, procedeu-se a conversão da mancha de cheia, de vector para *raster*, depois multiplicou-se o mesmo ficheiro com as áreas de perigo de cheias em formato de *raster*. Esta operação, foi realizada com a ferramenta *raster calculator* (fig. 51) que encontra-se no *map algebra* do *spatial analyst tools*.

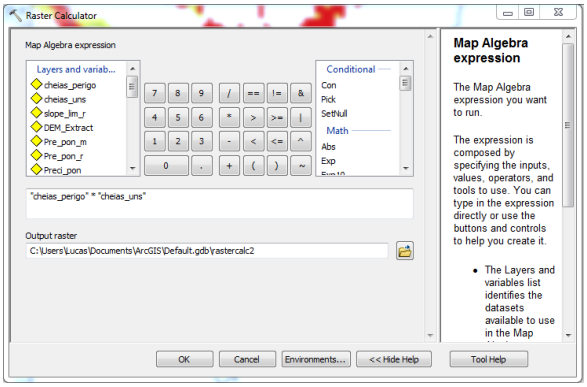



Figura 51: Cálculo do índice pelo map algebra

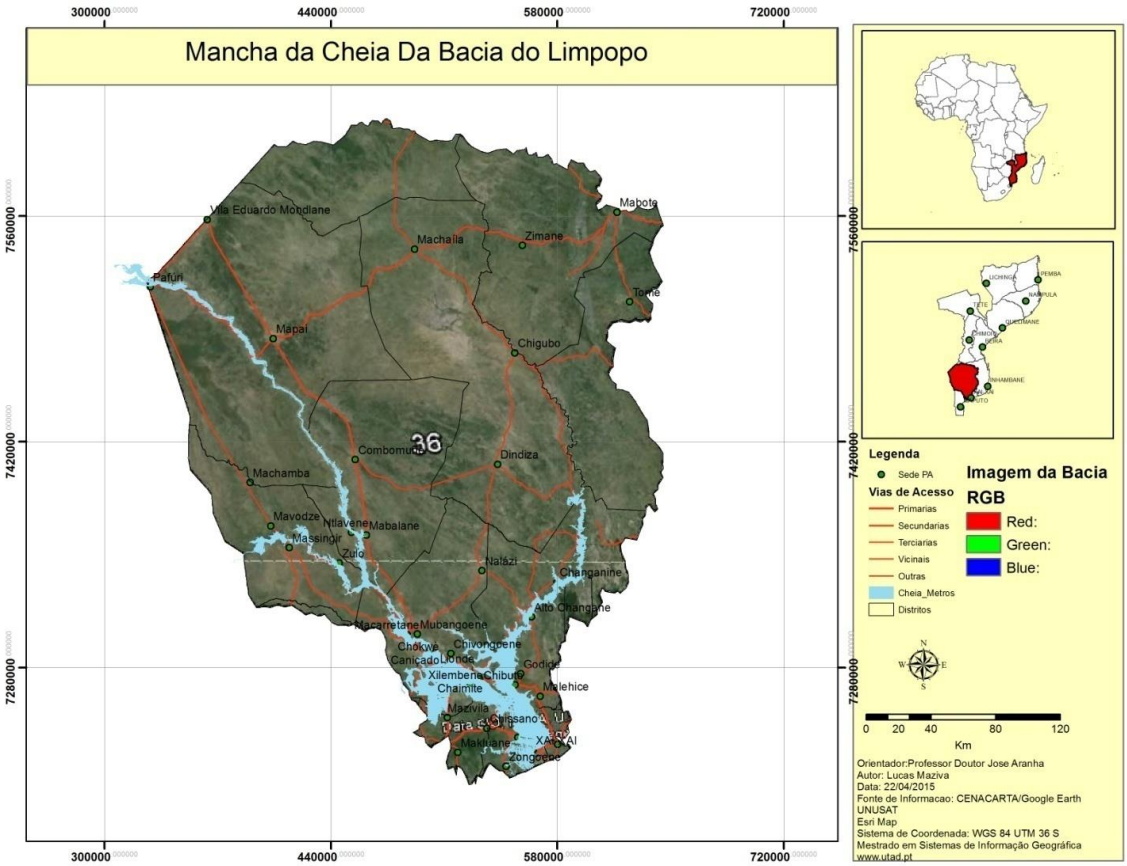



Figura 52: Representação da mancha de cheia de 2013

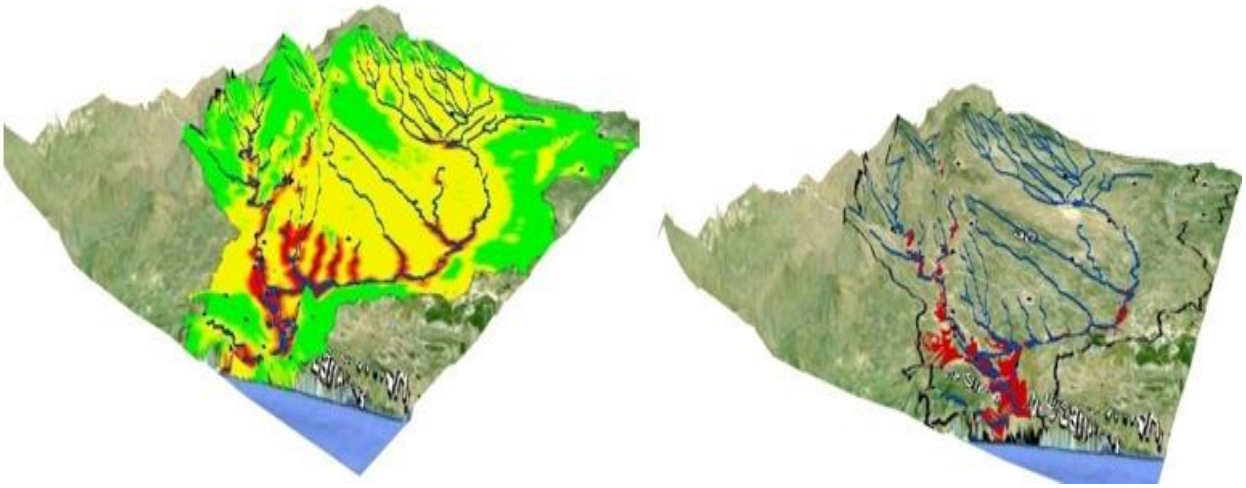


Figura 53: Representação 3D da mancha de cheia e dos níveis de risco

A mancha de cheia, utilizada neste trabalho e em termos de valores acumulados, totaliza 443829 hectares, sendo que:

- 53.13% são caracterizados como de perigo elevado,
- 45.49% de perigo médio, e
- 1.38% de perigo baixo.

Isto indica que, o índice calculado se ajusta bem a realidade, uma vez que as cheias não acontecem num único momento e em toda área de estudo. Desta forma, estima-se que as áreas de cheia cartografadas com classe elevada sejam as primeiras a serem inundadas, seguidas das áreas com classe média e por fim as áreas com classe baixa. Em ambiente SIG, no ArcGis, pode-se proceder à análise das figuras e identificar as zonas mais problemáticas e as primeiras a serem afectadas pelas cheias.

### 6.7. Cruzamento da Carta de Perigo de Cheia com as Variáveis (Saúde, Educação, Vias de Acesso e População)

Os conceitos de perigo e risco já foram abordados no capítulo referente a revisão bibliográfica, esses são muito importante para a compreensão do trabalho, na medida que quando obtemos uma carta sem a sobreposição das variáveis (saúde, educação, vias de acesso e população) estamos diante de uma carta de perigo, e quando há sobreposição das variáveis passamos a ter uma carta de risco. O perigo pressupõe a ocorrência de um determinado fenómeno danoso e o risco é a ocorrência do fenómeno mas que vai afectar o homem e seus bens.

De forma a facilitar a interpretação dos resultados obtidos, converteu-se o ficheiro das áreas de risco para vector com o uso da ferramenta *conversion tools*. Prosseguiu-se interceptando o ficheiro convertido com as variáveis (saúde, educação, vias de acesso e número de população) (Fig.54). A intercepção fez-se com auxílio da ferramenta *intersect* que encontra-se no *analysis tools overlay*. Esta acção permite verificar quantas das variáveis em análise encontram-se abrangidas por cada nível de risco (baixo, médio e alto).

Figura 54: Conversão de raster para vector e intercepção do ficheiro de cheias com as infra-estruturas

**Saúde**

Em termos de unidades sanitárias a bacia conta com 107, divididas em diferentes categorias: Hospitais Rurais e Urbanos, Centros e Postos de Saúde. Das 107 unidades sanitárias, 26 localizam-se em áreas de risco baixo, 64 médio e 17 alto. A maior parte das infra-estruturas, localizam-se na zona de risco médio com 59.8%, seguido do risco baixo com 24.3% e por fim o risco alto com 15.9%.

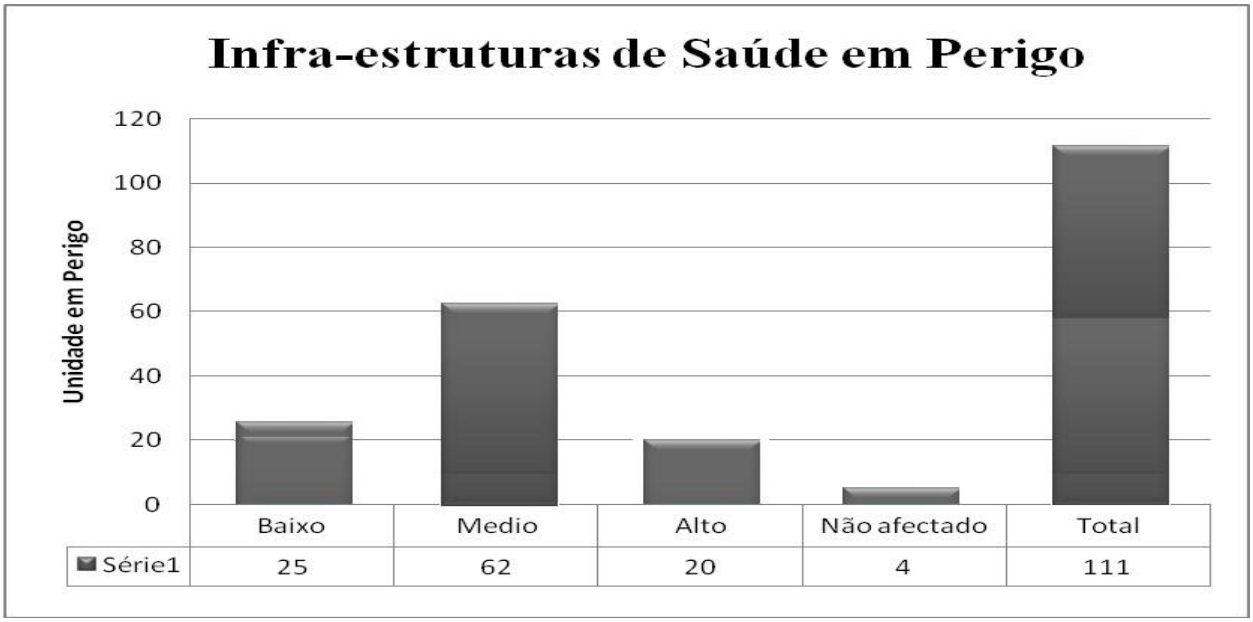



Figura 55: Infra-estruturas de saúde em áreas de risco

Estes números, à primeira vista, parecem que não constituem grande preocupação, mas se tivermos em conta que estamos a falar de um país do terceiro mundo, onde o acesso aos cuidados de saúde é bastante deficitário, começa a preocupar, na medida que a área onde se localiza o nível de risco alto é onde está localizada a capital provincial, a cidade de Xai-Xai, e os maiores municípios da bacia que são os municípios de Chibuto e Chókwè. Como regra geral, as zonas urbanas possuem melhores condições em termos de serviços de saúde que as zonas rurais, em caso de tratamento hospitalar grave ou de alguma especialidade, os pacientes são deslocados para as zonas urbanas. Assim, com estas zonas afectadas as cheias atingem outras proporções.

Tabela 12: Susceptibilidade dos centros de saúde ao risco de cheia

| Centro de Saúde | Níveis de Risco de Cheia | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fora das áreas de risco | Baixo | Médio | Alto |
| | 1 | 3 | 11 | 6 |

Tabela 13: Susceptibilidade dos postos de saúde ao risco de cheia

| Posto de Saúde | Níveis de Risco de Cheia | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fora das áreas de risco | Baixo | Médio | Alto |
| | 3 | 21 | 49 | 16 |

Tabela 14: Susceptibilidade dos hospitais ao risco de cheia

| Hospitais | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 1 | 3 | 0 |

Quanto às categorias de infra-estruturas de saúde, verifica-se que os postos de saúde encontram-se em maior número, sendo estas as mais afectadas, abrangidas pelo nível alto 16 unidades. Em relação aos centros de saúde, temos 6 unidades no nível alto e quanto aos hospitais nenhum encontra-se no nível alto. Quanto aos níveis médio e baixo, a situação mantém o mesmo padrão. No seu conjunto (médio e baixo) os postos de saúde possuem 70 unidades em risco, os centros de saúde 14 e os hospitais 4.

Esta diferença de unidades sanitárias afectada pelas cheias, prende-se pela natureza dos serviços prestados, na medida que, os centros de saúde encontram-se localizados em toda extensão da bacia e fornecem serviços básicos. Quanto aos postos de saúde, em termos hierárquicos estão em segundo lugar, encontrando-se nas sedes dos postos administrativos e aldeias estratégicas. Os hospitais, encontram-se no primeiro plano, dotados de meios materiais e humanos mais capacitados que as restantes categorias, e em termos de infra-estrutura física ocupam grandes áreas. Particularizando a análise, para as zonas mais criticas como é o distrito de Chókwè (fig. 56), verifica-se que, todas as infra-estruturas de saúde estão localizadas nas áreas de risco médio e alto. A mesma análise, permite inferir que o distrito de Chókwè possui três centros de saúde localizados nas áreas de risco alto, estando dois deles a 816 metros e outro a 853 metros, de distância ao rio Limpopo, conforme pode-se verificar na tabela 15.

Tabela 15: Infra-estruturas de saúde mais críticas no distrito de Chókwè

| **Tipo de unidade sanitária** | **Distância ao rio (metros)** | **Nível de cheia** |
|---|---|---|
| Posto de saúde | **853** | alto |
| Posto de saúde | 2628 | alto |
| Posto de saúde | 2562 | alto |
| Posto de saúde | 1166 | alto |
| Posto de saúde | 924 | alto |
| Posto de saúde | 2459 | médio |
| Posto de saúde | 8729 | médio |
| Posto de saúde | 11403 | médio |
| Posto de saúde | 4354 | médio |
| Posto de saúde | 4074 | médio |
| Centro de saúde | **816** | alto |
| Centro de saúde | 2834 | alto |
| Centro de saúde | 4584 | alto |
| Centro de saúde | 4778 | médio |
| Centro de saúde | 4242 | médio |
| Hospital | 2181 | médio |
| Hospital | 2631 | médio |

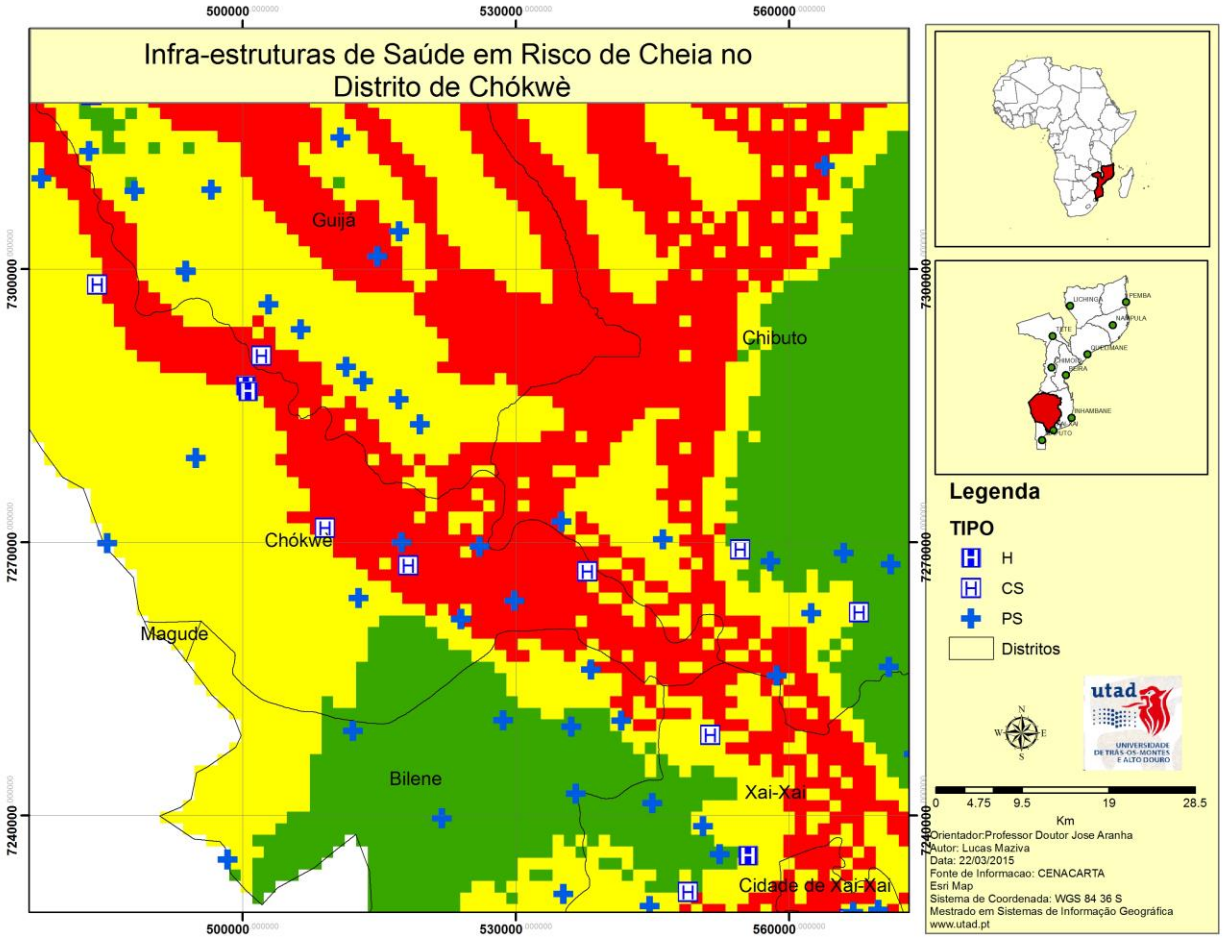



Figura 56: Carta das infra-estruturas de saúde na zona mais critica

**Educação**

Tal como foi o caso das infra-estruturas de saúde, para a educação também temos várias divisões, onde temos estabelecimentos do ensino primário do I e II grau, secundário, pré-universitário e universitário. Deste conjunto, 158 encontram-se no nível de risco baixo, 194 no nível médio e 90 no nível alto (Fig.57).

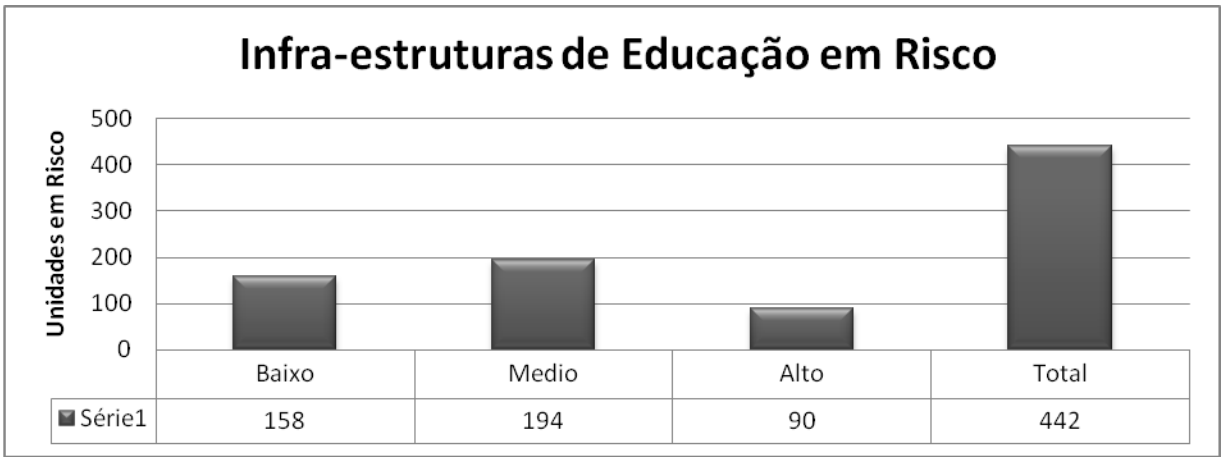



Figura 57: Infra-estruturas de educação em áreas de risco

A disponibilidade dos serviços a nível do país, e de certa forma a nível mundial acompanha a mesma tendência, onde as capitais provinciais e os espaços urbanos possuem melhores serviços em relação aos espaços rurais. Assim sendo, as percentagens apresentam-se da seguinte forma, o nível médio com 43.9%, o baixo com 35.7% e o alto com 20.4%. O nível alto está em menor proporcionalidade, mas esta proporcionalidade representa muito ao nível local, na medida que, as instituições de ensino Pré-universitárias e universitárias localizam-se no nível alto.

Tabela 16: Susceptibilidade das escolas primárias ao risco de cheia

| Escola Primária | Níveis de Risco de Cheia | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fora das áreas de risco | Baixo | Médio | Alto |
| | 5 | 155 | 178 | 90 |

Tabela 17: Susceptibilidade das escolas secundárias ao risco de cheia

| Escola Secundarias | Níveis de Risco de Cheia | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fora das áreas de risco | Baixo | Médio | Alto |
| | 0 | 3 | 7 | 5 |

Em relação as unidades educacionais, a informação é apresentada somente para a categoria de ensino primário e secundário, não sendo possível subdividir em unidades educacionais do primeiro grau e segundo grau, bem como as secundárias e pré-universitárias. Nesta ordem de ideia, temos 428 unidades do ensino primário, o que representa 96.61% do total das unidades

educacionais. Tratando-se de uma categoria de ensino básico o seu número elevado justifica-se, assim sendo, a mesma, é a mais afectada pelas cheias, com 90 unidades nas áreas de risco alto. Para as unidades de ensino secundário, temos 7 no nível médio, se somarmos com as do nível alto temos 80% de unidades afectadas. Tal como sucedeu, com as infra-estruturas de saúde, para as infra-estruturas de educação o distrito de Chókwè apresenta maior número em zonas de risco alto, onde temos três escolas a 1000 m do rio e três a 2000 m do rio, conforme ilustrado na tabela 18. No entanto, como se localizam em zonas de cota elevada, apresentam risco baixo. Esta é mais uma das vantagens do projecto SIG, pois permite "ver" onde se localizam as infra-estruturas relativamente aos rios.

Tabela 18: Infra-estruturas de educação mais críticas no distrito de Chókwè

| **Tipo de unidade educação** | **Distância ao rio (Quilómetros)** | **Nível de cheia** |
|---|---|---|
| Escola Secundária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Continua na página seguinte | | |

| Continuação da página anterior | | |
|---|---|---|
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 7 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | alto |
| Escola Primária | 10 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 5 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 2 | médio |
| Escola Primária | 2 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 1 | médio |
| Escola Primária | 5 | médio |
| Escola Primária | 3 | médio |
| Escola Primária | 3 | médio |
| Escola Primária | 1 | médio |
| Escola Primária | 7 | médio |
| Escola Primária | 1 | baixo |
| Escola Primária | 2 | baixo |
| Escola Primária | 3 | baixo |

A realidade rural é muito dura, a rede de ensino não está bem distribuída, encontrando-se com maior escala o ensino primário do I e II grau. O ensino secundário encontra-se nas sedes dos postos administrativos ou na sede do distrito, o ensino universitário, na maior parte esta estabelecido nas grandes cidades e municípios estratégicos. Assim sendo, os alunos devem-se deslocar para os centros urbanos para continuarem com os seus estudos e tendo 20.4% de escolas afectadas e localizadas nas zonas urbanas, o desenvolvimento técnico e cientifico da região coberta pela bacia fica muito comprometido. Em situação de cheia do nível alto e mesmo médio, as instituições de ensino são obrigadas a encerrar, servindo de centro de acomodação (as que não são afectadas pelas cheias em termos de infra-estrutura física), albergando milhares de pessoas, visto que as residências na maioria dos casos são construídas com base em material local ou misto, o que as tornas bastante susceptíveis a qualquer evento extremo como cheia ou ciclone.

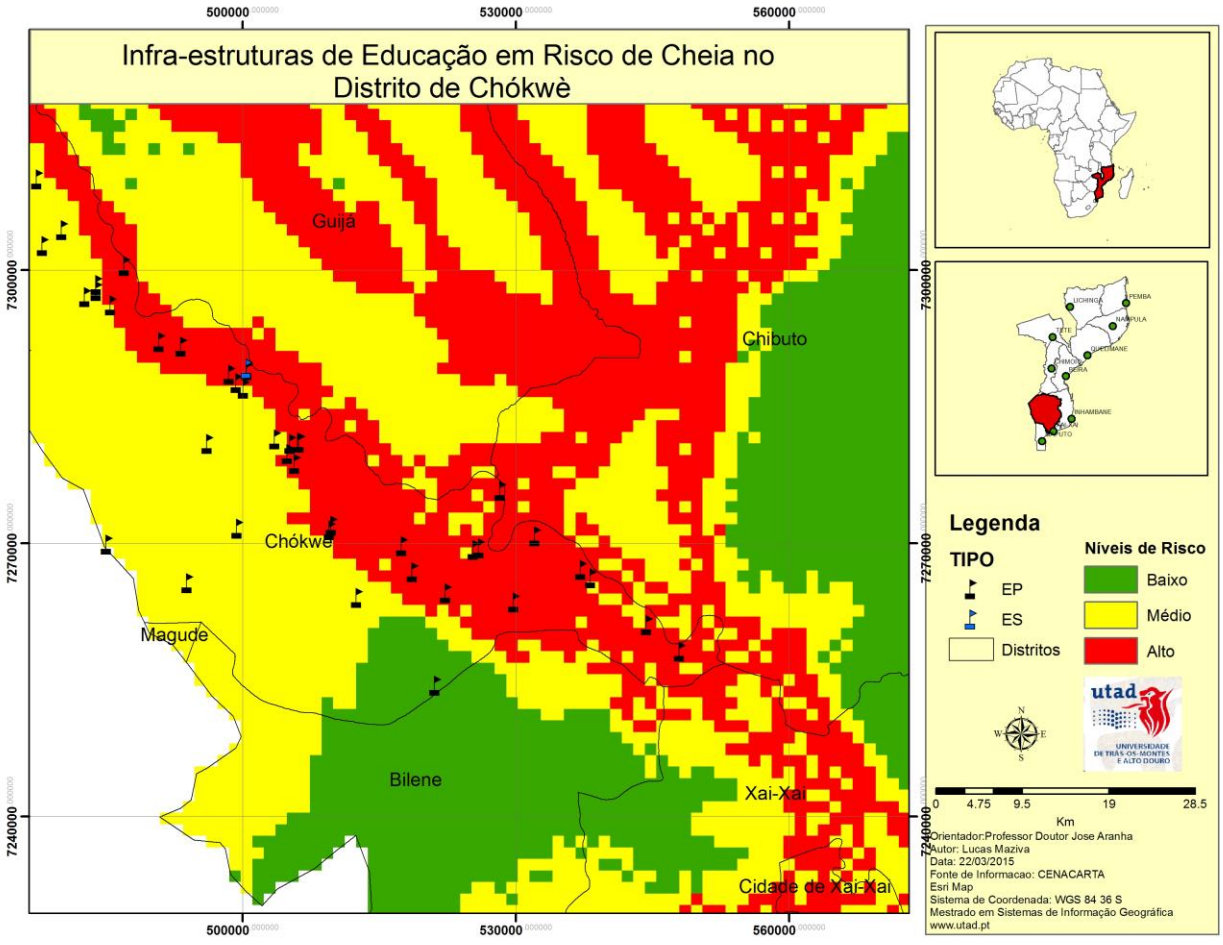



Figura 58: Carta das infra-estruturas de educação na zona mais critica (EP – escola primária; ES – escola secundária)

A informação espacial, referente às infra-estruturas de saúde e educação, devido a sua natureza (densidade), não será apresentada em forma de carta, na medida que, em termos estético mostra-se inviável. Assim sendo, somente será representada a informação referente à zona mais critica, que no caso corresponde ao distrito de Chókwè.

**Vias de Acesso**

As vias de acesso são classificadas em primárias, secundárias, terciárias, vicinais e outras. Do conjunto de 9648 km, 2833 km encontram-se em área de risco baixo, 4614 km em área de risco médio e 2201 km na área de risco alto. Em termos percentuais, verifica-se que o nível médio afecta a maior parte das vias de acesso, com um total de 54.66%. As vias secundárias, terciárias e outras categorias são as mais afectada por este nível, onde no seu conjunto temos 51.3%. O nível alto, afecta somente 15.8% do total das vias, afectando mais as vias terciárias. Isto significa que, as vias que ligam os distritos e postos administrativos são interrompidas frequentemente, a agravar a situação, temos o facto de que, as mesma na sua maioria são a base de terra batida.

Em termos gerais, as vias terciárias são as mais afectadas com um total de 43.57%, o que significa que, quase metade das vias terciárias da área de estudo sofre com efeito das cheias (Alto, Médio e Baixo). A categoria das vias secundárias é afectada em 19.39%, seguida de outras vias com 18.69%, as primárias e vicinais apresentam 6.06% e 3.36% respectivamente. Estes dados, indicam que em relação as vias primárias, temos níveis de destruição enormes, mas localizadas, visto que não são muito afectadas. Já em relação as vias terciárias e secundárias, os danos são maiores. Devido a localização das mesmas não constituem um grande entrave ao desenvolvimento de actividades, visto que há sempre vias alternativas, o entrave pode ser sentido localmente, havendo necessidade de fazer-se pequenos desvios ao longo das vias.

Tabela 19: Susceptibilidade das vias de acesso ao risco de cheia

| Níveis de Cheia | Vias de Acesso | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Primárias | Secundárias | Terciarias | Vicinais | Outras |
| Baixo | 3.88% | 0.12% | 11.82% | 0.59% | 4.2% |
| Médio | 1.28% | 16.81% | 22.81% | 2.08% | 11.68% |
| Alto | 0.90% | 2.46% | 8.94% | 0.69% | 2.81% |

Tabela 20: Susceptibilidade das vias de acesso primárias ao risco de cheia

| Vias primárias | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 14 | 12 | 6 |

Tabela 21: Susceptibilidade das vias de acesso secundárias ao risco de cheia

| Vias secundárias | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 15 | 27 | 15 |

Tabela 22: Susceptibilidade das vias de acesso vicinais ao risco de cheia

| Vias vicinais | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 3 | 14 | 6 |

Tabela 23: Susceptibilidade das vias de acesso terciárias ao risco de cheia

| Vias terciárias | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 29 | 62 | 41 |

Tabela 24: Susceptibilidade das vias de acesso (outras categorias) ao risco de cheia

| Vias (outras categorias) | Níveis de Risco de Cheia | | |
|---|---|---|---|
| | Baixo | Médio | Alto |
| | 4 | 11 | 4 |

Tal como sucede com as infra-estruturas de saúde e educação, em relação às vias de acesso a situação se mantém e até torna-se mais grave, visto que o custo de abertura e manutenção de vias de acesso é bastante elevado. A bacia é atravessada por vários rios, o que obriga à construção de pontes de grandes dimensões. As vias de acesso asfaltadas encontram-se junto aos centros urbanos e as zonas rurais só possuem estradas de terra batida, onde em caso de queda de precipitação, há troços que ficam intransitáveis e mesmo quando transitáveis é necessário o uso

de veículos com tracção as quatro rodas, e devido a falta de pontes alguns rios e riachos constituem um risco à sua travessia. Outra situação a acrescentar é o facto de que frequentemente a estrada N1 é cortada, devido à destruição de alguns troços junto à ponte que serve de entrada e saída a cidade de Xai-Xai, levando à interrupção terrestre entre o sul, centro e norte do país, provocando prejuízos avultados a economia nacional, visto que a estrada N1 é a via de escoamento de pessoas e bens mais utilizada, ligando não só o país mas também os países da região.

**População (Masculino, Feminino, Número de Famílias e Total)**

A bacia é composta por um total de 624217 habitantes, dos quais 358215 são do sexo feminino e 266002 do sexo masculino. Em termos de população afectada por cada nível, encontramos o sexo feminino em maior número, com 136151, o que em termos percentuais corresponde a 38%. Esta situação deve-se ao facto de que a esperança de vida masculina em Moçambique é inferior à feminina. Segundo a Organização Mundial da Saúde o sexo masculino tem esperança de vida de 52 anos e o feminino de 53 anos. O que é justificado pelo estilo de vida dos homens, mais expostos aos riscos como acidentes de trabalho, vícios do álcool, consumo de tabaco, e outros.

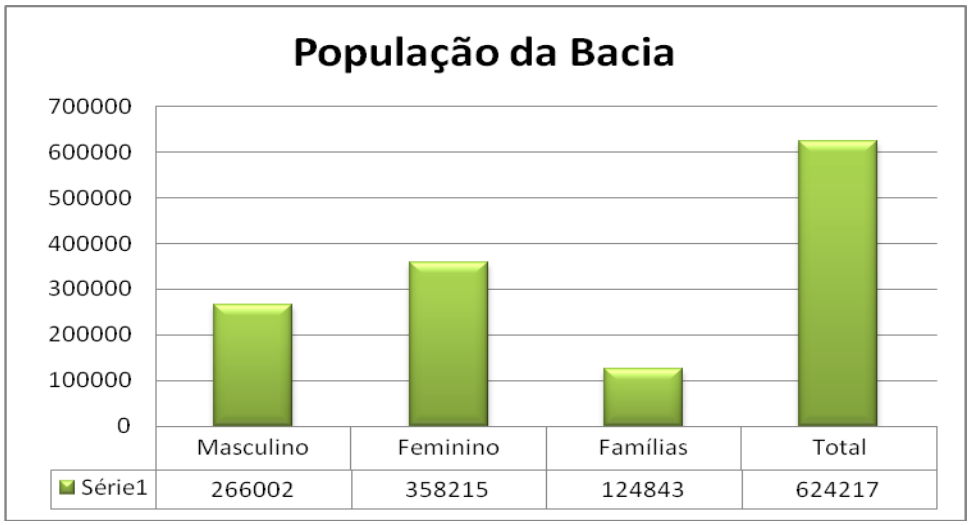
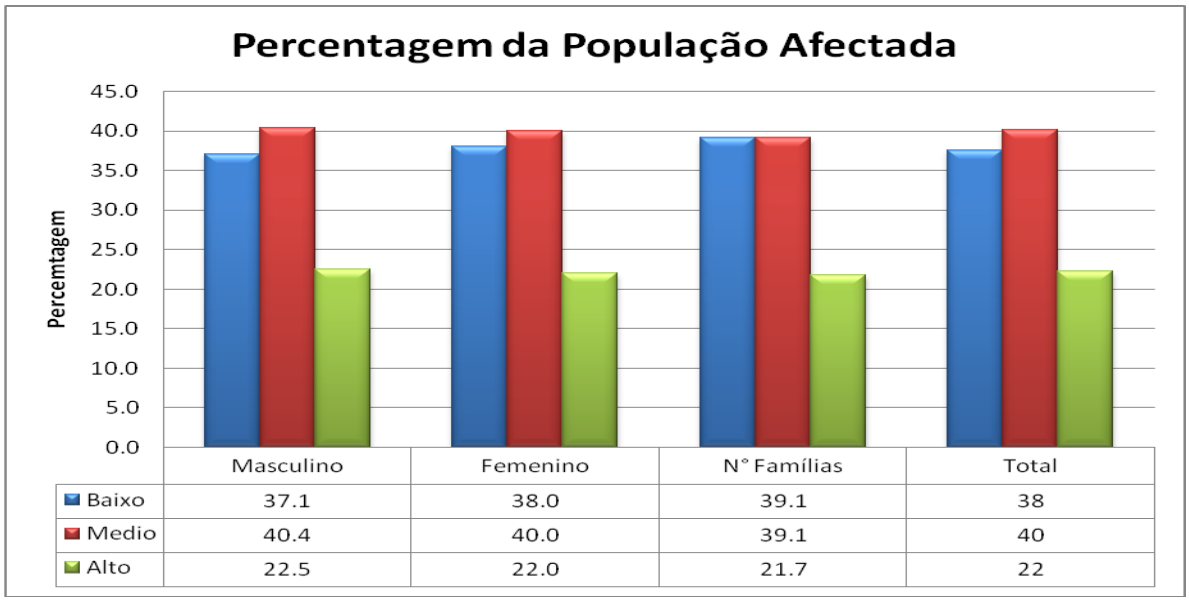



Figura 59: População da bacia do Limpopo

Como se pode depreender do gráfico (Fig.59), a bacia do Limpopo tem maior número de população do sexo feminino, o que em termos absolutos coloca-as como mais afectadas, visto que são a maioria. Em termos relativos podemos observar (Fig.60) que não existem diferenças

assinaláveis quanto aos afectados, onde para o nível baixo a diferença é de 0.9% a favor do sexo feminino, para o nível médio a diferença é de 0.4% a favor do sexo masculino e no nível alto a diferença é de 0.5% a favor do sexo masculino. Tratando-se de uma região com uma forte cultura de migração masculina, tanto para a cidade de Maputo como para a Republica da África do Sul, estes valores podem apresentar-se ainda mais desequilibrados.

Tendo em conta que se trata de uma bacia maioritariamente coberta por aéreas rurais, o facto de ter parte das suas terras e população afectadas é bastante preocupante, visto que a bacia do Limpopo possui o maior regadio do país, onde são retiradas grandes quantidades de produtos alimentares para a província de Gaza e outras províncias do país, em especial as províncias de Maputo, Cidade de Maputo e Matola. Nesta ordem de ideia, o sexo feminino é a maior força de trabalho no campo, em particular na agricultura, e sendo a base do desenvolvimento do país, as cheias têm impactos para além das fronteiras da província e da área agrícola. Tratando-se do maior celeiro da nação, o desenvolvimento nas suas diferentes vertentes é bastante afectado. A mulher, para além de ser a maior força de trabalho na agricultura, por vezes assume o papel de chefe de família, responsável por disponibilizar sustento. Tendo em conta que trata-se de áreas rurais com pessoas com poucos recursos e fraca habilidades académicas, uma situação de cheia torna a vida dos agregados familiares bastante duro, sendo muito difícil quebrar o ciclo da pobreza.




| | Masculino | Femenino | N° Famílias | Total |
|---|---|---|---|---|
| Baixo | 37.1 | 38.0 | 39.1 | 38 |
| Medio | 40.4 | 40.0 | 39.1 | 40 |
| Alto | 22.5 | 22.0 | 21.7 | 22 |

Figura 60: Percentagem da população em áreas de risco

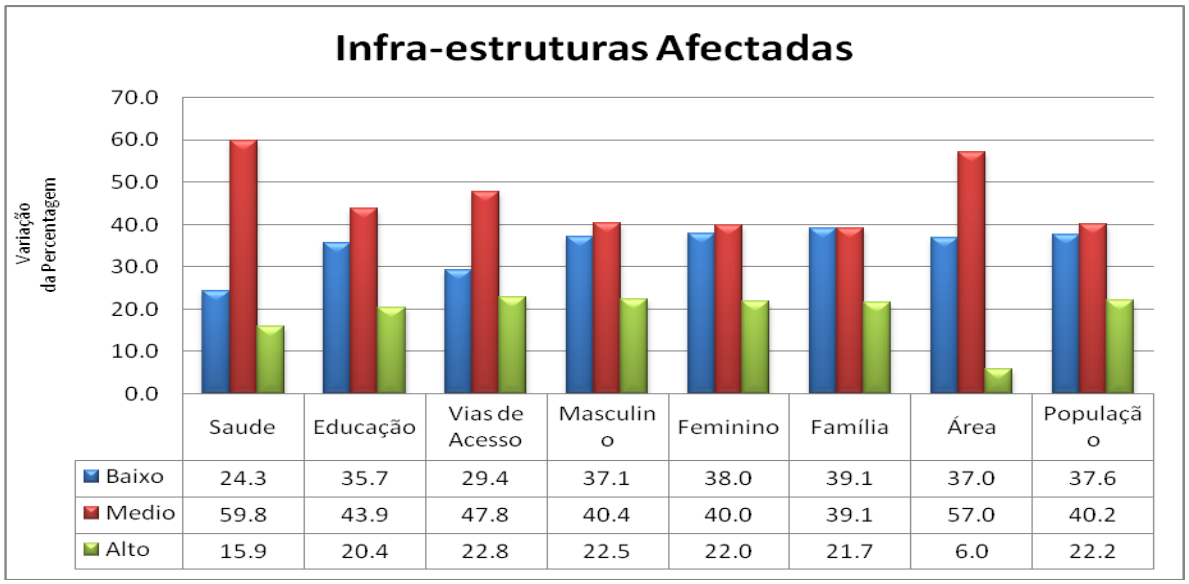
**Variáveis em Conjunto**

Analisando o gráfico (Fig.61), conclui-se que o nível alto em termos de proporcionalidade ocupa 6% da área de estudo, as outras variáveis, correspondentes ao nível alto, triplicam esse valor, a população afectada apresentando 22.2%, infra-estruturas com 15.9% para saúde, 20.4% para educação e 22.8% para as vias de acesso. Quase 1/4 da população reside na zona de risco alto. Esta situação ocorre devido a concentração da população em locais estratégicos, visto que esta região, é atravessada pela N1, possui extensas áreas para cultivo e pastorícia bem como melhores serviços de saúde, educação e administração pública.

Em termos de proporcionalidade, as variáveis afectadas pelo nível médio encontram-se em maior número, onde de variam do valor mais baixo de 39.1% correspondente ao número de família até ao valor mais alto de 59.8% das infra-estruturas de saúde. Esta situação, pode-se justificar pela área ocupada pelo nível médio que é de 57% do total da área de estudo, isto é, mais da metade. O nível baixo vem a seguir com valores que variam de 24.3% de infra-estruturas de saúde a 39.1% do número de famílias afectadas. Tratando-se de uma zona de risco alto próximo aos cursos de água, esta possui menor número de variáveis em risco, com o valor mais baixo a corresponder a área afectada de 6% e o mais alto a corresponder as vias de acesso com 22.8%. Isto justifica-se porque, a população dos países do terceiro mundo, com fraco desenvolvimento económico e de infra-estruturas, onde a base do desenvolvimento centra-se na agricultura, é atraída para as zonas mais férteis e por vezes susceptíveis às cheias, com espaço para a prática da actividade agrícola e pastoreio do gado. O baixo Limpopo é um local muito apetecível, daí essa enorme concentração da população em uma área bastante reduzida e muito sensível.

O nível alto abrange mais de 20% de todas as variáveis, com excepção das infra-estruturas de saúde com 15.9% e da área com 6%. Assim sendo, estamos perante mais de 20% de infra-estruturas em risco. Tendo em conta que, as cheias na bacia são bastante frequente, com uma média não superior a dez anos, há um risco enorme de prejuízos avultados. Por questões de optimização de recursos, a saúde, educação, administração pública e segurança. A alocação das infra-estruturas e serviços, obedece o critério da densidade, nesta ordem de ideia, elas

encontram-se em maior número nas áreas urbanas, e estas no caso da bacia do Limpopo, encontram-se nas áreas de alto risco.




| | Saude | Educação | Vias de Acesso | Masculino | Feminino | Família | Área | População |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Baixo | 24.3 | 35.7 | 29.4 | 37.1 | 38.0 | 39.1 | 37.0 | 37.6 |
| Medio | 59.8 | 43.9 | 47.8 | 40.4 | 40.0 | 39.1 | 57.0 | 40.2 |
| Alto | 15.9 | 20.4 | 22.8 | 22.5 | 22.0 | 21.7 | 6.0 | 22.2 |

Figura 61: Representação percentual de todas as variáveis em áreas de risco

**Dificuldades Enfrentadas**

As dificuldades enfrentadas na realização do trabalho, prendem-se com acesso aos dados, onde muitas vezes foi necessário recorrer a técnicos, e não às instituições, visto que há muita burocracia no seu acesso. Superada a primeira dificuldade, em seguida surgiu a falta de qualidade dos mesmos. Fazendo uma análise exploratória, observou-se que muitos encontravam-se incompletos, como no caso da precipitação onde algumas estações não possuem registos por longos anos, mas esta situação é facilmente compreensível visto que Moçambique passou por longos períodos de guerras (guerra de libertação e civil, esta última durante 16 anos).Outra dificuldade enfrentada prende-se com a falta de qualidade dos dados no modelo vectorial. A sua vectorização não respeitou as regras básicas, influenciando, consequentemente, os cálculos de áreas e cumprimento dos vectores.

## Capítulo VII - Conclusões

As conclusões deste trabalho foram elaboradas tendo em conta os objectivos traçados. Desta forma, de modo a identificar as áreas de risco de cheias, fez-se uso dos sistemas de informação geográfica. Existiam outras ferramentas, mas, para este trabalho, o propósito foi de usar os SIG. Tal como os sistemas de informação geográfica, havia várias metodologias mas optou-se pela escolha do método multicritério concretamente o método hierárquico analítico, visto que se adapta melhor à ferramenta em uso e aos tipos de dados.

Com a metodologia escolhida, e as bases de dados criadas, foi possível determinar as áreas de risco de cheias, onde foram definidos três níveis Baixo, Médio e Alto. Esta divisão seguiu o padrão de outros trabalhos havendo quem use quatro níveis. Para este trabalho optou-se por usar três níveis. Depois de obtidas cartas de perigo de cheias foram cruzadas com as variáveis, população, saúde, educação e vias de acesso. Deste modo obtiveram-se cartas de risco.

De modo a nos certificarmos da fiabilidade dos resultados fez-se o cruzamento das cartas com a mancha de cheia de 2013 e dados históricos dos caudais, bem como da precipitação, visto que este trabalho envolve muito a componente do operador. Desta forma, as ilações tiradas foram de que há que ter um certo cuidado em relação ao evento das cheias porque elas podem ser causadas tanto pela precipitação interna como pelas águas vinda a montante. Assim sendo, a análise dos caudais e da precipitação deve caminhar sempre junto, de modo que em caso de aumento do volume sejam accionadas medidas para a retirada das populações e seus haveres.

Como foi referido no capítulo da descrição geomorfológica, o relevo de Moçambique encontra-se em forma de escadaria, com montanhas, planaltos e planícies. Assim sendo, quando nos deslocamos de Oeste para Este há uma tendência de redução da altitude e aumento de planície, áreas com grande potencial para à prática de agricultura. Desta forma a população aproveita-se da existência de vastas planícies e abundância de água, bem como de terras férteis para a prática da agricultura.

Olhando para os dados obtidos, chega-se à conclusão que, as áreas de risco médio, encontram-se em maior número, a média da percentagem de todas as variáveis é de 46%, somando a média das áreas do risco alto a mesma sobe para 65%. A área ocupada pelo nível alto é de 6%, relativamente muito

baixa em termos percentuais, mas que é contrariado pelo valor das restantes variáveis correspondentes ao mesmo nível. A população apresenta 22.2%, vias de acesso 22.8%, educação 20.4% e por fim a saúde com 15.9%. As variáveis, consideradas mais importantes, (saúde e população) apresentam registos elevados, acompanhando a tendência das outras variáveis. Para as áreas de risco alto temos 22.2% de população afectada e 15.9% de infra-estruturas de saúde, somando com as áreas de risco médio, a população passa a ter 62.4% e a saúde fica com 75.7%. Devido a natureza do relevo da bacia, que caracteriza-se por ser pouco acidentada, em caso de receber grandes volumes de água, como foi o caso das cheias de 2013, o leito normal do rio transborda, e a onda de cheia galga as margens do rio deslocando-se por vários quilómetros. Ao longo do seu percurso provoca estragos avultados as infra-estruturas e em alguns casos perda de vidas humanas e de animais domésticos, com maior ênfase para o gado bovino.

Tendo em conta a realidade Moçambicana, esta situação é bastante preocupante, visto que as cheias na bacia do Limpopo, afectam locais estratégicos, os centros urbanos (Chókwè, Xai-Xai e Chibuto), local onde temos melhores serviços em toda província. Desta forma, a ocorrência de cheias dificulta o acesso a melhores serviços de saúde e educação, levando a redução do ritmo de desenvolvimento da província e da região. Visto que o baixo Limpopo possui o maior regadio do país, a sua paralisação leva a subida dos preços devido aos custos de importação de produtos alimentares, que na maior parte das vezes provêm do mercado sul-africano.

Em caso de ocorrência de cheias os danos são bastante avultados, porque o baixo Limpopo também é a capital provincial, centro de tomada de decisões, onde temos a cidade de Xai-Xai e municípios ao longo da bacia como são os casos de Chókwè e Chibuto. Para agravar a situação há registos de corte da estrada N1 que atravessa a região, como foi o caso das cheias de 2013, fazendo com que não houvesse comunicação terrestre entre o sul e o resto do país. Outras consequências são a paralisação total das actividades, visto que muitas infra-estruturas e serviços encontram-se na zona baixa da cidade de Xai-Xai.

A maior parte da população de Moçambique reside nas zonas rurais e a base do sustento da mesma é a agricultura. Esta é praticada em regime de sequeiro. Assim sendo, a agricultura em regra geral depende da precipitação. Como forma de colmatar o défice e a irregular queda da precipitação, a

população recorre às zonas mais baixas, junto aos rios e lagos, para o desenvolvimento das suas actividades (agricultura, pesca, lavar a roupa, recolha de materiais de construção, e outros). Devido à comodidade instalam as suas habitações nas imediações dos cursos de água. Em caso de ocorrência de uma subida do nível das águas, os bens das populações ficam completamente perdidos. Esta situação é recorrente, e sempre que as cheias acontecem levam todos haveres da população, as autoridades, juntamente com a população, retiram os bens das zonas e instalam-nas em áreas mais seguras. Após o fim das cheias as mesma áreas são ocupadas, tanto pela população como pelas autoridades locais, o que em certa parte desencoraja a população a fixar-se em locais mais seguros. Outro factor que leva a população a regressar às zonas de risco é porque que a agricultura depende muito das águas da chuva e às vezes a queda da precipitação é irregular. O facto de fixarem-se junto às margens dos rios possibilita que aproveitem a humidade sempre presente nos solos.

As cheias, em termos de suas consequências são bastantes prolongadas, visto que elas afectam a economia da região, que é baseada na agricultura, com os campos inundados e animais domésticos perdidos ou em situação débil em termos de saúde. A situação é agravada na medida que as águas levam muito tempo para infiltrar-se ou evaporar, levando à criação de pequenos charcos, local propicio para o desenvolvimento de insectos com maior destaque para o mosquito enófilos causador da malária. Outra situação preocupante, prende-se com o facto de que as fontes de água potável no meio rural são escassas. Assim sendo, a população recorre a água estagnada para o consumo, levando consigo o risco de contrair doenças diarreicas, bilharziose, ataques de animais bravios (crocodilos e hipopótamos, este último maior causa de morte em África).

Outro elemento que dificulta a retomada normal da vida das populações, é o facto de que os solos muitas vezes ficam impróprios para a prática da agricultura, onde, mesmo com a existência da humidade, as culturas não verificam grande desenvolvimento. A agravar esta situação está o facto de se aproximar a época da escassez das chuvas, que vai de Abril a Agosto. Desta forma a população sofre de cheia e de seca. Com a destruição dos celeiros e perca de animais, as alternativas de sobrevivência tornam-se escassas, e por isso muitos optam por buscar ajuda de familiares distantes, pela venda de estacas, carvão ou mesmo migração.

Como medidas para mitigar o efeito das cheias, temos a criação de bairros de reassentamento, mas estas iniciativas para assegurar a permanência da população junto às zonas mais elevadas não têm surtido muito sucesso, na medida que, embora alocadas num determinado espaço com infra-estruturas básicas como saúde, educação, vias de acesso e água, falta-lhes o bem básico que é o seu sustento, que no caso provêm da agricultura ou pesca. Neste sentido, a população abandona os bairros de reassentamento e volta a fixar-se nas áreas de risco. Outro factor que faz com que a população regresse as zonas de risco, está ligada às instalações das autoridades locais, administrativas e serviços em geral, que muitas vezes também têm as suas infra-estruturas nas zonas de risco, como são os casos das cidades de Chókwè, Xai-Xai e distrito de Guijá.

As zonas mas criticas da bacia do Limpopo são as localizadas no baixo Limpopo, principalmente, onde verifica-se maior aglomerados populacionais, no caso as áreas urbanas de Chókwè, Xai-Xai e Chibuto. Estas devido a sua importância, para o funcionamento da província em todas as vertentes, quer em termos de saúde, educação, administração, segurança e outros, há necessidade de aplicação de medidas de mitigação rápidas. Em termos de medidas estruturais intensivas, passariam por colocação de diques mais consistentes e melhorar a gestão do regadio de Chókwè. A edificação dos diques protegeria a região e a melhor gestão do regadio permitiria a redução do volume de água vinda a montante. Para as cidades de Xai-Xai e Chibuto as medidas de mitigação estruturais, passariam pela adaptação das infra-estruturas que encontram-se nas zonas baixas, tornando-as mais resistentes as cheias, no caso de pontes e edifícios. Para as pontes, a solução passa por receberem obras de manutenção periódicas, visto que por elas há grande volume de tráfego que liga o sul e o norte do país e quanto as edificações, a solução a curto prazo seria colocação de comportas residenciais e a longo prazo seria a retirada das infra-estruturas para zonas mais seguras.

Em relação ao conjunto da bacia, as medidas a serem tomadas seriam de âmbito estrutural e não estrutural. Tendo em conta que, as medidas estruturais intensivas são muito onerosas, a solução passaria por medidas estruturais extensivas. Adoptadas pela comunidade em geral, onde seriam promovidas campanhas de reflorestamento, abertura de canais para água encaminhar-se as planícies de inundação. As medidas não-estruturais, passariam pela educação, onde seriam incentivadas boa práticas de conservação da natureza, conhecimento do comportamento dos cursos de água,

principalmente na época chuvosa e implementação dos sistemas de aviso prévio, principalmente nas comunidades que localizam-se nas proximidades das áreas de risco alto.

**Limitações**

A limitação deste trabalho está nas metodologias disponíveis (custo-beneficio), na medida que todas as metodologias pesquisadas tinham uma certa margem de erro o que no fim tirava qualidade ao trabalho. Nesta ordem de ideia, a metodologia teve que ser ajustada de modo que todos factores tivessem o mesmo peso, contrariando a metodologia original que faz um escalonamento em termos de ordem de importância dos factores. A metodologia de análise de multicritério, em particular método hierárquico analítico, coloca muita ênfase no pesquisador. Essa situação pode levar a que o resultado final seja muito diferente da realidade. Assim sendo foi necessário obter outros dados para averiguar se os resultados aproximam-se da realidade. Para o caso deste trabalho, esta situação foi ultrapassada comparando o resultado final com as manchas das cheias do ano 2013 e usando também o histórico das precipitações e caudais. Assim, estas três ferramentas ajudaram a ajustar o resultado final à realidade da bacia.

**Recomendações**

Como forma de ultrapassar o ciclo vicioso das cheias, deve haver esforços a nível da região da SADC e a nível do governo central e local. Os esforços a nível da SADC passam pela maior e melhor utilização do SAP da Bacia do Limpopo, onde a informação deve fluir com a maior rapidez possível. Ao nível do governo central deve haver maior flexibilidade das acções, onde haja harmonização dos comandos do nível central para o nível local e vice-versa.

Apesar do SAP, e todas as medidas de prevenção serem únicas para o país, após construir o SIG e criar as cartas de perigo e risco de cheia, pode-se definir prioridades, hierarquizando zonas onde iram-se concentrar maiores esforços. Em termos de acções preventivas, para o caso da bacia do Limpopo, as zonas que merecem maior atenção são: as cidades de Chókwè e Xai-Xai, os postos administrativos de Lionde, Caniçado, Xilembene e Chaimite. Esta situação, justifica-se na medida que, mais de 20% das infra-estruturas da bacia encontram-se em zonas de risco alto, e se acrescentarmos as zonas de risco médio a percentagem sobe para 75.7% no caso das infra-estruturas de saúde, 64.3% para a educação, 70.6% para as vias de acesso e 62.4% para população afectada.

As cheias têm causas naturais e humanas, pelo que há necessidade de apetrechar melhor as instituições que trabalham directamente com esta matéria, no caso o INGC e o INAM, dotando-as de meios materiais e humanas, que por sua vez ira-se reflectir na melhoria dos serviços prestados, levando à redução de perdas de vidas humanas e bens materiais. Deve-se adoptar medidas estruturais e não-estruturais de acordo com as condições do país, ajustadas à realidade social e económica. De facto, muitas medidas que são aprovadas não têm tido aderência junto às comunidades, porque as mesmas não têm em conta o lado económico. Como exemplo temos os bairros de reassentamento, onde a população é realojada com condições básicas, como são os casos de habitação, escolas, igrejas e centros de saúde, mas a questão primordial é posta de lado que é o seu sustento, levando-as a regressarem para as áreas de risco, visto que estas possuem muita humidade, onde podem praticar agricultura e pesca. Mais uma vez, o SIG vai permitir identificar áreas com potencial para o assentamento da população, em função da proximidade a instalações fora da zona de perigo e com capacidade para acolher os refugiados. Também vai permitir identificar locais com aptidão para a agricultura, o que vai facilitar o reassentamento fora das zonas de risco.

Todas as infra-estruturas, localizadas em zonas de perigo elevado, devem ser consideradas como prioritárias em futuras acções de melhoria em termos de defesa contra as cheias. As mesmas, por estarem devidamente cartografadas, em caso de cheia elevada, serão as primeiras evacuadas, como são os casos das infra-estruturas localizadas na zona baixa da cidade de Xai-Xai e Chókwè.

Considerando que não se pode colocar a população num determinado local contra a sua vontade, em relação aos bairros de reassentamentos afastadas das zonas de risco e com pouco potencial agrícola, recomenda-se o uso de técnicas de agricultura de conservação e quanto às populações que ainda se mantenham nas áreas de risco a alternativa mais recomendável seria a construção de casas mais resistentes ou adaptadas para o evento das cheias.

Do mesmo modo, que temos áreas de risco de cheia elevado, também temos áreas de risco de cheia baixo, estas devem receber investimentos, que ajudem na fixação da população, onde terão infra-estruturas preparadas para o seu acolhimento, em caso de cheias das zonas de risco alto. As infra-estruturas dessas áreas deveram estar equipadas com alimentos, bens e equipamento de primeiros

socorros. As zonas mais aconselháveis para tal seriam: as aldeias próximas aos postos administrativos de Mazivila, Chissano, Chicumbane, Makuluane, Chongoene e Malehice. Estas na sua maioria, encontram-se a sul da bacia, o que em caso de corte da estrada N1, doentes em estado grave, podem ser transportados para as cidades de Maputo e Matola, onde receberam melhores cuidados médicos. Das mesmas cidades, viriam produtos básicos para o socorro as comunidades afectadas, visto que possuem um porto e aeroporto com grande capacidade de manuseamento de carga.

**Trabalho futuro**

Este trabalho tem como objectivo o desenvolvimento de uma metodologia para a identificação de áreas de risco de cheia. Nesta ordem de ideia, ao desenvolver-se esta metodologia, cria-se uma ferramenta capaz de auxiliar os técnicos das instituições locais, os tomadores de decisão e a comunidade académica. Como foi abordado no capítulo referente à revisão bibliográfica, os sistemas de informação geográfica podem ser aplicados em várias áreas do conhecimento. Esta metodologia, pelo seu carácter transversal, permite aplicação em variados sectores do conhecimento, tornando-se uma mais-valia para a solução dos problemas enfrentados pela sociedade.

Olhando para o aspecto particular, a metodologia desenvolvida, permitirá a elaboração de futuros trabalhos com uma base técnica e científica mais firme, visto que anteriormente os trabalhos eram executados sem respeitar alguns parâmetros.

**Referências Bibliográficas:**

Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (Moçambique). *Capacitação em Preparação Contra Desastres*, Relatório Final, Maputo.2005.

ALCÁNTARA-AYALA. I. *Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries*. Geomorphology, v. 47.2002.

ARAÚJO. I. M. G. *Estratégias de Mitigação do Risco de Cheia Aplicadas ao Estudo de Caso da Ribeira da Laje no Concelho de Oeiras*.2013. Dissertação de Mestrado em Arquitectura Paisagista, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências - Universidade do Porto, Porto.

ARONOFF. S. *Geographic information systems: a management perspective*. Canada Ottawa: WDL publications.1989.

ASHLEY. S. T. & ASHLEY. W. S. "*Flood Fatalities in the United States*." Journal of Applied Meteorology and Climatology.2008.

ASHTON. P.J. D. Love. H. Mahachi & P.H.G.M . Dirks. *An Overview of the Impact of Mining and Mineral Processing Operations on Water Resources and Water Quality in the Zambezi, Limpopo and Olifants Catchments in Southern Africa*. South Africa and Geology Department, University of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe.2001.

BANCO MUNDIAL. *Estratégia Nacional de Assistência para Recursos Hídricos em Moçambique*, Fazer a Água Actuar para o Crescimento Sustentável e a Redução de Pobreza, Banco Mundial.2007.

BARBOSA. F. A. R. *Medidas de Protecção e Controle de Inundações Urbanas na Bacia Do Rio Mamanguape/PB*.2006.Dissertação em Engenharia Urbana - Universidade Federal da Paraíba, Paraiba.

BRIGUENTI. E. C. *O Uso de Geoindicadores na Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas*.2005. Dissertação de Mestrado em Geografia, Instituto de Geociências - Universidade Estadual De Campinas. Campinas - São Paulo.

BRITO, R; FAMBA, S; MUNGUAMBE, P; IBRAIMO, N & JULAIA, C. Projecto. *Bacia do Limpopo*: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal - UEM, Maputo.2009.

BURROUGH. P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford, England, Claredon Press, 1987.

CHINODA. G., N. Matura, W. Moyce & R. Owen. *Baseline Report on the Geology of the Limpopo Basin Area, a contribution to the Challenge Program on Water and Food Project* "Integrated Water Resource Management for Improved Rural Livelihoods: Managing risk, mitigating drought and improving water productivity in the water scarce Limpopo Basin". Water Net Working Paper 7. Water Net, Harare.2009.

COWEN. D. J. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences***.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v.54,1988.

CÂMARA G & DE FREITAS. U. M. *Perspectivas em Sistemas de Informação Geográfica***,** Simpósio da SOBRACON e Simpósio sobre Quantificação em Geociências. Divisão de Processamento de Imagens – DPI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP, Brasil, 1995. Disponível em: http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/geoprocessamento_aplicado_ao_planejamento/docs/perspectivas%20em%20SIG.pdf. Acesso em: 24 fev. 2015.

Deutche Welle, Berlim.2013. Disponível em: http://www.dw.de/situa%C3%A7%C3%A3o-dif%C3%ADcil-das-v%C3%ADtimas-das-cheias-em-mo%C3%A7ambique/a-16564610. Acesso em: 02 de mar.20015.

De LIMA. L. M. M. *Mapeamento da Susceptibilidade à Inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso*.2010. Dissertação de Mestrado em Geografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DNA. *Monografia hidrográfica da bacia do rio Limpopo – Texto.* Ministério das Obras Públicas e Habitação. República de Moçambique.1996.

EASTMAN. J. R. *Idrisi Andes Help Contents*. Worcester, MA: Clark Labs University, 2006.

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF). *Programa Competir. Região Agrícola do Chókwè, Diagnóstico d*a Fileira Agrícola. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.2001.

FAO. Drought impact m*itigation and prevention in the Limpopo River Basin.*1998.

FAO.2004. *Wetland characterization and classification for sustainable agricultural*.

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF). *Programa Competir. Região Agrícola do Chókwè, Diagnóstico da Fileira Agrícola*. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.2001.

FEUERHAKE. E. *Aprender a Viver com as Cheias, Manual de Recomendações Para a Redução da Vulnerabilidade em Zonas de Ocupação Informal Susceptíveis a Inundação*, Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental, 2ª edição, Maputo.2004.

GONÇALVES. P. *A Delimitação de Perímetros de Inundação no Rio Leça – modelação hidráulica para duas áreas do concelho de Matosinhos*.2012.Disertacao de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território - Faculdade de letras, Universidade do Porto, Porto.

GONZÁLEZ, L, F. J., MASEDA, C, R. & LÓPEZ, A, C.J. *Los Usos del Suelo Analizados Mediante S.I.G*. In XIV Congresso Internacional de Engenharia Gráfica, Santander.2002.

GOODCHILD. M. F & KEMP. K. K. *NCGIA Core Curriculum in GIS*. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, University of California.1990.

GOODCHILD. M. PARKS. B & STEYART. L. *Environmental Modelling with GIS*. Oxford University Press.1993.

GUERRA. A. J. T. *O início do Processo Erosivo. in: Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botel*ho, R.G.M. (Orgs). Erosão e Conservação de Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil.2005.

HANLON. J. *Is Poverty Decreasing in Mozambique?* Documento apresentado na conferência inaugural do Instituto de Estudos Sociais e Económicos (IESE). Maputo, Moçambique.1996.

HERMELE. K. "*Contemporary Land Struggles on the Limpopo. A Case of Chókwè, Moçambique* 1950-1985." In: *Akut* Vol. 34.1986.

INGC. UEM & FEWS NET. *Atlas for Disaster Preparedness and Response in the Limpopo Basin. Mozambique* – Maputo.2003.

INGC, Instituto Nacional de Gestão de Calamidades, *Sistema de Aviso Prévio*, Manual de Prontidão, Maputo.2010.

INE, Instituto Nacional de Estatística. *Relatório sobre os Objectivos do Desenvolvimento do Milénio (Uma Avaliação Estatística).*2005.

LAZZAROTTO. D. R. *O que são geotecnologias*.2003.

LINS. M. P. P & FERREIRA.V. J. M. *Sistemas de Informação Geográfica no Estudo da Dinâmica do Escoamento Superficial de Áreas Urbana*: Aplicação na Bacia do Corrego do Gregório, São Carlos. SP.2002. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos - Universidade de São Paulo, São Paulo.

MACAUHUB, Macau, 2012. Disponível em: http://www.macauhub.com.mo/pt/2014/05/28/empresa-china-hennan-international-cooperation-conclui-obras-em-barragem-de-mocambique-em-novembro/. Acesso: 30 de mar.2015.

MANJATE. G. I. *Calamidades Naturais – Estratégias Para Prevenção, Mitigação e Gestão de Cheias 1977-2000: Estudo de Caso do Vale do Baixo Limpopo (Distrito de Xai-Xai).*2006. Dissertação de Licenciatura em História - Faculdade de letras e Ciências Sociais, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

Media Online, Maputo, 2013. Disponível em: http://noticias.mmo.co.mz/contacto. Acesso: 02 de mar.2015.

Moçambique, Governo da Província de Gaza, *Plano estratégico de Desenvolvimento da Província de Gaza*, Juntos Pelo Desenvolvimento de Gaza, Gaza.2006.

MOPH, Ministério das Obras Publicas e Habitação, *Politica de Água*, ago.2007.

MICOA, Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental, Direcção Nacional de Gestão Ambiental, *Avaliação da Vulnerabilidade As Mudanças Climáticas E Estratégias De Adaptação*, Maputo.2005.

MICOA, Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental, Direcção Nacional de Gestão Ambiental, *Estratégia e Plano de Acção de Género, Ambiente e Mudanças Climáticas*, Maputo.2010.

Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. *Levantamento dos regadios existentes no país*, Fase III – Zona Sul.2002.

NETO. A. L. C. *Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In:* Cunha, Sandra Baptista; Guerra, António José (Orgs). Geomorfologia: Exercícios Técnicos e Aplicações. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil,1996.

NEWITT. M. *A History of Mozambique*. Indiana: Indiana University, Press.1995.

OGURA. A & MACEDO. E. S. *Procesos y riesgosgeologicos*. In: II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental: notas de classes. Montevideu: UNESCO, 2002.

OLIVEIRA. G. G. *Modelos Para Previsão, Especialização e Análise das Áreas Inundáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Caí* .2010. Dissertação Mestrado em Sensoriamento Remoto - Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA. M. P. G. *Sistema Espacial de Apoio à Decisão: Modelos para análise do adensamento de actividades económicas no espaço urbano***.**1997. Dissertação de Mestrado e Sistemas de Informação Geográfica, Escola de Governo de Minas Gerais da Fundação João Pinheiro, Minas Gerais.

ONU - Organização das Nações Unidas (Moçambique). *Relatório Sobre as Lições Aprendidas Durante a Prontidão e Resposta as Emergências.*2013.

PAINHO. M. & Curvelo. P. *Definição do Campo da Ciência de Informação Geográfica.* E-book: Nova e-learning.2009.

PETERSON. G. *Respondendo às mudanças climáticas em Moçambique: Tema 5: Água*, Instituto Nacional de Gestão de Calamidades, Maputo.2012.

Público Comunicação Social, SA.Lisboa.2013. Disponível em: http://www.publico.pt/mundo/noticia/cheias-em-mocambique-mataram-pelo-menos-68-pessoas-1582372. Acesso em: 02 de mar.2015.

RAMOS. C. *Perigos Naturais Devidos a Causas Meteorológicas: O Caso das Cheias e Inundações***,** Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. 2013. Disponível em: http://revistas.ulusofona.pt/index.php/revistae-lp/article/download/3320/2443. Acesso em: 02 de mar.2015.

Rádio Difusão Portuguesa África, Lisboa.2013. Disponível em:http://www.rtp.pt/rdpafrica/?t=Numero-de-mortos-devido-as-cheias-em-Mocambique-sobe-para-91.rtp&article=984&visual=6&tm=10&headline=16. Acesso em: 02 de mar.2015.

REDDY. S. J. *Agroclimate of Mozambique as Relevant to dry. Land Agriculture. Serie Terra e Água do Instituto Nacional* de Investigação Agronómica, Comunicação nº47. Maputo - Moçambique.1986.

ROCHA. J. S. & CORREIA. F. N. - "*Defence from Floods and Flood plain Management in Middle-size Catchments", in Defence from Floods and Flood plain Management*, NATO ASI Series, Series E: Applied Sciences Vol.299, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Holanda.1994.

RÖHM. S. A. *O que é Sistemas de informações geográficas.* Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil.2003.

SARAIVA. M. G. *A defesa contra cheias e sua inserção no Ordenamento do Território. Área Metropolitana de Lisboa*, Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.1987.

SERRA. G. *Arcview 8.2. Imagem - Soluções de Inteligência Geográfica*: São José dos Campos, 2003.

SHELDON. K. E. *Pounders of Grain: A History of Women, Work and Politics in Mozambique.* Portsmouth: N.H.: Heinemann.2002.

SILVA. A. P. M. *Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, Utilizando SIG*.2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais.

SMITH. T.; MENON. S.; STAR. J & ESTES. J. *Requirements and principles for the implementation and construction of lage-scale geographic information systems.* International Journal of Geographical Information Systems, v.1, n.1, 1987.

Southern African Research and Documentation Centre (SARDC). *Limpopo River Basin Factsheet*, Harare, Zimbabwe.2002.

STAR. J & ESTES. J. *Geographic Information Systems: An Introduction.* New York, Prentice Hall, 1990.

TOUBER. L & Noort. L. F. *Avaliação de Terra Para Agricultura Regada Na Área do "Siremo" Vale Do Limpopo***,** Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Série Terra e Água, Maputo.n$^{0}$26.1985.

TUCCI. C E. M. & Bertoni. J. C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. 2003. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos 1a edição: 2003.

TUCCI. C. E. M. *Água no Meio Urbano,* Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Capítulo 14, Rio Grande do Sul, .1997.

TURNER. B. L; SKOLE. D. L; SANDERSON. S; FISCHER. G; FRESCO. L.O & LEEMANS. R. *Land-use and land-cover change. Science/Research Plan*. Stockholm and Geneva: IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7.1995.

UNDP. *Reducing Disaster Risk: a Challenge for Development*. New York.2004.

VANACKER. V. *et al. Linking hydrological, infinite slope stability and land use change models through GIS for assessing the impact of deforestation on slope stability in high Andean watersheds. Geomorphology*, v.52.2003.

WALLINGFORD*, Livro de Referencia de Estratégias Sustentáveis para Mitigar os Impactos das Cheias*.2000.