

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

SABIL DAMIÃO MANDALA

ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR EROÇÃO HÍDRICA
DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI NO
PLANALTO DE ANGÓNIA: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA
PARA MOÇAMBIQUE

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Luis Antonello

Rio Claro-SP

2016

551.302 Mandala, Sabil Damião
M271a Análise da degradação ambiental por erosão hídrica de solos na bacia hidrográfica do Rio Lifidzi no planalto de Angónia: contribuição metodológica para Moçambique / Sabil Damião Mandala. - Rio Claro, 2016
220 f. : il., figs., gráfs., forms., tabs., quadros, fots. + mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto
Coorientador: Sérgio Luis Antonello

1. Erosão. 2. Potencial natural de erosão. 3. Riscos de degradação ambiental. 4. Geoprocessamento. 5. Sensoriamento remoto. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

SABIL DAMIÃO MANDALA

ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR EROÇÃO HÍDRICA
DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI NO
PLANALTO DE ANGÓNIA: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA
PARA MOÇAMBIQUE

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Comissão Examinadora

PROF. TITULAR SERGIO DOS ANJOS FERREIRA PONTO –
ORIENTADOR
IGCE/UNESP/RIO CLARO (SP)

PROF. DR. GILBERTO JOSÉ GARCIA
IGCE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Profa. Dra. ANDREIA MEDINILHA PANCHER
IGCE / UNESP/RIO CLARO (SP)

Profa. Dra. MARISELMA FERREIRA ZAINÉ
UNIMEP/PIRACICABA (SP)

Prof. Dr. RUBENS HARDT
INSTITUTO DO CARSTE/BELO HORIZONTE (MG)

Rio Claro, SP, 28 de setembro de 2016.

RESULTADO: APROVADO

DEDICATÓRIA

Este trabalho de pesquisa para a conclusão do Doutorado em Geografia é uma dedicatória à minha mãe, Dona Emerência Efremo Mbemba Ndau Chumba e aos meus irmãos Martinho, Sandra, Crisse, Carolina, Nelson e Mandala.

HOMENAGEM

Este trabalho de pesquisa para a conclusão do Doutorado em Geografia é uma homenagem à memória do meu pai, Senhor Damião Justino Itimo Mandala, Técnico – cartografo e oficial do exército das Forças Populares de Libertação de Moçambique (FPLM) e aos meus avôs Senhor Efremo Mbemba Ndau Chumba e Dona Angélica Kayambize Phiri que muito contribuíram para minha forma de ser e estar com os outros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi materializado pela participação direta ou indireta, apoio e motivação de pessoas e instituições as quais devo carinho, respeito e gratidão. Agradeço a todos aqueles que participaram e acompanharam essa trajetória acadêmica, desde a minha preparação da vinda ao Brasil, a formação durante estes quatro anos até a conclusão do curso, em especial:

Aos meus orientadores Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto, Prof. Dr. Sérgio Luis Antonello e Profa. Dra. Lucimari Aparecida Franco Garcia Rossetti pelo carinho, segurança e notável competência na transmissão do conhecimento e orientação de pesquisas vai meu eterno respeito, admiração e gratidão por tudo o que me proporcionaram. Muito obrigado!

Aos Professores Dr. José Carlos Neves Epiphanyo e Dr. Antônio Roberto Formaggio, que me acompanharam durante a minha estadia no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – São Paulo, nunca abandonem esta vontade de querer sempre ajudar o próximo.

Ao Eng. Manuel F. G. Ferrão, ex-diretor Nacional do Centro de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA) e Presidente do Instituto Nacional do Mar e Fronteira em Moçambique, pelo seu incansável apoio na disponibilização do material cartográfico (mapas topográficos e imagens de satélites) do Planalto de Angónia.

Ao Prof. Doutor Rogério José Uthui, Magnífico Reitor da Universidade Pedagógica em Moçambique, pela autorização de continuação dos estudos ao nível de doutorado.

Ao Prof. Doutor Gustavo Sobrinho Dgedge, Diretor da Faculdade de Ciência da Terra e Ambiente da Universidade Pedagógica em Moçambique, por ter aprovado a minha saída para a formação.

Aos Professores da Faculdade de Ciência da Terra e Ambiente, pelo apoio da minha formação, em especial, aos estimados Professores Domingos Ferrão, Zacarias Alexandre Ombe, Stela Duarte, Ernesto Muheca e Apolinário Joaquim Malauene Nhamposse.

Ao Eng. Egídio Lucas Govate, pelo apoio demonstrado na busca de mapas geológicos da

Bacia Hidrográfica de Lifidzi, o meu muito obrigado.

Aos funcionários do CENACARTA Dras. Belmira Saize, Irondina Senete e Alfa Adamo, pela ajuda na identificação de fotografias aéreas e mapas topográficos da área de estudo, crucial para concretização da presente pesquisa.

Ao Eng. Ausvaldo Madjaia do IIAM, pela ajuda na identificação da carta de solos do Planalto de Angónia.

Aos funcionários das estações meteorológicas de Dedza, Jolomole e Ntcheu na República do Malawi, em particular aos Drs T. H. Banda, Xitcwa e a Senhora Msulara, por terem disponibilizados dados pluviométricos cruciais para a compreensão dos processos erosivos no Planalto de Angónia.

Ao Prof. Titular Gilberto José Garcia e Profa. Dra. Andréia Medinilha Panher (IGCE/UNESP), por participarem do exame geral de qualificação, oportunidade na qual, contribuíram, de forma significativa, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Rio Claro.

Aos colegas integrantes do Laboratório de GEOCARTO (IGCE/UNESP), em especial, ao Antônio Aparecido Couto Júnior.

Aos funcionários do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN/IGCE/UNESP), em especial, Ubirajara Gerardin Junior (o Bira), pela redação de ofícios de autorização para trabalhar no GEOCARTO durante os fins de semana, feriados municipais, estaduais, federais e religiosos.

Ao técnico Álvaro Francisco Ferreira Júnior, pelo apoio na área de informática.

Ao técnico Arnaldo Rosalem do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN/IGCE/UNESP), pela ajuda no desenho dos fluxogramas da pesquisa.

À técnica Magali Leme Falcão do GEOCARTO - Laboratório de Geotecnologias e Cartografia do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN/IGCE/UNESP), pelo apoio na digitalização de mapas.

À Profa. Dra. Maria Isabel Castreghini de Freitas, Supervisora do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA/IGCE/UNESP), Câmpus de Rio Claro por ter

autorizado o candidato a frequentar os seguintes laboratórios: Laboratório de Geotecnologias e Geodinâmica Ambiental com suporte técnico da Profa. Dra. Lucimari Aparecida Franco Garcia Rossetti; Núcleo Tecnológico para Pesquisa e Desenvolvimento, com suporte técnico do Sr. Dalton Varussa de Oliveira Lima e, finalmente, o Laboratório de Análises Meteorológicas e Climatologia Aplicada, com o suporte técnico do Sr. Carlo Burigo.

Agradeço aos meus colegas da turma e amigos Mestres Milton Correia, Carlitos Luís Siteio, Joaquim Notice e Ringo Benjamim Victor, Eng. Denis Mariano, Marcelo Teodoro, Dr. Angêlo Tivane, Dr. Castigo João Manhiça, pelos mapas geomorfológicos, Eng. Cláudio Fernandes de Assis, Eduardo Luabo, Meritíssimo Juiz do Tribunal Distrital de Angónia, por ter fornecido dados sobre o conflito de uso e ocupação da terra no Planalto de Angónia, Nelson Marcelino Tuvanji, Zacarias Tivane (Parasempre, o mano Zaca), Lews e Thalás.

A Idalina e à menina Stela Angélica, pela rápida resposta as minhas solicitações no contexto da elaboração da presente tese.

A Sua Excelência, Senhora Jacinta Rinze Zintambira Maseko, Rainha dos Angonis, à população do Planalto de Angónia, por participar ativamente na presente pesquisa, *Zikomo kwambiri Nguangua Maseko Ntana Kosi*.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil, Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG) - CNPq e ao Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique - Processo: 190828/2012-9.

À minha família, pela compressão e sacrifício consentido durante os meus estudos e na realização da presente tese, devo a minha profunda gratidão.

RESUMO

A degradação ambiental por erosão do solo é um dos maiores problemas ambientais globais que a humanidade enfrenta atualmente. A erosão de solo pode ser definida como o processo de desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, causada pela influência de agentes erosivos, ou seja, Sol, vento, escoamento superficial, sendo acelerada pelo Homem. Dentre atividades humanas que causam a erosão dos solos destacam-se: corte de árvores, queimadas, práticas inadequadas na agricultura, entre outras. Atualmente, os estudos de processos erosivos têm recebido contribuições das metodologias do Geoprocessamento e do sensoriamento remoto. Essas metodologias permitem identificar as áreas mais propensas à erosão, podendo assim, auxiliar na compreensão das causas da sua ocorrência. Estas técnicas contribuem também, na busca de alternativas de controle e recuperação dos locais degradados, avaliadas em função de suas potencialidades e limitações, com o propósito de determinar suas necessidades de manejo ou conservação e a sua tolerância às intervenções do homem. Dentro deste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo fundamental elaborar o mapa de Potencial Natural de Erosão (PNE) e de o mapa de Risco de Degradação Ambiental (RDA), na escala de 1: 250.000, da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, localizada no Planalto de Angónia, Província de Tete – República de Moçambique. Para o proposto foi utilizada a metodologia da análise ponderada dos parâmetros do meio natural e cultural da ocorrência dos processos erosivos da área de estudo. A escolha desta bacia hidrográfica como área de estudo da presente pesquisa decorreu das suas peculiaridades pedológicas e climáticas, a elevada densidade populacional e escassez de estudos desta natureza neste distrito. Os procedimentos metodológicos de tratamento das informações e de elaboração de mapas temáticos foram realizados utilizando-se os *softwares* de Sistema de Informações Geográficas, QGIS, Spring e ArcGIS. Neste sentido, associaram-se os dados do meio físico e socioeconômico no Sistema de Informações Geográficas (SIG's). Os componentes físicos da área de estudo foram inferidos utilizando-se dados de sensoriamento remoto (imagens Landsat 8) e material cartográfico (mapas topográficos 1: 50.000 e 1: 250.000), onde foram integradas as informações de trabalho de campo (observação de processos erosivos e formas de manejo do solo) e entrevista. Como resultado, foi possível realizar uma análise qualitativa e quantitativa da influência antrópica na suscetibilidade erosiva da bacia em estudo, que permitirão o estabelecimento de diretrizes e regras, que possam garantir a organização do espaço de forma equilibrada entre o homem e a exploração dos recursos naturais na bacia hidrográfica do Rio Lifidzi.

Palavras chave: Angónia, Potencial Natural de Erosão, Riscos de Degradação Ambiental, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Environmental degradation by soil erosion is a major global environmental problems that humanity faces today. Soil erosion can be defined as the process of disaggregation, transport and deposition of soil particles caused by the influence of erosive agents, ie, sun, wind, runoff, and can be accelerated man. Among human activities that cause soil erosion are: logging, fires, inadequate agriculture practices, among others. Currently, erosion studies have received contributions from the GIS and remote sensing methodologies. These methodologies allow us to identify the most prone areas to soil erosion and can help in understanding the causes of their occurrence. These techniques also contribute in the search for alternative control and recovery of degraded sites, evaluated according to their potential and limitations, in order to determine their management or conservation needs and your tolerance to human intervention. Within this context, this research aimed to develop the Potential Natural Erosion map (PNE) and the Environmental Degradation Risk map (RDA), at 1: 250,000 scale, in Lifidzi watershed, located in Angónia district, Tete Province - Republic of Mozambique. For the proposed methodology was used a weighted analysis of natural and cultural parameters of erosion occurrence in the study area. The choice of this watershed as study area of this research resulted from its soil and climatic peculiarities, the high population density and lack of this type of study in this district. The methodological procedures of information processing and preparation of thematic maps were made using geographic information system software as, QGIS, Spring and ArcGIS. In this sense, it was associated physical and socioeconomic environment data in Geographic Information System (GIS). The parameters of the study area were inferred using remote sensing data (Landsat 8 images) and cartographic materials (topographic maps of 1: 50,000 and 1: 250,000), which were integrated into the fieldwork information (erosion observation and soil management) and interview. As a result, it was possible to conduct a qualitative and quantitative analysis of anthropogenic influence on erosion susceptibility in study area that will allow the establishment of policies and rules, which can guarantee the balanced organization of space between man and natural resources exploitation in Lifidzi watershed.

Keywords: Angónia, Natural Potential Erosion, Environmental Degradation Risk, GIS, Remote Sensing.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – FORMAS DE IDENTIFICAÇÃO DA EROÇÃO DE SOLOS EM FOTOGRAFIAS AÉREAS ..	41
QUADRO 2 - CLASSE DE SUSCETIBILIDADE EROSIVA DE ZUIDAM (1986)	57
QUADRO 3 - CLASSIFICAÇÃO DE EROÇÃO LAMINAR DE ACORDO COM O SISTEMA SARCCUS (1981)	58
QUADRO 4 - CLASSIFICAÇÃO DA EROÇÃO DE RAVINAR DE ACORDO COM O SISTEMA SARCCUS (1981)	58
QUADRO 5 - CLASSIFICAÇÃO DA EROÇÃO EÓLICA ACORDO COM O SISTEMA SARCCUS (1981)	59
QUADRO 6 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS COMPLEXOS DE SOLOS	68
QUADRO 7 - FASES DE SOLO - DESIGNAÇÃO E CRITÉRIOS DE DIAGNÓSTICO	68
QUADRO 8 - SÍMBOLOS E DESIGNAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DE SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO	69
QUADRO 9 - RELAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS QUE RECOBREM A PLANALTO DE ANGÓNIA	119
QUADRO 10 - ROTINAS DE VERIFICAÇÃO DE REGRAS TOPOLÓGICAS	124
QUADRO 11 – CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA	134
QUADRO 12 - CLASSES DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL E PROTEÇÃO DO SOLO...	136
QUADRO 13 – CLASSES DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL E GRAU DE PROTEÇÃO DO SOLO	136
QUADRO 14 - OS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA EM FUNÇÃO DA SUA ERODIBILIDADE RELATIVA	140
QUADRO 15 - CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO CLASSES DO POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO (PNE).....	142

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FORMAS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS. -----	28
FIGURA 2 – MODELO EMPÍRICO PARA PERDA DE SOLOS - SLEMSA. -----	54
FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	61
FIGURA 4 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	64
FIGURA 5 - MAPA SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	70
FIGURA 6 - MAPA DE POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DO PLANALTO DE ANGÓNIA. -----	72
FIGURA 7 - GRÁFICO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ULÓNGUÈ, 1961 A 1984. -----	75
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BIOMA MIOMBO NA ÁFRICA AUSTRAL -----	79
FIGURA 9 – SRA. JACINTA MARCOS DAMA RINZE, <i>INKOSI YA MAKOSI</i> ZITAMBIRA IV. -----	86
FIGURA 10 - SUA EXCELÊNCIA PRESIDENTE DA REPÚBLICA COM A RAINHA ZITAMBIRA IV	87
FIGURA 11 – POPULAÇÃO NOS DISTRITOS DA PROVÍNCIA DE TETE – 2007. -----	89
FIGURA 12 – MATRIMÓNIO TRADICIONAL NO PLANALTO DE ANGÓNIA. -----	90
FIGURA 13 – ÁREA DISPONÍVEL PARA CULTIVO NOS DISTRITOS DA PROVÍNCIA DE TETE – 2014. -----	92
FIGURA 14 – PARÓQUIA MISSÃO SÃO FRANCISCO XAVIER DE LIFIDZI (<i>AKUTA ADZAUKA</i>). --	96
FIGURA 15 - BOVINO DO PLANATO DE ANGÓNIA. -----	102
FIGURA 16 – UTILIZAÇÃO DE TERRAS MARGINAIS. -----	105
FIGURA 17 – RAVINAS DEVIDO AO SOBREPASTOREIO. -----	110
FIGURA 18 – QUEIMADA EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO. -----	111
FIGURA 19 – GRÁFICO DE FOCOS DE QUEIMADA EM MOÇAMBIQUE EM 2013. -----	112
FIGURA 20 – MODELO EMPÍRICO PARA AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS. -----	117
FIGURA 21 – ETAPAS DO PROCEDIMENTO METODOLÓGICO. -----	120
FIGURA 22 - PLUVIOGRAMAS DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS DA ÁREA DE ESTUDO. -----	130
FIGURA 23 – PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS. -----	146
FIGURA 24 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	148
FIGURA 25 – MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	150
FIGURA 26 – RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	152
FIGURA 27 - MAPA DE ERODIBILIDADE RELATIVA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	158

FIGURA 28 – MAPA DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	159
FIGURA 29 - PROCESSO DE PREPARAÇÃO DO SOLO PARA SEMEITEIRA. -----	162
FIGURA 30 – CAMPO DE CULTIVO COM SOLOS COBERTO DE COLMOS DE MILHO. -----	164
FIGURA 31 - PLANTAS UTILIZADAS PELA POPULAÇÃO PARA CONSERVAR O SOLO. -----	166
FIGURA 32 – MAPA DO POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	169
FIGURA 33 - ÁREAS DE PNE MUITO BAIXO A BAIXO E SUA UTILIZAÇÃO. -----	171
FIGURA 34 - ÁREAS DE PNE MUITO BAIXO A BAIXO E SUA UTILIZAÇÃO. -----	172
FIGURA 35 - MAPA DE PRECIPITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	173
FIGURA 36 – MAPA DE RISCO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL (RDA) POR EROÇÃO HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIFIDZI. -----	174
FIGURA 37 – ACTIVIDADES QUE ACELERAM A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. -----	176

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSES DE SUSCETIBILIDADE A EROSÃO DE SOLOS -----	51
TABELA 2 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DA PROVÍNCIA DE TETE DE 1960 – 2007 -----	89
TABELA 3 – POPULAÇÃO DO PLANALTO DE ANGÓNIA, 2007 -----	92
TABELA 4 – DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO DISTRITO DE ANGÓNIA, 1980 A 2007 -----	93
TABELA 5 - EFETIVOS DE BOVINOS NO PLANALTO DE ANGÓNIA -----	101
TABELA 6 – PONTOS DE CONTROLE E SEU RESPECTIVO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO -----	122
TABELA 7 - PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO GEODÉSICA -----	125
TABELA 8 - RELAÇÃO ENTRE CLASSE DE DECLIVIDADE E A SUSCETIBILIDADE À EROSÃO ---	129
TABELA 9 - RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL E A INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA -----	132
TABELA 10 – PONDERAÇÃO DO PNE EM FUNÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE E TIPO DE SOLO -----	143
TABELA 11 – PONDERAÇÃO DO RDA EM FUNÇÃO DAS CLASSES DAS PNE E CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA -----	145
TABELA 12 - CLASSES DE HIPSOMETRIA -----	149
TABELA 13 – CLASSES DE DECLIVIDADE-----	150
TABELA 14 – RELEVO NA BACIA DO RIO LIFIDZI-----	151
TABELA 15 – ESCALA DE VULNERABILIDADE DAS ROCHAS DA BACIA DE LIFIDZI -----	155
TABELA 16 – OS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA EM FUNÇÃO DA SUA ERODIBILIDADE RELATIVA. -----	156
TABELA 17 – CLASSE DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL E GRAU DE PROTEÇÃO DO SOLO -----	160
TABELA 18 – POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO (PNE) NA BACIA DO RIO LIFIDZI -----	170
TABELA 19 – RISCO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR EROSÃO HÍDRICA NA BACIA DO RIO LIFIDZI-----	175
TABELA 20 – COMPARAÇÃO DE QUANTIDADE DE ÁREA DA BACIA SEGUNDO PNE E RDA--	175

LISTA DE EQUAÇÕES

- Eq. 1** Equação Universal de perda de solo
- Eq. 2** Equação da FAO de perda de solo
- Eq. 3** Equação energia cinética
- Eq. 4** Equação do modelo SLEMSA de perda de solo
- Eq. 5** Equação de Erro Tolerável
- Eq. 6** Equação de Intensidade Pluviométrica
- Eq. 7** Equação de INDVI

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção
DARN	Direção de Agronomia e Recursos Naturais
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAO	<i>Istituto Agronomico per l'Oltremare</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agronômica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LADA	<i>Land Degradation Assessment in Drylands project</i>
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
MESA	Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar
MICOA	Ministério de Coordenação de Ação Ambiental
MITADER	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
MSS	<i>Multispectral Scanner</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PDI	Processamento Digital de Imagens
PIXEL	<i>Picture and element</i>
PNE	Potencial Natural de Erosão
RDA	Risco de Degradação Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SLEMSA	<i>Soil Loss Estimation for Southern Africa</i>
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TIN	<i>Triangular Irregular Network</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
USLE	<i>Universal Soil Loss Equation</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS 84	<i>World Geodetic System 84</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 Degradação dos Solos	26
2.1.1 Degradação Física dos Solos	29
2.1.1.1 Compactação e endurecimento	29
2.1.1.2 Desertificação	30
2.1.1.3 Erosão dos solos e sedimentação	31
2.1.1.3.1 Erosão por impactos das gotas da chuva	33
2.1.1.3.2 Erosão laminar	33
2.1.1.3.3 Erosão em sulcos	34
2.1.1.3.4 Erosão ravinar	35
2.1.1.3.5 Erosão em Voçoroca	36
2.1.2 Degradação Química dos Solos	36
2.1.2.1 Acidificação e lixiviação de bases de troca	37
2.1.2.2 Salinização	38
2.1.3 Degradação Biológica dos Solos	39
2.2 Alguns métodos de avaliação da erosão de solos utilizando Sensoriamento Remoto	40
2.2.1 Métodos de avaliação da erosão de solos	40
2.2.1.1 Observação e medições no campo	40
2.2.1.2 Interpretação de fotografias aéreas	40
2.2.1.3 Intepretação das imagens de satélite	42
2.2.2 Métodos de previsão de processos erosivos do solo	43
2.2.2.1 Equação Universal de Perda de Solo (USLE)	46
2.2.2.2 Metodologia da FAO para Mapeamento da Erosão	50
2.2.2.4 Método de Unidade de Terrenos – ITC	55
3. A ÁREA DE ESTUDO	60
3.1 Caracterização da área de estudo	60
3.1.1 Geologia	62
3.1.2 Solos	65
3.1.3 Clima	71
3.1.4 Vegetação	75
3.1.5 Vida Selvagem: animais e pássaros	82

3.2 Breve histórico da ocupação do Planalto de Angónia -----	83
3.3 Distribuição geográfica da população na Província de Tete-----	88
3.4 Caça, pesca e coleta -----	97
3.5 Pecuária -----	100
3.6 Problemas de uso da terra -----	103
3.6.1 Necessidade de reflorestamento -----	103
3.6.2 Utilização de terras marginais -----	104
3.6.3 O problema da atividade agrícola -----	105
3.6.4 O problema do sobrepastoreiro -----	109
3.6.5 O problema das queimadas descontroladas -----	110
4 ABORDAGEM METODOLÓGICA -----	114
4.1 Materiais -----	118
4.2 Procedimentos Metodológicos -----	120
4.3 Levantamento bibliográfico -----	121
4.4 Levantamento de materiais cartográficos e produtos de Sensoriamento Remoto -----	121
4.5. Elaboração da Base Cartográfica -----	121
4.6 Elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade -----	125
4.7 Índices de precipitação -----	129
4.8 Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra -----	133
4.9 Elaboração do mapa de classes de erodibilidade relativa de solos -----	139
4.10 Trabalhos de observação de campo-----	140
4.10 Integração de dados no modelo empírico -----	141
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES -----	146
5.1 Produtos temáticos para entrada de dados no modelo empírico -----	146
5.2. Mapa de declividade -----	149
5.3 Vulnerabilidade das unidades litológicas -----	155
5.4 Vulnerabilidade dos solos -----	156
5.5 Uso da terra e cobertura vegetal -----	158
5.6 Algumas práticas do manejo do solo constatadas durante o trabalho de campo -----	160
5.7 Avaliação do Potencial Natural de Erosão (PNE) e Riscos de Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica-----	167

CONCLUSÕES -----	177
RECOMENDAÇÕES-----	179
REFERÊNCIAS -----	180
APÊNDICE A - LEGENDA DO MAPA DE SOLOS DE MOÇAMBIQUE, ESCALA 1: 1. 000.000 ---	194
APÊNDIC B – RELAÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO PLANALTO DE ANGÓNIA ----	196
APÊNDICE C – RELAÇÃO DE ANIMAIS SELVAGENS DO PLANALTO DE ANGÓNIA -----	197
APÊNDICE D – ÁRVORES RECOMENDADAS PARA PLANTIO NO PLANALTO DE ANGÓNIA--	203
APÊNDICE E - GLOSSÁRIO DE PLANTAS CULTIVADAS NO PLANALTO DE ANGÓNIA-----	205
APÊNDICE F - BREVE HISTORIAL DO MAPEAMENTO DE SOLOS EM MOÇAMBIQUE -----	208
APÊNDICE G – RELAÇÃO DE PESSOAS ENTREVISTADAS NO PLANALTO DE ANGÓNIA ----	216
APÊNDICE H - IMAGEM FUSÃO 456 DE LANDSAT 8 -----	217

1 INTRODUÇÃO

Ao nível da República de Moçambique, há vários instrumentos, na forma de políticas e quadros legais, que propiciam um ambiente para desenvolver trabalhos de pesquisas nas áreas de defesa e conservação de solos para as comunidades locais. Destes instrumentos, pode-se destacar a Constituição de 2004, a terceira na história de Moçambique independente¹, a qual constitui um marco importante na proteção e valorização dos recursos naturais incluindo os solos que são objetos de pesquisa deste trabalho. Há também a Política Nacional de Terras aprovada pela Resolução n° 10/95, de 17 de Outubro, que refere que a terra é um dos principais recursos naturais de que o país dispõe, por isso, deve ser valorizada; o Plano estratégico do Setor do Ambiente, 2005 – 2015², que foi a base para a elaboração de planos específicos; o Plano de Ação Nacional de Combate à Seca e Desertificação que resulta da ratificação da Convenção das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação nos países afetados pela seca e ou desertificação, particularmente na África, através da Resolução n° 20/96, de 26 de Novembro, da Assembleia da República de Moçambique, em que se reconhece que a degradação do solo tem consequências diretas sobre as famílias que vivem na zona rural a economia de Moçambique, uma vez que as secas sistemáticas conduzem a uma baixa produção de alimentos básicos; o Plano de Ação para a Prevenção e Controle das Queimadas Descontroladas (2008 - 2018), que foi aprovado na 32ª Seção do Conselho de Ministros, de 04 de Dezembro de 2007, estabelecendo um instrumento visando o controle das queimadas descontroladas considerando a preservação dos recursos naturais para as necessidades atuais e para as gerações vindouras.

Também, constitui o resultado da participação de Moçambique na Conferência das

¹ A República de Moçambique tornou-se independente de Portugal a 25 de junho de 1975.

² O Plano Estratégico do Sector do Ambiente (2005 - 2015) é um documento produzido pelo Ministério de Coordenação da Ação Ambiental com um alcance de 10 anos em que estão previstas ações específicas para a recuperação e mapeamento de áreas que apresentam problemas de degradação ambiental provocados pela erosão hídrica de solos, como a degradação de terras provocadas pelas queimadas descontroladas (MICOA, 2004). Neste documento, no período de 2005 a 2010, constitui prioridade para o governo de Moçambique, a elaboração de mapas de potencial de erosão, de perda de fertilidade e de salinização dos solos ao nível do país, província e distrito, assim como ações ligadas à disseminação da informação produzida.

Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, da ratificação nacional de várias Convenções Internacionais, incluindo as que versam sobre Diversidade Biológica, Combate à Seca, bem como sobre o Comércio Internacional de espécies de Flora e Fauna ameaçadas de extinção.

O objetivo do referido plano é traçar diretrizes e planos de ações para prevenção e controle das queimadas descontroladas em Moçambique, de modo que se possa contribuir para proteção e conservação dos recursos naturais, com a finalidade de reverter à tendência atual das queimadas descontroladas; o Plano de Ação para a Prevenção e Controle da Erosão dos Solos (2008 - 2018)³, em que se reconhece que as atividades humanas, como corte de árvores, queimadas descontroladas, práticas inadequadas da agricultura, uso e aproveitamento de áreas propensas à erosão têm como consequências diretas a alteração e redução da biodiversidade, assoreamento de rios, lagos, represas e reservatórios de águas, perda da fertilidade dos solos, devido à remoção da camada superficial rica em nutrientes cruciais para o desenvolvimento das plantas, diminuição da capacidade de retenção da água no solo, entre outras consequências.

Neste contexto, o documento define ações prioritárias a curto, médio e longo prazos da seguinte forma: de 2008 a 2012 – restaurar as áreas erodidas em 20%; de 2012 a 2015 - restaurar as áreas erodidas em 15%; de 2015 a 2018, restaurar as áreas erodidas em 10%. As atividades permanentes de 2008 a 2018 incluem atualização das áreas com problemas de degradação ambiental por erosão hídrica dos solos, investigação aplicada e integração das questões relacionadas com a erosão dos solos nos planos setoriais e na planificação nacional, provincial, distrital até ao posto administrativo. Em termos de responsabilidade institucional, compete ao Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural (MITADER)⁴, através da Direção Nacional do Ambiente, conceber e implementar projetos de redução da degradação de solos, controle às queimadas, erosão, desertificação e seca,

³ Plano de Ação para a Prevenção e Controle da Erosão dos Solos (2008 - 2018) foi aprovado na 32ª Seção do Conselho de Ministros, de 04 de dezembro de 2007, Maputo, 2007.

⁴ De acordo com Diploma Ministerial n.º 1/2016 aprova-se o Regulamento Interno do Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural (MITADER), que tem como objetivo dirigir, planejar, coordenar, controlar e assegurar a execução das políticas nos domínios de administração e gestão de Terra e Geomática, Floresta e Fauna, Ambiente, Áreas de Conservação e Desenvolvimento Rural. Salienta-se que boa parte destas atribuições estava a cargo do extinto Ministério de Coordenação de Ação Ambiental (MICOA), criado no primeiro governo multipartidário em 1994.

adaptação e mitigação às mudanças climáticas, recuperação das áreas contaminadas, ecossistemas sensíveis, gestão de terras húmidas e educação ambiental.

A erosão do solo é um dos maiores problemas ambientais globais relacionados com a degradação de terras, com efeitos que ocorrem tanto no local quanto fora (LAL; STEWART, 1990; BELASRI; LAKHOULI, 2016; GUERRA, 2016). A erosão de solo é definida como o processo de separação, remoção, transporte e deposição de partículas de solo, causado pela influência do sol, chuva, vento e água, podendo ser acelerada pela atividade do homem. Dentre as várias atividades humanas, destacam-se o desmatamento, queimadas descontroladas, práticas inadequadas na agricultura, uso e aproveitamento de terras em áreas propensas à erosão de solos (PIMENTEL, 2006; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; PRUSKI, 2013).

Guerra (2016) comenta que cada uso específico da terra tem o seu próprio risco de erosão. A erosão do solo gera fortes impactos ambientais e custos econômicos elevados, devido aos seus efeitos sobre a produção agrícola, infraestrutura e qualidade da água (BREITZKE et al., 2013).

As implicações econômicas relacionadas ao resultado negativo do uso indevido e do processo da erosão do solo são mais graves nos países em desenvolvimento, por causa da falta de capacidade para lidar com problemas relacionados com a degradação de solos por erosão, e também pela perda de seus nutrientes. Esses países apresentam como principais fatores que aceleram a erosão de solo o elevado crescimento da população, o cultivo em encostas íngremes, o desmatamento indiscriminado e o pastoreio (PIMENTEL, 2006). Esses fatores provocam a utilização intensificada dos recursos naturais que se encontram sob forte pressão, bem como a expansão da utilização de terras identificadas como frágeis ou fortemente suscetíveis à erosão (IAO, 2008). Além disso, agravam a erosão e diminuem a capacidade produtiva das terras, resultando desta forma, num ciclo vicioso: a degradação de terras, o aumento da população e da pobreza (VOORTMAN et al., 2003, 2015; IAO, 2009).

No caso de Moçambique, a erosão é um dos problemas ambientais, que é agravado pelos elevados níveis de pobreza em que vive a maior parte da população rural e urbana do país (INE, 2011). O efeito combinado da falta de recursos financeiros e das necessidades básicas de sobrevivência leva à exploração ou à utilização indevida dos recursos

disponíveis, com implicações graves para o meio ambiente (MICOA, 2007). As experiências existentes de prevenção ou mitigação dos problemas relacionados à degradação de terra por erosão hídrica em Moçambique, mostram que as ações implementadas são, frequentemente, de carácter corretivo, sendo que medidas de prevenção são pouco aplicadas. Nestas intervenções é comum agir nos efeitos gerados pelo problema, porém, melhores resultados poderiam ser alcançados com intervenções na causa do problema (MICOA, 2007).

A gravidade da erosão do solo em Moçambique é resultado do cultivo em áreas de topografia montanhosa, das chuvas torrenciais, das queimadas descontroladas e da ocupação de terras com elevado grau de suscetibilidade erosiva e baixo grau de cobertura vegetal. De acordo com MICOA (2007), as principais causas da degradação de solos por erosão hídrica são as atividades antrópicas causadas pela pastagem descontrolada e por desmatamento ocasionado pela alta demanda por terras agrícolas e pela retirada de lenha para suprir as necessidades energéticas da crescente população.

Em Moçambique, a agricultura é predominantemente familiar, sendo a maioria de sequeiro com baixo uso de insumos agrícolas, gerando baixa produção de alimentos, a qual também é influenciada, de forma negativa, pelas queimadas descontroladas e pela erosão (MICOA, 2000; MICOA, 2007).

O setor agrário é considerado um dos pilares da economia moçambicana, sendo responsável por, aproximadamente, 31% do Produto Interno Bruto (PIB), de 2011. De uma forma geral, as atividades do setor primário (produção de culturas, pecuária e pesca) são as mais importantes da economia, empregando mais de 80% da população. Conforme INE (2011) e Manjate (2013), cerca de 70% da população vivem na área rural, por isso, é preciso ter um cuidado especial em relação à proteção e à conservação dos solos.

Salienta-se que a pesquisa apresentada nessa tese traz contribuições metodológicas para Moçambique, em especial para a área estudada, em termos socioambientais. A dificuldade de coleta de dados primários, por meio de documentos cartográficos, e de trabalhos de campo, se deve à contextualização político-social decorrente de questões como a guerra civil e a independência relativamente recente do país (ex-colônia portuguesa), ocorrida em 1975, com sequelas remanescentes. Se comparado com outros países no mundo, Moçambique apresenta escassos materiais cartográficos adequados, falta de dados

históricos geoambientais, bem como poucos trabalhos acadêmico-científicos que possam colaborar na aquisição de dados, análises e produção de resultados em meso-escala e semidetalhada. Além da quase ausência de dados, existe a necessidade de dominar a língua de comunicação local, *cheua*, que os camponeses do setor familiar utilizam. Isso é importante para a obtenção de dados e informações em trabalho de campo junto aos líderes comunitários e dos próprios camponeses, uma vez que Moçambique vive um clima de tensão político-militar e o domínio da língua local constitui a base para o estabelecimento de relações de confiança e, assim, facilitar o fluxo e troca de dados e ideias.

Neste contexto, essa pesquisa foi conduzida considerando as seguintes premissas:

- a) As técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento são úteis para caracterização, monitoramento dos aspectos ambientais de uma determinada área;
- b) Com o crescimento da população, as formas tradicionais da agricultura familiar de subsistência, com manejo primitivo, conduzem à diminuição da cobertura vegetal e à degradação dos solos por erosão hídrica.

A identificação do Potencial Natural de Erosão (PNE) pode ser um instrumento que permite fazer uma avaliação das áreas naturalmente suscetíveis à erosão hídrica, bem como, agilizar a realização de análises diagnósticas como suporte a tomadas de decisões pelos gestores públicos.

Tendo em vista as referidas premissas, o objetivo dessa tese foi analisar as áreas impactadas pela degradação dos solos por erosão, na bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, Planalto de Angónia, Moçambique, considerando as características naturais, ocupação das terras e práticas de manejo agrícola dos solos.

Esse estudo, com o enfoque sistêmico, é apoiado na análise e integração dos dados dos elementos naturais e culturais, com suporte nas técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Neste sentido, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar dados e caracterizar os aspectos físico-geográficos e socioeconômicos;
- Utilizar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no diagnóstico da erosão hídrica e seus impactos na área de estudo;

- Com base em características dos solos (erodibilidade) e declividade, indicar e analisar o Potencial Natural de Erosão (PNE);
- Analisar as condições de uso da terra e cobertura vegetal nativa e associar com as características de potencial natural de erosão, visando indicar classes de Risco de Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Degradação dos Solos

De acordo com Kohnke e Franzmeier (1995), um bom solo é aquele que está em equilíbrio com as características do meio natural em que se insere. Todo desvio ou desequilíbrios destas condições naturais resultam na degradação do solo. Por seu lado, toda forma de degradação do solo também degrada o ambiente e a sua volta. De acordo com Guerra e Marçal (2014), algumas formas de degradação de solos afetam outros ambientes, podendo ter um impacto global.

A degradação de solos é um dos grandes desafios atuais da humanidade. Embora o problema seja tão antigo como o surgimento da própria atividade agrícola, a amplitude e o impacto para o bem-estar dos seres humanos e do ambiente global são mais graves agora do que em qualquer outro período da História da Humanidade. Segundo os autores, a preocupação pela degradação dos solos deve-se a dois grandes fatores: a) diminuição da capacidade produtiva de qualquer ecossistema; b) interferência no clima global através da alteração no balanço da água e da energia, e no rompimento do ciclo de carbono, nitrogênio, enxofre, e outros elementos. Através dos seus impactos na produtividade agrícola e no meio ambiente, a degradação dos solos propicia instabilidade política e social, que contribui para aumentar as taxas de desmatamento, a intensificação de usos de terra pouco aptas e frágeis, aumentando, desta forma, o escoamento superficial e a erosão de solos, poluição dos corpos naturais de água e a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera (LAL; STEWART, 1990).

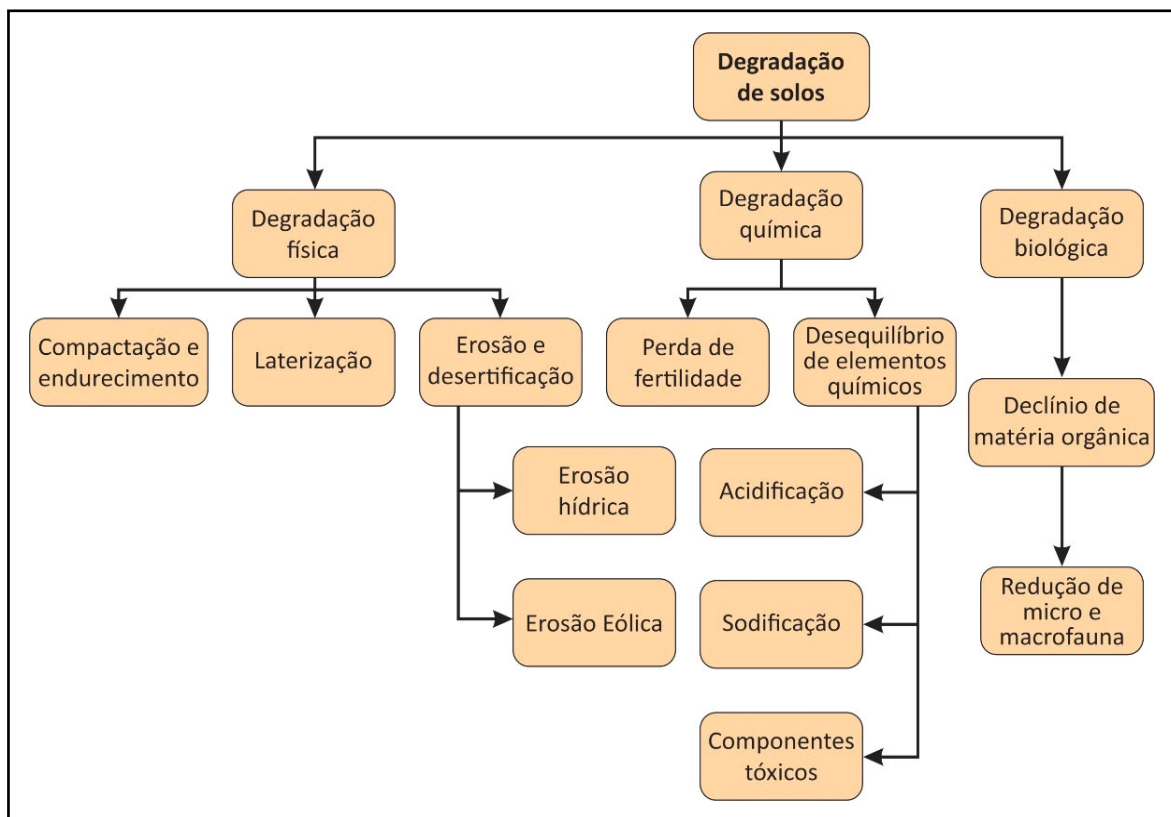
Segundo Tricart (1977), no contexto da degradação de solos por erosão hídrica em ambientes tropicais, a função principal da cobertura vegetal é dissipar a energia cinética das gotas da chuva antes de atingir os solos. Para uma cobertura vegetal que apresenta um estrato herbáceo contínuo, a dispersão da energia cinética é quase total, sendo muito importante para a infiltração da água.

De acordo com Pruski (2013), quanto mais protegido o solo estiver pela cobertura vegetal contra ação da chuva, menor será a ocorrência de erosão. Além de aumentar a quantidade da água interceptada, a vegetação amortece a energia de impacto das gotas da chuva, reduzindo, desta forma, a destruição dos agregados, a obstrução dos poros e o

selamento da superficial do solo. A cobertura vegetal na superfície do solo também reduz a velocidade do escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade hidráulica no seu processo. De acordo com Crepani et al. (2008), a infiltração diminui o escoamento superficial, e, conseqüentemente, a capacidade de erosão pela transformação da energia cinética do deflúvio. A participação da cobertura vegetal na caracterização da morfodinâmica da unidade da paisagem está, dentro deste contexto, diretamente ligada a sua capacidade de proteção do solo contra ações agressivas das gotas da chuva (CREPANI et al, 2008). A retirada da cobertura vegetal de um solo e conseqüente incidência direta da radiação solar sobre a superfície do solo pode ser responsável pela destruição da matéria orgânica e dos microrganismos em uma camada de aproximadamente 5 cm (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; KOHNKE; FRANZMEIER, 1995).

A degradação de solos é definida como “redução das qualidades do solo devido ao uso abusivo dos seres humanos” (LAL; STEWART, 1990). De acordo com LADA (2016), a degradação dos solos refere-se à redução da produtividade dos solos, devido à perda de nutrientes e da matéria orgânica, propriedades estruturais e à concentração dos elementos químicos tóxicos. Para Pruski (2013), a degradação de solos é a diminuição da capacidade corrente ou potencial dos solos para produzir, quantitativa e qualitativamente, bens e serviços ambientais como resultado de um ou mais processos degradativos. Enquanto a conservação de solos pode ser definida como o tratamento dos solos, de acordo com as suas necessidades e utilização compatível com o seu potencial atual e futuro (LANTIERI et al.,1990).

Os processos de degradação dos solos são mecanismos responsáveis pela diminuição da qualidade dos solos, resultante das atividades depletivas dos seres humanos ao seu ambiente natural. De forma geral, os mecanismos da degradação dos solos são classificados em três grupos principais: degradação física, química e biológica. De acordo com a LADA (2016), cada um destes grupos tem processos específicos que contribuem para a degradação de solos (Figura 1).

Figura 1 - Formas de degradação de solos.

Fonte: Adaptado de Lal e Stewart (1990); LADA (2016).

2.1.1 Degradação Física dos Solos

A degradação física dos solos refere-se ao empobrecimento das suas propriedades físicas, como porosidade, permeabilidade, densidade aparente, estabilidade estrutural, diminuição de trocas gasosas, diminuição de movimentação de nutrientes, diminuição das taxas de infiltração da água nos solos, aumento da erosão hídrica, dentre outras. Boa parte destes problemas é gerada pela compactação de solos ocasionada pelo uso de máquinas pesadas no ato de preparação do solo (LAL; STEWART, 1990). A degradação física inclui os seguintes processos:

2.1.1.1 Compactação e endurecimento

Compactação e endurecimento são a densificação dos solos causados pela diminuição ou eliminação da estrutura porosa dos solos. O aumento da densidade aparente dos solos pode ser causado pelos fatores naturais e culturais. O endurecimento ocorre em solos argilosos com pouca atividade da microfauna e com baixo conteúdo de matéria orgânica. Os solos propensos à compactação e ao endurecimento são susceptíveis ao aumento do escoamento superficial e conseqüentemente à erosão (LAL; STEWART, 1990). O processo de compactação ocorre, essencialmente, devido à destruição da estrutura do solo, que se refere à forma geométrica em que as partículas do solo estão agrupadas (areia, silte e argila) em unidades naturais chamadas agregados (*peds*) (SANTOS et al., 2013). Da mesma forma, os poros referem-se aos espaços vazios existentes nos solos que não são ocupados por partículas sólidas. Muitos processos no solo dependem da disponibilidade de água e de oxigênio. As raízes das plantas, microrganismos, insetos e todos os tipos de animais que podem ser encontrados nos solos necessitam da água e do ar que se movimenta através dos poros. Em solos com boa estrutura, as partículas se juntam para formar um agregado estável, o que resulta num sistema de poros através dos quais a água, ar e raízes das plantas podem se movimentar (KOHNE; FRANZMEIER, 1995). Os solos apresentam uma determinada estrutura antes de serem cultivados, porém, após o manejo podem ter estrutura alterada. As principais manifestações de alteração da estrutura de um solo são a compactação, impermeabilização e surgimento de uma crosta dura na sua

superfície (FERRÃO, 1992).

A compactação consiste na compressão das partículas do solo pelo peso das máquinas agrícolas no ato da preparação para a produção agrícola. Neste contexto, o horizonte superficial do solo é sujeito à compactação devido aos movimentos intensos das máquinas agrícolas. A compactação também ocorre no subsolo devido ao peso do equipamento agrícola e da pressão exercida pela alfaia para atingir certa profundidade. Os solos são mais propensos à compactação quando estão muito úmidos (LAL; STEWART, 1990), sendo assim, este processo pode ser minimizado pela redução do número de trilhas no solo ou pela diminuição de operações com os equipamentos agrícolas.

A impermeabilização ocorre devido ao forte impacto das gotas de água da chuva (*splash*) em solos expostos, as partículas dos solos são desagregadas e espalhadas preenchendo os poros dos solos, formando, assim, uma camada fina e compacta (DUARTE, 1992; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Ao se secar, essa camada, agora chamada de crosta, fica impermeável e muito dura, acarretando o aumento do escoamento superficial de novas chuvas (DUARTE, 1992). Outro problema gerado pela crosta refere-se à dificuldade da germinação das sementes na superfície do solo. A formação da crosta e do selamento dos poros podem ser minimizados, mantendo a superfície do solo coberto com restos das plantas cultivadas, para diminuir o impacto da chuva no solo. Outra recomendação é reduzir o número de manejo por ano (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995; DUARTE, 1992).

Uma das formas de degradação dos solos por compactação é a **Laterização** – laterita é uma camada dura e muito rica em elementos de ferro e alumínio. A laterização refere-se ao novo solo formado a partir desta camada dura com uma fertilidade muito baixa devido à excessiva erosão do solo pelas águas, mas também a laterização refere-se à exposição de uma camada com material plúntico.

2.1.1.2 Desertificação

De acordo com Ferrão (1992) e Kohnke e Franzmeier (1995), o termo desertificação se refere ao conjunto de processos físicos que ocorrem em áreas úmidas, que conduzem ao surgimento de grandes extensões de dunas de areias que cobrem as formações herbáceas. Atualmente, o processo de desertificação surge da complexa interação dos fatores naturais e

culturais. A desertificação é mais severa no norte da África, deserto do Sahara. Neste deserto, que não é homogêneo, existem pontos, oásis, onde a população permanece, porque existem recursos básicos de sobrevivência como, por exemplo, a água e terra arável, boa para produzir cereais. Estas áreas, normalmente, são densamente povoadas em relação aos recursos naturais, para satisfazer as necessidades básicas da população, porém, em anos úmidos a terra tem capacidade de produzir alimentos suficientes para suprir a população em tempos de escassez da chuva. Paralelamente à densidade populacional, existe também a cultura de criar os animais domésticos como cabra, ovelha, camelo e outros, que se alimentam de gramíneas e folhas dos arbustos que já sofrem com a seca para além de que a crescente população utiliza a pobre cobertura vegetal composta de arbustos dispersos para coletar lenha para cozinha e material de construção de habitações (LOURENÇO, 1992). Eventualmente, a cobertura vegetal morre e o solo não protegido é erodido por erosão hídrica ou eólica e, como resultado, a área passa a ser menos produtiva por unidade de superfície em relação aos anos anteriores. E o ciclo continua com as devidas consequências. A degradação do solo por desertificação nestas áreas resulta da conjugação das estiagens prolongadas, a elevada pressão exercida pela população e dos animais domésticos sobre a cobertura vegetal já degradada. Todos estes fatores juntos conduzem à desertificação (FERRÃO, 1992; LOURENÇO, 1992; KOHNKE, FRANZMEIER, 1995).

2.1.1.3 Erosão dos solos e sedimentação

A erosão da camada superficial do solo ao nível global por água e vento está a atingir situações alarmantes. Se a situação continuar, podem se formar condições similares aos desertos e o desaparecimento de áreas que, no passado foram produtivas, como consequência direta da erosão de solos por água e vento (LAL, 1988).

Existem dois tipos de erosão de solos: a erosão geológica ou natural e a erosão acelerada (FERRÃO, 1992). A erosão natural é causada por processos geológicos naturais e em condições ambientais naturais do clima, vegetação e sem intervenção humana. A erosão acelerada é muito mais rápida do que a erosão natural é uma consequência direta das atividades humanas mal planificadas no ambiente (PRUSKI, 2013).

Normalmente, os solos erodidos e depositados têm cerca de 2 a 5 vezes mais

conteúdo de matéria orgânica do que o solo original, o que causa consequências negativas no local onde é depositado e também no local onde foi erodido. De acordo com Guerra e Marçal (2014), os processos erosivos acelerados causam prejuízos ao ambiente e à sociedade, tanto no local onde ocorre o processo, como nas áreas de sedimentação dos materiais erodidos. Os efeitos negativos no local onde ocorre o processo erosivo incluem a diminuição da fertilidade do solo, que influencia, por sua vez, a disponibilidade de água para as plantas para o seu crescimento, entre outras. Os efeitos no local de deposição dos materiais erodidos incluem assoreamento dos cursos de água e lagos, barragens, enchente, contaminação dos corpos líquidos por agrotóxicos, entre outras.

A erosão dos solos pode ser hídrica, quando o principal agente é a água ou pode ser eólica, quando o principal agente é o vento. A erosão hídrica inclui nesta categoria processos como erosão por gotas da chuva (*splash*), erosão laminar (*sheet*), erosão em sulcos (*rill*), erosão ravinar ou voçoroca (*gull*), e deslocamento e escorregamento de massa de solos, movimentos de lama, entre outras.

Erosão eólica – inclui ambos os processos de remoção, transporte e deposição de partículas dos solos pela ação do vento e os processos abrasivos dos movimentos das partículas na medida em que são transportados.

De acordo com Lantieri et al. (1990), a erosão hídrica pode ser avaliada da seguinte forma: **i)** estado atual do fenômeno erosivo pode ser avaliado pela quantificação da densidade das ravina e voçorocas por unidade de superfície (m^2 ou km^2), superfície afetada pela erosão também por unidade de superfície (m^2 ou km^2) e a espessura do solo erodido (%) em relação ao perfil do solo não erodido. As taxas podem ser expressas em toneladas/ m^2 ou km^2 /ano. As taxas indicam o solo removido e depositado; **ii)** Risco de erosão ou suscetibilidade erosiva – este procedimento avalia a perda do solo potencial ou futuro, também pode ser expressa em toneladas/ m^2 ou km^2 /ano em função de condições ambientais específicas, utilizando os seguintes parâmetros: declividade, erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, uso e cobertura do solos e principais práticas no manejo do solo (LANTIERI et al.,1990). As marcas observáveis de erosão na superfície do solo variam muito em forma, tamanho e profundidade.

De acordo com Marques (1992), Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Pruski (2013), as classificações dos diferentes tipos de erosão são baseadas na natureza das marcas

deixadas na superfície do solo. Dentro deste contexto, podem-se distinguir os seguintes tipos de erosão hídrica:

2.1.1.3.1 Erosão por impactos das gotas da chuva

Os danos causados pelas gotas das chuvas que impactam o solo a altas velocidades constituem o primeiro passo para a erosão dos solos. As gotas quebram os grânulos e torrões dos solos, transformando-as em pequenas partículas, reduzindo a capacidade de infiltração dos solos. Conforme Bertoni e Lombardi Neto (2012), quando uma gota bate em solo úmido cria uma cratera, compactando a área por baixo do local do impacto, espalhando as partículas soltas para fora da cratera em forma de um círculo. Em áreas muito declivosas, durante uma chuva intensa, a força de uma grande quantidade de gotas de chuva batendo no solo de um campo de cultivo, resulta num apreciável movimento do solo. Assim, os efeitos deste tipo de erosão em solos não protegidos são consideráveis e reduzem a capacidade de infiltração dos solos aumentando o escoamento superficial (DUARTE, 1992; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

2.1.1.3.2 Erosão laminar

A erosão laminar é a forma de erosão que ocorre de maneira suave e aparentemente uniforme em toda superfície do terreno pela ação das enxurradas não concentradas (CARVALHO; DINIZ, 2011). O movimento da camada delegada do solo sobre toda uma área chama-se erosão laminar. Este tipo de erosão remove as partículas do solo, a matéria orgânica e os nutrientes solúveis, o que cria sérios problemas para a manutenção da fertilidade e produtividade dos solos (PRUSKI, 2013). Esta forma de erosão dificilmente é perceptível; entretanto em áreas de culturas perenes, em que os solos sejam susceptíveis à erosão, pode-se perceber após alguns anos, uma vez que as raízes das plantas ficam expostas ao ar livre, o que indica a espessura do solo removido. A erosão laminar, embora seja um dos mais comuns processos erosivos do solo, ele é muito difícil de ser identificada e avaliada nas condições gerais dos solos tropicais, em razão da pequena diferença morfológica entre os horizontes do perfil vertical dos solos tropicais.

Muitas vezes, os horizontes A e B não são significativamente diferentes, ficando, desta forma, difícil de fazer uma avaliação precisa da camada removida por erosão laminar. Um dos procedimentos para determinar, de forma aproximada, a espessura da camada erodida, é identificar um mesmo solo, mas que ainda tenha horizontes não erodidos. Se não encontrar, pode-se adotar uma profundidade hipotética de 20 cm e considerar como horizonte intacto (LEPSH et al.,1991).

A erosividade da água de escoamento superficial depende da sua velocidade, turbulência e natureza do material que transporta. A velocidade e o declive do terreno aumentam o volume do escoamento superficial. A turbulência do escoamento é ampliada quando a precipitação cai de forma intensa e a superfície de escoamento está concentrada em depressões. O desprendimento pela abrasão ocorre quando as partículas em trânsito nas enxurradas golpeiam ou arrastam outras partículas na superfície do solo, colocando-as em movimento. A quantidade do material transportado depende da capacidade de transporte das enxurradas que é influenciado pelo tamanho, densidade, e formas das partículas do solo e pelo efeito de retardamento da vegetação e de outras obstruções. Quando se formam pequenos sulcos naturais que nada têm a ver com os sulcos feitos artificialmente pelas máquinas agrícolas de mobilização do solo, a erosão passa a se chamar de erosão por sulcos (DUARTE, 1992; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

2.1.1.3.3 Erosão em sulcos

Sulco é um corte pouco profundo no solo, que surge com a concentração da água em locais específicos com a formação de canais (sulcos) (CARVALHO; DINIZ, 2011). Esse tipo de erosão resulta de pequenas irregularidades de declive do terreno, fazendo com que as enxurradas se concentrem em alguns pontos específicos, atinja volume e velocidade suficiente para formar riscos mais ou menos profundos. Na fase inicial, os sulcos podem ser desfeitos com operações normais de preparação dos solos e, por isso, a erosão em sulcos, muitas vezes, é encarada como erosão laminar (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995), mas, numa fase avançada, os sulcos impedem o trabalho das máquinas agrícolas. É a partir desta fase que o lavrador começa a prestar mais atenção ao problema, principalmente quando ocorre chuva intensa em terrenos de declividade acentuada. Não existe uma definição muito

clara para o limite entre a erosão laminar e a erosão em sulcos. Embora a erosão em sulcos seja mais perceptível que a erosão laminar, muitas vezes despercebida, embora crie incisões mais ou menos profundas na superfície do solo (LEPSCH et al., 1991).

2.1.1.3.4 Erosão ravinar

Erosão ravinar é o aprofundamento dos sulcos, podendo atingir vários metros de profundidade e de comprimento (CARVALHO; DINIZ, 2011). Este tipo de erosão ocorre quando grande concentração de enxurradas passa pelo mesmo sulco, causando a ampliação do mesmo, pelo aumento de deslocamento de grande quantidade de massas de solo, formando uma grande cavidade em extensão e profundidade. Este grande sulco passa a se chamar voçoroca e segundo a literatura, pode atingir centenas de metros de comprimento e centenas de metros de profundidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Neste tipo de erosão, os canais superficiais são erodidos, a ponto de não poderem ser mais aplanados pelos instrumentos de mobilização do solo. Este tipo de erosão surge devido à conjugação de fatores como quedas de água e escorregamentos e movimento de massas de solo.

Nas **quedas de água**, a água transportada pelos canais, é muitas vezes, descarregada em locais abruptos ou onde existe variação muito grande do declive. A água caindo para um local mais baixo aumenta seu poder erosivo, quando comparando com a mesma quantidade de água em local mais plano. As ravinas formadas nestes processos são muito profundas.

Em um **escorregamento e movimento de massas de solo** numa ravina atuam forças gravitacionais e de infiltração, que tendem a causar o movimento das massas do solo de um ponto mais alto para um ponto mais baixo. Estas forças induzem a um *stress* de cisalhamento na massa do solo, que pode conduzir ao deslizamento por dentro da ravina, caso o solo não tenha uma força de resistência suficiente. Este tipo de erosão é muito difícil de controlar, embora não seja impossível (DUARTE, 1992).

2.1.1.3.5 Erosão em Voçoroca

Erosão em Voçoroca é a última fase da erosão linear, mas, nesse estágio, com a participação ativa da água subterrânea (CARVALHO; DINIZ, 2011). Conforme Mauro (1989), e Carvalho e Diniz (2011), o termo voçoroca (ou boçoroca) tem a sua origem de uma das línguas indígena do Brasil, o tupi-guarani “ibi - çoroc” e significa “terra rasgada” ou “rasgão no solo” ou ainda “coisa rasgada”. Em muitos países, estas formas de relevo são reconhecidas pela população local por nomes variados como: no Brasil, buracão, grot, desbarrancado, boçoroca, soroca ou cavão; *barroca* em Portugal; *lavaka* em Madagascar; *donga* na África do Sul; *xingombolela* em *chewa* – Moçambique; *gully erosion* em países anglo-saxões.

O termo *gully*, de uma forma geral, é usado como sinônimo de ravina (MAURO, 1989). O que a distingue de outras formas de erosão é a existência de sulcos profundos e alongados de escoamento, concentrados e superficial, da água pluvial. Geralmente, apresenta um leque aluvial na sua parte terminal, como consequência da deposição dos sedimentos removidos e transportados nas partes mais altas da vertente. Paralelamente a estas características, Mauro (1989) considera, também, como característica das voçorocas, o afloramento do lençol freático com um comprimento que ultrapassa 1 km, e profundidade de 10 m a 20 m. Quando o entalhamento é muito profundo, invariavelmente o lençol freático aflora, iniciando-se o escoamento fluvial e, às vezes, ampliando o recuo lateral das paredes escarpadas (MAURO, 1989).

2.1.2 Degradação Química dos Solos

Degradação química – a perda de nutrientes é uma das grandes causas de degradação química dos solos. Adicionalmente, a excessiva lixiviação de cations em solos com baixa taxa de minerais argilosos, provoca a queda do pH do solo e a redução de saturação de bases de troca. Para além, disso, a degradação química dos solos é causada pela formação de elementos tóxicos para o crescimento das plantas (LOGAN, 1990). Nesta categoria incluem-se processos, como a lixiviação de bases de troca, acidificação, salinização, entre outros processos. A lixiviação de bases causa a diminuição do pH do solo

e redução de base de saturação.

A degradação química também é causada pelo desequilíbrio entre nutrientes presentes nos solos o que prejudica o crescimento normal de plantas como, por exemplo, o excesso de sais. Existem muitos fatores que conduzem à degradação química de solos. Como fatores naturais, pode-se destacar o clima, vegetação, material de origem, relevo e hidrografia; e fatores culturais, como população, uso e manejo da terra, implantação de infraestruturas de grande vulto em áreas sensíveis em termos ecológicos, vias de acessos, canais de irrigação, complexos industriais, desflorestamento, uso intensivo de terras para produção de grãos, uso excessivo e indiscriminado de agrotóxicos no solo, criação de animais para abate, entre outros. De acordo com Logan (1990), a degradação química dos solos está relacionada com as atividades antrópicas, devido às demandas do setor socioeconômico e o crescimento populacional. Na degradação química podem-se destacar a acidificação e lixiviação de bases de troca e salinização.

2.1.2.1 Acidificação e lixiviação de bases de troca

De acordo com Gupta e Abrol (1990), quando ocorre uma excessiva lixiviação do solo, cations solúveis, tais como sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), manganês (Mg^{2+}) e potássio (K^+) e alguns anions, como cloreto (Cl^-), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}), são os primeiros a serem lixiviados. Alguns destes ions não essenciais para o crescimento saudável das plantas. De acordo com estes autores, em ambientes úmidos, como nos trópicos, os cations são mantidos, devido à carga negativa dos minerais argilosos e da matéria orgânica. Eventualmente, alguns cations são substituídos por ions de hidrogênio (H^+), o que torna os solos mais ácidos.

Às vezes, a acidez dos solos é devida aos compostos de alumínio (e não do hidrogênio) que, em altas concentrações, são muito tóxicos para o crescimento da maioria das plantas (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995). Este processo de lixiviação é natural e está no contexto da formação do próprio solo. Mas, é acelerado, devido à ocorrência, em muitos locais, de chuvas ácidas (precipitação que se torna mais ácida, devido à presença na sua composição de ácido sulfúrico e nítrico que provêm das combustões inacabadas das chaminés e tubo de escape dos automotores).

O adubo contendo nitrogênio na sua composição também cria problemas relacionados com a acidificação dos solos. Nos campos de cultivos, a acidificação dos solos é contornada com adição da cal (CaCO_3) no solo e a perda de outros nutrientes é compensada, adicionando fertilizantes ao solo nas proporções corretas.

Algumas destas medidas corretivas do solo não produzem efeitos imediatos, de tal forma que baixa fertilidade e grande concentração de minerais de alumínio e ferro no subhorizonte criam uma camada dura chamada laterita (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995).

2.1.2.2 Salinização

A salinização é um processo inverso a lixiviação e consiste na acumulação de excesso de sais na camada superficial do solo (GUPTA; ABROL, 1990). Estes processos ocorrem em áreas muito quentes, visto que a intensa evaporação da água deixa sobre a camada superficiais dos solos uma camada com sais. Nesta categoria incluem-se processos como a sodificação e a salinização. Nas áreas áridas e semiáridas, não existem quedas pluviométricas suficientes para a remoção de sais (cations e anions solúveis) e como resultado são acumulados na camada superficial do solo. Além disso, em áreas áridas e semiáridas, os solos apresentam, naturalmente, taxa elevadas de sais e, em outras áreas, o problema da salinização dos solos é agravado devido às atividades humanas (LAL, 1990). Se os solos não são muito salinos, podem suportar determinadas espécies de plantas que toleram a presença de sais.

Grandes extensões de terras no mundo apresentam, especialmente em áreas áridas e semiáridas, água subterrânea com elevados valores de sais dissolvidos, mas, como muitas vezes, o lençol freático encontra-se distante da zona de raízes, de tal forma que o efeito dos sais não influencia no crescimento das plantas (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995). Segundo estes autores, os problemas surgem quando o lençol freático sobe e atinge a camada superficial do solo e a zona de raízes das plantas. Este fenômeno pode acontecer se as árvores forem cortadas ou serem substituídas por culturas anuais que consomem menos água.

Na Austrália, por exemplo, os eucaliptos nativos consomem grande quantidade de água, para manter as suas folhas sempre verdes durante todo ano. Neste continente, boa

parte destas árvores nativas foi substituída por culturas anuais, como por exemplo, o trigo, milho, a batata reno, entre outras, que consomem muito menos água que o eucalipto nativo. Dentro deste contexto, a água não utilizada, por gravitação, desce para os horizontes abaixo, fazendo com que a água salina possa aumentar de volume e subir até alcançar a zona das raízes das plantas. Em algumas destas áreas, este problema está a ser resolvido pelo povoamento da área com eucaliptos nativos para “bombear” a água salina para as suas folhas, uma vez que esta planta é tolerante aos sais no solo e desta forma, baixar o lençol freático da água salgada, para permitir o desenvolvimento normal das plantas (LAL, 1990; KOHNKE; FRANZMEIER, 1995).

2.1.3 Degradação Biológica dos Solos

Os microrganismos desempenham um papel muito importante nos solos, reciclando nutrientes, decompondo resíduos de plantas e animais e purificando os elementos tóxicos ao meio ambiente. Todos os fatores que reduzem as atividades destes microrganismos no solo contribuem para a degradação biológica (SIMS, 1990). A degradação biológica refere-se ao impedimento ou eliminação de um ou mais grupos de microrganismos nos solos que, muitas vezes, resulta na mudança dos processos biogeoquímicos e dos meios associados.

A reciclagem dos nutrientes pelos microrganismos permite a contínua produção de plantas e animais necessários para alimentação dos homens. Dependendo do balanço entre os fatores bióticos e abióticos que afetam os nutrientes, algumas transformações podem ocorrer, sendo benéficas ou maléficas para a saúde humana. A redução da matéria orgânica e da biomassa do carbono e a diminuição das atividades e da diversidade da fauna nos solos são algumas consequências da degradação biológica.

A degradação biológica é mais severa nos trópicos do que nas zonas temperadas, devido à elevada temperatura dos solos e do ar. A degradação biológica dos solos também pode ser causada pelo uso indiscriminado de agroquímicos e poluentes (LANTIERI et al., 1990).

2.2 Alguns métodos de avaliação da erosão de solos utilizando Sensoriamento Remoto

2.2.1 Métodos de avaliação da erosão de solos

2.2.1.1 Observação e medições no campo

De acordo com Evangelista (1987), este método foi largamente utilizado pela *Philippine Bureau of Soils*, nas suas investigações sobre a degradação de terras por erosão hídrica. Este método fornece dados mais precisos sobre o processo de erosão de certa parcela erodida. A amplitude de erosão é obtida pela comparação do perfil vertical de um solo erodido com o outro perfil vertical do mesmo solo, mas não erodido, sob mesmas condições topográficas. Neste método, cada ponto observado é assinalado no mapa topográfico, um símbolo composto pela classe de declividade e pela classe da erosão.

Lal (1988) apresenta outros métodos de observação da erosão de solos no campo, que incluem a medição das enxurradas e sedimentos de solos perdidos numa estação de observação experimental ou medição de sedimentos em suspensão num canal fluvial. Mas, é muito difícil aumentar o número de observações, para obter dados cada vez mais precisos, porque as observações diretas no campo são muito cansativas, desgastantes, levam muito tempo, não permitem uma visão de conjunto e dispendem altos recursos financeiros, principalmente, para áreas de difícil acesso (LAL, 1988; HUDSON, 1995).

2.2.1.2 Interpretação de fotografias aéreas

Os princípios metodológicos para o uso das fotografias aéreas para o mapeamento dos solos foram descritos pela FAO B n° 34 (1977). No contexto do mapeamento da erosão dos solos, utilizando as fotografias aéreas, é possível desenvolver as seguintes atividades: delimitação da unidade de terra cartografada, sua extensão e precisão dos limites da área afetada pela erosão. A realização destas atividades constitui algumas das vantagens da utilização das fotografias aéreas para o mapeamento da erosão de solos. Outra vantagem deste método é a necessidade de poucos pontos de observação no campo, diminuindo os custos do trabalho de mapeamento da erosão; rapidez no trabalho de campo, uma vez que

se visita apenas os pontos que se tem dúvida sobre a ocorrência do processo erosivo; produção do mapa final o mais preciso possível; e possibilidade de mapeamento da erosão em áreas de difícil acesso (LANTIERI et al.,1990).

As unidades de mapeamento de erosão são delimitadas nas fotografias aéreas, de acordo com tonalidade, textura, forma, tamanho e contexto. Em cada polígono extraem-se os seguintes parâmetros: frequência de ravinas, tipo de uso e cobertura da terra e declive. Na escala de 1:50 000, as ravinas podem ser identificadas pela presença de cores claras e o padrão linear em direção dos declives. As áreas afetadas pela erosão laminar, geralmente, apresentam uma tonalidade clara nas fotografias aéreas e estão localizadas nos topos das colinas e na meia encosta. Esta tonalidade é devida à exposição do subsolo, em contraste com as cores escuras das áreas não erodidas e com elevado grau da matéria orgânica. Em adição à escala, a data de aquisição das fotografias aéreas é um parâmetro muito importante, que afeta a qualidade e quantidade das informações a serem extraídas. Por exemplo, a erosão ravinar pode não ser observada se as fotografias aéreas forem tiradas depois da preparação de campos de cultivo. Por isso, as fotografias aéreas são uma ferramenta para avaliar as marcas de erosão não apenas de hoje, mas também do passado.

De acordo com Arnoldus (1974), existem dois critérios (Quadro 1) que devem ser tomados para a identificação e delimitação de feições erosivas dos solos em fotografias aéreas, levando-se em consideração que a cobertura vegetal não constitui um obstáculo para uma boa observação do fenômeno erosivo e a escala das fotos deve ser suficientemente grande para permitir a delimitação:

Quadro 1 – Formas de identificação da erosão de solos em fotografias aéreas.

Formas de Identificação de Processos Erosivos	Descrição
Detectabilidade	Processos detectáveis – bancos de areia, ravinas, sulcos, erosão laminar (solos erodidos); Processos inferidos através de outros fatos – erosão por gotas, erosão laminar, sulcos e erosão eólica.
Mensuração	Processos mensuráveis – bancos de erosão, erosão ravinar; Processos impossíveis de serem medidos – erosão por gotas, laminar, sulcos e eólica.

Fonte: Arnoldus (1974)

Para o mapeamento de processos erosivos com a utilização das fotografias aéreas, existem algumas limitações e algumas dificuldades para analisar a erosão laminar: Falta de visão de conjunto sobre o processo erosivo, excetuando quando se faz mosaico; Elevados custos para fazer este tipo de trabalho, uma vez que exige equipamento e pessoal qualificado e experiente.

2.2.1.3 Intepretação das imagens de satélite

Com o lançamento do Landsat I, em 1972, apareceram as primeiras imagens de satélites, que vão apresentar mais vantagem no mapeamento das feições erosivas em relação às fotografias aéreas: a visão sinótica, a cobertura repetitiva do mesmo ponto em cada 16 dias e imageamento multiespectral. No contexto do mapeamento das feições de erosão utilizando Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ e Lansat 8 OLI, podem ser utilizados para uma visão geral da área de estudo e delimitar as unidades de mapeamento com base no mapa geomorfológico, geológico e uso e cobertura da terra.

Em seguida, cada unidade de mapeamento é relacionada a um determinado grau de erosão e, para a sua avaliação final, deve ser realizado um trabalho de campo. Porém, estas imagens de satélites têm limitações no mapeamento de feições erosivas, mesmo com o melhoramento da resolução espacial de 30 m para 15 m que utiliza a banda 8 (pancromática): i) Baixa resolução espacial em relação às fotografias aéreas; ii) Falta de visão estereoscópica (visão tridimensional); iii) Problemas de aquisição das imagens devido à cobertura com nuvens. Mas, mesmo com estas limitações aqui apontadas, algumas feições erosivas podem ser identificadas nas imagens orbitais, utilizando a variação das tonalidades claras em áreas com pouca cobertura vegetal (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2008). Neste contexto, Lantieri et al. (1990) aconselham que a utilização dos dados orbitais para o mapeamento das feições erosivas deve ser combinada com outros tipos de fontes de informação. Caso os dados orbitais não sejam favoráveis para o mapeamento de feições erosivas em nível local, os dados orbitais são uma base muito importante para fazer a modelagem do risco de erosão, como será demonstrado no presente estudo.

2.2.2 Métodos de previsão de processos erosivos do solo

O método de mapeamento da suscetibilidade erosiva do solo é diferente do método direto de mapeamento das feições erosivas por meio de produtos de Sensoriamento Remoto, como referido anteriormente. O método de suscetibilidade erosiva do solo avalia o risco de erosão, perigo ou ainda o potencial da erosão ocorrer em termos de perda de solo por unidade de superfície e por ano em determinadas condições ambientais. Em termos práticos, a suscetibilidade erosiva, em determinados casos, não pode ser observada em trabalho de campo, como acontece nos métodos de mapeamento direto demonstrados anteriormente, mas pode ser avaliada em função de certas regras e modelos.

De acordo com Lal (1988), Lantieri et al. (1990) e Hudson (1995), a importância da modelagem da perda de solo é fornecer uma ferramenta de base científica para a identificação de parâmetros da ocorrência do fenômeno erosivo, para a previsão da ocorrência dos fenômenos, de modo a advertir as instituições relacionadas com gestão, planejamento e conservação dos solos.

Muitas vezes, a forma mais simples de estimar a perda de solo por ação dos processos físicos é estabelecer uma equação, gráfico, diagrama ou mesmo esquema, com base no conhecimento do proponente (HUDSON, 1995). Atualmente, este procedimento de estimar as taxas de perda de solos, com base em parâmetros previamente conhecidos, é realizado por modelagem e tende a ser complicado, de acordo com a quantidade de parâmetros envolvidos e conforme o computador que será utilizado para suportar estes processos matemáticos.

De acordo com Lal (1988), Hudson (1995), Merritt et al. (2003) e Amorim et al. (2013), podem se distinguir três tipos de modelos preditivos para a erosão de solos: modelos empíricos ou estatísticos, modelos conceituais e modelos baseados em processos físicos (HUDSON, 1995); (BREITZKE et al., 2013).

Modelos empíricos – dos três modelos apresentados, os modelos empíricos são os mais simples e se baseiam, principalmente, na análise das observações ou experiência e não em doutrinas de conhecimento ou teorias (HUDSON, 1995) e na tentativa de representar as respostas dos dados observados. Estes modelos permitem prever o que pode acontecer em certas circunstâncias, tomando em consideração a experiência do pesquisador. A

confiabilidade destes modelos depende do banco de dados que se tem à disposição e a experiência acumulada ao longo do tempo pelo pesquisador (LAL, 1988).

Os modelos empíricos podem ser uma aproximação de uma equação complexa de regressão múltipla. Nestes, modelos os dados de entrada são as variáveis independentes compostas por parâmetros físicos da ocorrência da erosão, e os dados de saída são as variáveis dependentes compostas por taxas de perda de solos por unidade de superfície e por ano. A base fundamental da construção dos modelos empíricos são as observações físicas no terreno ou no local de ocorrência do fato ou fenômeno a ser modelado. Como estes modelos são elaborados com base em dados específicos de locais físicos geográficos concretos, não se pode esperar que fossem válidos universalmente. O ideal seria que cada região, país ou grupo de países elaborasse um modelo preditivo que se adequasse às condições ambientais e ao banco de dados que possuem.

Alguns modelos empíricos regionais de previsão de perda de solos são: SLEMSA – *Soil Loss Estimation Model for Southern Africa*, desenvolvido no Zimbabwe, o EUROSEM – *European Soil Loss Erosion Model*, USLE - *Universal Soil Loss Equation*, RUSLE – *Revised Universal Soil Loss Equation*, INDESOSI – *An Erosion Estimation Model from Indonesia*, SCUAF – *Soil Changes Under Agroforestry*, entre outros (HUDSON, 1995).

Ainda, estes modelos podem ser classificados em duas categorias principais:

Modelos de fatores – neste tipo de modelos empíricos cada uma das variáveis é representada por um fator quantitativo e esses fatores são combinados ou multiplicados. Como exemplo é o modelo de Cook (1936), para estimar o escoamento superficial ou o modelo da *Universal Soil Loss Equation* para estimar a erosão de solos que será discutido na seção específica. **Modelos em caixa-preta** – elabora - se o modelo e alimenta-o com certos parâmetros escolhidos e registra as respostas ou resultados sem se preocupar em entender ou saber o que terá acontecido no interior da caixa-preta. Por causa desta característica, estes tipos de modelos também são conhecidos como modelos misteriosos. Estes modelos funcionam apenas a partir de um dos lados da equação, já que todos os parâmetros ou variáveis encontram-se em apenas em um dos lados, enquanto o resultado se encontra do lado oposto. O problema relacionado com estes modelos é não permitir a extração dos resultados para outros ambientes e que sempre precisam de um grande período para conseguir os dados da série histórica muito longa e quantidade suficiente (HUDSON,

1995; AMORIM et al., 2013). Este fato constitui um grande problema de aplicação destes modelos para países com poucos recursos ou que estão constantemente envolvidos em conflitos político-militares, como Moçambique, pois não se consegue uma série histórica completa devido à vandalização dos equipamentos de observação.

Modelos conceituais – estes tipos de modelos são baseados na representação de uma bacia hidrográfica com uma série de compartimentos. Estes modelos têm na sua estrutura mecanismos de transferência de escoamento e de sedimentos gerados para compartimentos subjacentes, representando caminhos de escoamento na bacia como uma série de compartimentos, cada um deles mostrando uma caracterização dinâmica do escoamento. Os modelos conceituais tendem a incluir uma descrição geral dos processos, sem exibir detalhes específicos da interação, o que exigiria informações mais detalhadas da bacia hidrográfica. Estes modelos ajudam a fornecer uma indicação dos efeitos qualitativos e quantitativos das mudanças no uso do solo, sem requerer uma grande quantidade de dados de entrada distribuídos espacialmente e temporalmente (HUDSON, 1995; MERRITT et al., 2003; AMORIM et al., 2013).

Modelos baseados em processos físicos – estes modelos, muitas vezes, também são designados “Modelos de Análise de componentes” (LAL, 1988). De uma maneira geral, estes modelos são capazes de explicar matematicamente todos os processos físicos separadamente e depois combinar os efeitos analisados de forma separada. Mas, devido ao elevado número de parâmetros (variáveis) que estes modelos apresentam e operações matemáticas em que estão envolvidas para a geração do escoamento e sedimentos numa bacia hidrográfica, estes modelos só podem ser aplicados em computadores muito poderosos em termos de capacidade de operações matemáticas (HUDSON, 1995; AMORIM et al., 2013).

Alguns exemplos destes modelos se destacam: EUROSEM – *European Soil Erosion Model*; CREAM – *Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*; ANSWERS – *Areal Non-point Source Watershed environment Response Simulation*; WEPP – *Water Erosion Prediction Project*; EPIC – *Erosion Productivity Impact Calculator*; THEPROM – *Theoretical Erosion Productivity Model* (LAL, 1988; HUDSON, 1995; MERRITT et al., 2003; AMORIM et al., 2013).

Devido a sua universalização, a seguir descrevem-se alguns modelos empíricos

muito utilizados em muitos países como, por exemplo, USLE - *Universal Soil Loss Equation*, Metodologia da FAO para mapeamento da erosão, SLEMSA – *Soil Loss Estimation Model for Southern Africa*, Método de unidade de terrenos do ITC, Método de Classificação suscetibilidade erosiva de Van Zuidam (1986) e o Método de Suscetibilidade Erosiva desenvolvido no presente estudo.

2.2.2.1 Equação Universal de Perda de Solo (USLE)

Um dos modelos de predição de erosão mais conhecidos e utilizados é a Equação Universal de Perdas de Solo USLE (PRUSKI, 2013). O desenvolvimento desta equação para determinar a perda de solos por erosão começou no Cinturão do Milho, no EUA, nos anos de 1940. A prática para evitar a perda de solos, a partir desta data até 1956, era conhecida por método de plantio em declives (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Esta equação foi desenvolvida na *National Runoff and Soil Loss Data Center*, criada em 1954, com cooperação com a Universidade de Purdue. A partir desta cooperação, projetos de pesquisa que contribuíram em 10.000 parcelas-padrão com 0,008 ha (3,5 metros de largura e 22,1 metros de comprimento) e 9% de declividade, com a finalidade de observar as chuvas e coletar de dados de perda de solos, que permitam ao centro de pesquisa fazer análises estatísticas (HUDSON, 1995). A partir de 1960 começou-se a fazer simulações de quedas pluviométricas, para preencher as lacunas que existiam nos dados necessários para fazer a avaliação da perda de solos no modelo (LAL, 1988).

Em 1978, W. H. Wischmeier e D. D. Smith e outros pesquisados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (EUA) (USDA), do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS), do Serviço de Conservação do Solo (SCS) e da Universidade de Purdue desenvolveram a equação que ficou mundialmente conhecida por Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (LAL, 1988; HUDSON, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; PRUSKI, 2013).

Esta equação foi utilizada, inicialmente, para prever a perda de solo em longo prazo em áreas cultivadas. Neste modelo, as variáveis que influenciam a perda de solos foram agrupadas em seis fatores e combinadas pela multiplicação para se obter os valores de previsão de perda de solos. Os valores dos seis fatores são obtidos através de tabelas e

gráficos publicados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América e Conservação de Solos.

A USLE é uma equação empírica utilizada para estimar a perda de solos por erosão com fins conservacionistas, avaliar por fatores, considerando os parâmetros de entrada como clima, solo, topografia uso e manejo do solo (PRUSKI, 2013). A equação universal de perda de solo é expressa pela seguinte fórmula:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (\text{Eq. 1})$$

A = corresponde à perda de solo calculada por unidade de área, (t/ha/ano), conforme os parâmetros de precipitação, planos de manejo e cultivo e práticas de controle de erosão;

R = é o fator de precipitação caracterizado pelo índice de erosão, provocado pelas chuvas, (MJ/ha.mm/ha);

K = é o fator de erodibilidade do solo, ou seja, a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 metros, t/ha (MJ/ha.mm/ha). Refere-se ao risco que determinado solo tem de se erodir, levando-se em consideração as propriedades inerentes de cada solo;

L = fator comprimento de declive é a relação de perdas de solo em um comprimento de declive qualquer com comprimento de rampa de 25 metros para o mesmo solo e grau de declive;

S = fator grau de declive: é o grau do declive em porcentagem. Relação entre perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

Os fatores L e S são combinados através de equação, para formar o fator topográfico (FT).

C = é o fator uso e manejo do solo que corresponde à relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado;

P = corresponde ao fator da prática conservacionista que é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática conservacionista e as perdas quando se planta no sentido do declive.

Cada fator foi introduzido ao modelo para representar processos críticos que podem afetar a perda de solo em determinada encosta. Os fatores R, K, L e S são dependentes das condições naturais e os fatores C e P são relacionados com a forma de ocupação e uso dos solos, portanto, são fatores antrópicos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; PRUSKI, 2013). Na sequência, são apresentados os fatores da Equação Universal de Perda de Solo (USLE):

Fator erosividade da chuva R – erosividade da chuva é representada por um índice numérico que expressa a sua capacidade, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção (PRUSKI, 2013). Este fator é avaliado em uma estação, a partir de uma série histórica de precipitação observada, para calcular a perda de solo em longo prazo. Para avaliar o fator R, cada precipitação é analisada separadamente. As chuvas são divididas em classes de intensidade e a sua respectiva energia cinética. Depois é multiplicado por um máximo de 30 minutos de chuva e o valor obtido chama-se índice EI 30 da referida precipitação. Para obter o fator R médio da estação, somam-se os EI 30 médios de cada ano da série histórica e depois realiza o procedimento de interpolação para produzir o mapa do fator R;

Fator erodibilidade do solo K – a erodibilidade expressa a resistência do solo à erosão hídrica, sendo dependente, entre outros fatores, dos atributos mineralógicos, químicos, morfológicos e físicos do solo. A erodibilidade é a suscetibilidade natural do solo à erosão. Por definição, K é a taxa de perdas de solos por unidade de superfície de um determinado tipo de solo específico, determinado a uma parcela-padrão de 22,1 metros e uma declividade uniforme de 9%, mas, sofrendo uma utilização normal de produção de grãos e legumes. O fator K pode ser determinado graficamente se a textura, percentagem da matéria orgânica, a estrutura do solo assim como a permeabilidade do solo for conhecida;

Fator comprimento e declividade da encosta (LS) – a intensidade da erosão pela hídrica, geralmente, é afetada tanto pelo comprimento em que se processa o escoamento superficial quanto pela declividade do terreno. O fator LS representa a relação entre perda de solo uma área com um declive e comprimento de encosta qualquer e as perdas ocorrem numa parcela unitária padrão de 22,2 metros de comprimento e 9% de declividade;

Fator uso e manejo do solo (C) – abrange a cobertura e práticas de manejo do solo. O fator C representa a taxa de perda de solo, mesmo com uso de certa prática de cultivo (cultivo e curvas de nível, terraceamento, entre outros);

Práticas conservacionistas (P) – é uma relação entre a intensidade de perda de solo com uma determinada prática conservacionista e aquela em que a cultura está plantada no sentido de declive.

Segundo Hudson (1995), Merritt et al. (2003), Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Amorim et al. (2013), algumas limitações podem ser apontadas para a Equação Universal de Perda de solo como:

- A USLE foi desenvolvida para as condições ambientais e culturais dos EUA e muitas experiências mostram que os resultados não são satisfatórios em condições tropicais;
- A correlação do índice EI 30 e perdas de solo altera em função das zonas climáticas. Particularmente, em zonas semiáridas, a correlação é muito baixa;
- A fórmula da declividade, que corresponde a 9%, ainda não foi testada com outra classe de declividade;
- A equação não prevê a perda de solos pelo derretimento da neve nem pelo vento.
- Para avaliação global da perda de solo foram encontradas muitas dificuldades para geração de diferentes parâmetros da equação como: Índice EI 30 - devido à escassez de estações meteorológica que tenham uma distribuição uniforme; O fator K -

devido à falta de dados sobre a distribuição das partículas do solo; O fator C, porque foi determinado numa estação experimental; O fator LS pode ser extraído automaticamente, utilizando qualquer SIG e MDE através da vetorização das curvas de nível.

2.2.2.2 Metodologia da FAO para Mapeamento da Erosão

O modelo da USLE permite estimar a perda média anual de solo provocada pela erosão laminar e em sulcos para as condições em que foram obtidos os valores de seus componentes. Esta equação foi desenvolvida para condições existentes nos Estados Unidos da América, onde existe um expressivo banco de dados da série histórica de chuvas disponível, o que facilita a sua ampla utilização (HUDSON, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; PRUSKI, 2013). Mas, para avaliação da perda de solos em nível continental ou global (escalas entre 1: 100.000 e 1: 1.000.000), a metodologia da FAO, desenvolvida em 1979, pode ser muito útil. Esta equação é, ao mesmo tempo, paramétrica e empírica (LANTIERI et al., 1990). A fórmula paramétrica desenvolvida pela FAO para a referida equação é a seguinte:

$$D = F(C * S * T * V * L * M) \quad (\text{Eq. 2})$$

D = Perda de solo (ton/ha/ano)

C = Fator de erosividade da chuva

S = Fator de erodibilidade do solo

T = Fator topográfico

V = Fator vegetação natural

L = Fator uso do solo

M = Manejo do solo

Nesta equação, as taxas de suscetibilidade a erosão de solos são obtidas pela multiplicação dos fatores. A lista de classe de suscetibilidade erosiva de solos pode ser vista

na Tabela1:

Tabela 1 - Classes de suscetibilidade a erosão de solos.

Classe de suscetibilidade erosiva	Perda de solos (ton/ha/ano)
Ausente – baixa	<10
Moderada	10 - 50
Alta	50 - 200
Muito alta	>200

Fonte: Lantieri et al. (1990)

Em termos teóricos, esta metodologia foi desenvolvida para trabalhar nas seguintes escala de análise de erosão de solos:

Nível global	1: 1.000.000 e menores
Nível regional	1: 100.000 a 1: 1.000.000
Nível de detalhe	1: 20.000 a 1: 100.000
Nível de muito detalhe	1: 20.000 e maiores

Na prática, esta metodologia apenas foi testada para avaliação da degradação de terra por erosão na África do Norte e no Médio Oriente (LANTIERI et al.,1990).

2.2.2.3 Modelo para avaliação de perdas de solos na África Austral (SLEMSA)

Os modelos de avaliação de perdas de solos por erosão hídrica utilizam expressões matemático-estatísticas, para representar relações entre fatores e processos que ocorrem na natureza. As principais variáveis independentes utilizadas para a elaboração da equação são: topografia, variáveis meteorológicas, propriedades dos solos (físicas, químicas e biológicas), e uso e cobertura da terra (IAO, 2008).

Existe um número muito elevado de modelos para a avaliação de perda de solos e um dos mais utilizados universalmente é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (BELASRI; LAKHOUILI, 2016). Uma extensa descrição e discussão pode ser encontrado no artigo de Merrit et al. (2003), no qual os autores comentam que a equação da USLE foi desenhada para estimar a perda de solos nas condições técnico-científicas do EUA, mas existe uma tendência de se utilizar em quase toda parte do mundo, porque os pesquisadores estão mais acostumados com esta ferramenta de avaliação de solos do que qualquer outro

modelo (HUDSON, 1995; IAO, 2009). Neste contexto, alguns pesquisadores procuraram modificar a equação da USLE, para adaptar às condições locais tais como a declividade, culturas tropicais, propriedades dos solos diferentes dos EUA (como, por exemplo, a matéria orgânica e porosidade).

Outras motivações que fizeram com que os pesquisadores modificassem os parâmetros da USLE são os fatores técnico-científicos locais mais simples em relação à aqueles fatores que podem ser encontrados nos EUA como, por exemplo, um banco de dados volumosos com séries históricas completas de observações dos parâmetros de que os modelos precisam para serem executados (BREETZKE et al., 2013). Neste contexto é que surge o Modelo para Avaliação de Perdas de Solos na África Austral (SLEMSA). A questão fundamental na criação do SLEMSA é adequar os parâmetros da USLE nas condições técnico-científicas da África Austral.

Como foi observada anteriormente, a equação da USLE foi desenhada para fazer previsão média anual de perdas de solos em longo prazo para condições de escoamento superficial, uso e manejo da terra e culturas específicas (HUDSON, 1995; IAO, 2008; IAO, 2009; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; PRUSKI, 2013). Entretanto, o fato da equação da USLE não dar resultados satisfatórios na previsão de estimativa de perda de solos no Zimbabwe (antiga Rodésia) fez com que uma equipa multidisciplinar, que trabalhava na avaliação de perda de solos liderados por Elwell, em 1977, desenvolvessem modelo para avaliação de perda de solos para os países da África Austral (HUDSON, 1995; IAO, 2008; BREETZKE et al., 2013). Assim, os pesquisadores adaptaram os parâmetros da equação da USLE para as condições ambientais da África Austral, em particular, para a República do Zimbabwe, com a finalidade de estimar a média de perda de solos nas terras cultivadas.

Muitos pesquisadores vêm utilizando esta equação em diferentes países da África Austral. Voortman e Spiers (1986) referem que o modelo SLEMSA apresenta uma boa correlação entre a energia cinética da chuva e a erosão de solos. Os autores também comentam que a perda de solos tem uma ligação estreita com a precipitação normal da chuva. Esta correção foi expressa pela equação 3:

$$E = 17.388 * P \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde,

E = energia cinética (J/m²)

P = precipitação anual (mm).

Estes pesquisadores utilizaram o modelo para determinar a erosividade das chuvas no Planalto de Angónia, Província de Tete, Moçambique, em 1986. Breetzke et al. (2013) apresentam uma descrição muito detalhada, para a determinação de outros parâmetros da equação com a utilização dos produtos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica. Por sua vez, Breetzke et al. (2013) fizeram um estudo comparativo entre o modelo da USLE e SLEMSA em Kazulu-Natal, República de África do Sul e também ficou claro que o modelo da SLEMSA apresenta melhores resultado que o modelo da USLE (BREETZKE et al., 2013).

O modelo da SLEMSA divide as condições ambientais de ocorrência da erosão hídrica em quatro principais fatores físicos: cobertura vegetal, clima, solo e topografia. De um modo geral, a equação do modelo de SLEMSA pode ser representada de forma esquemática utilizando a equação 4:

$$Z = K * C * X \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde,

Z = Média anual de perda de solos em ton./ha/ano

K = Fator erodibilidade do solo

C = Fator cobertura vegetal

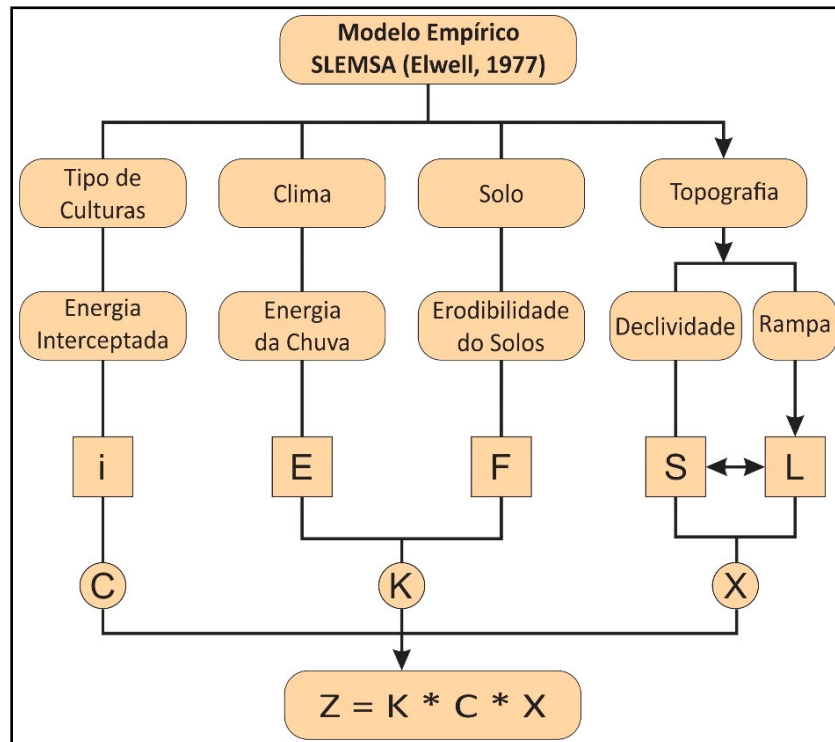
X = Fator topográfico

De acordo com as constatações de Hudson (1995), na prática, a equação da USLE pode ser expressa de outra forma pela seguinte fórmula: $A = R * K$, em que R e K constituem os principais fatores que alteram as taxas de C, L, S e P da equação da USLE.

Da mesma forma, a equação da SLEMSA também pode ser expressa pela seguinte

fórmula: $Z = K * C * X$ (combinação da erosividade da chuva (E) e erodibilidade do solo (F)), que, em conjunto modificam as taxas de C que provêm da cobertura vegetal e X que deriva de L e S (GENNARO; RADCLIFFE, 1981; HUDSON, 1995; SMITH, 1999), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Modelo Empírico para perda de solos - SLEMSA.



Fonte: Gennaro e Radcliffe (1981); Hudson (1995).

Algumas similaridades e diferenças podem ser apontadas entre estes dois modelos relativos à avaliação média e em longo prazo da perda de solos por unidade de superfície e por ano: i) ambos são modelos empíricos, com a finalidade de avaliar a perda de solos por erosão hídrica; ambos os modelos utilizam parâmetros do meio físico e fazem combinações mais ou menos complexas da cobertura vegetal, da energia cinética e da precipitação. Também, podem ser apresentadas diferenças entre estes modelos:

- O fator P da USLE não é levado muito em consideração, porque os efeitos locais das práticas conservacionistas podem ser estimados a partir dos fatores L ou S, considerando o sistema topográfico, ou ainda, através da erodibilidade F no sistema

solo;

- Outros parâmetros da SLEMSA são quantificados por métodos muito simples para a sua determinação e não requerem uma base de dados muito volumosa e com séries históricas completas, como acontece na equação da USLE;
- O fator R da USLE é substituído pelo o fator E da equação da SLEMSA e a quantificação de energia cinética total e anual de toda precipitação pode ser determinada também de forma simples e sem precisar de uma série histórica de chuvas completa, como acontece com o EI da equação da USLE;
- O fator C da equação da USLE é substituído pelo fator *C*, diferente na equação SLEMSA, é determinado pela densidade da cobertura vegetal quantificada no campo num intervalo de 10 dias, durante o período de crescimento da planta. O fator *C* é apresentado como a taxa média da perda de solos de uma parcela-padrão cultivada em relação à outra parcela com as mesmas dimensões, mas não tendo culturas;
- Além destas diferenças, a equação SLEMSA ainda pode ser adaptada para estimar a perda de solos em áreas muito acidentadas, fazendo um pequeno ajuste no submodelo ao substituir o *C* por *i*, realizado por Voortman e Spiers (1986), no Planalto de Angónia – Moçambique;
- O fator K da equação da USLE é substituído por F na equação SLEMSA, de acordo com a natureza do solo;
- O fator LS da equação da USLE é substituído por X na equação SLEMSA, calculado de forma similar, mas com uma equação diferente e muito simples do que na equação USLE (HUDSON, 1995; BREETZKE et al., 2013).

2.2.2.4 Método de Unidade de Terrenos – ITC

Outro exemplo de método de modelagem da suscetibilidade erosiva, a partir das fotografias aéreas, é o método de unidade de terrenos ou método fisiográfico. Este método desenvolve-se na Holanda, a partir dos trabalhos desenvolvidos no *International Institute of*

Aerial Survey and Earth Science, com vista ao planejamento urbano e regional, incluindo trabalhos regionais com multifinalidades para levantamentos sistemáticos do território e trabalhos regionais com finalidade específica para detalhamento de áreas de interesse.

O objetivo principal era caracterizar genericamente uma determinada área, para definir as zonas com características homogêneas, apresentando um zoneamento em termos de formas de terreno associado ao tipo de material inconsolidado presente na área em estudo (LOLLO, 1995).

Analisando a metodologia aplicada no trabalho de Lantieri et al. (1990), verifica-se que a área de estudo é dividida em áreas homogêneas nas fotografias aéreas, com base em princípios geomorfológicos. Assim, cada parâmetro da área homogênea é classificado e atribuído um valor e registrado em mapas topográficos.

Em seguida, a área homogênea é reclassificada de acordo com o seu grau de suscetibilidade erosiva, depois de se totalizar todos outros parâmetros da mesma área homogênea. Nota-se que este método de avaliação da erosão tem como base os diferentes fatores naturais e culturais extraídos por meio da análise das fotografias aéreas e trabalho de campo.

De acordo com IAO (2008, 2009), este método foi popularizado por Zuidam (1986) durante os seus trabalhos no referido instituto, e utilizou os seguintes parâmetros:

- **Declividade:** grau de inclinação do relevo, comprimento e forma;
- **Geologia/solo:** profundidade do material inconsolidado do solo, textura, selagem, a espessura da primeira camada impermeável;
- **Vegetação/uso da terra:** densidade da cobertura vegetal e manejo do solo;
- **Práticas de conservação;**
- Frequência de **precipitação** com características excepcionais;
- **Erosão:** frequência de ocorrência da erosão eólica, laminar, sulco e ravinar;
- **Movimentos de massa.**

De acordo com a metodologia de Zuidam (1986), os dados de campo têm sido a principal fonte de dados utilizada para o processo de avaliação da suscetibilidade erosiva.

Assim, para a confirmação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, as amostras devem ser analisadas em laboratório de solos (IAO, 2008). O Quadro 2 exhibe as classes de suscetibilidade erosiva de Zuidam (1986).

Quadro 2 - Classe de suscetibilidade erosiva de Zuidam (1986).

Classe de suscetibilidade erosiva	Chave de interpretação
Nenhuma	Nenhuma evidência de erosão, Horizonte A bem desenvolvido.
Leve	Horizonte A parcialmente erodido e presença de evidência de cultivo do horizonte subsequente
Moderado	Horizonte A muito fino e remoção de boa parte dos seus materiais.
Severo	Ausência do Horizonte A e a erosão atinge o horizonte abaixo do A.

Fonte: Lantieri et al. (1990); IAO (2008).

No contexto de adequação da metodologia de mapeamento das feições erosivas, da mesma forma que aconteceu com a equação USLE, que foi adaptada para as condições ambientais da África Austral com base no modelo SLEMSA, o método holandês de unidade de terra para o mapeamento de feições erosivas também foi adaptado para as condições da África Austral. Segundo Larsson e Stromquist (1993), os países da África Austral desenvolveram um sistema de mapeamento e classificação da erosão de solos como a erosão laminar, erosão por sulcos, barrancos e erosão fluvial, bem como, a erosão causada pelo vento e processos de declive, com base nas análises e interpretação das fotografias aéreas.

Este método foi aplicado com sucesso no Lesotho, Zimbabwe, África do Sul, Namíbia, entre outros. A seguir são apresentadas o Quadro 4 apresenta-se as tabelas de classificação do tipo de erosão e a sua gravidade.

Segundo Larsson e Stromquist (1993), os países da África Austral desenvolveram, em 1981, um sistema de mapeamento e classificação da erosão de solos, com base nas análises e interpretação das fotografias aéreas e imagens de satélites designado *Southern African Regional Commission for the Conservation and Utilisation of the Soil* (SARCCUS) que permite a identificação da erosão laminar; erosão por sulcos, erosão ravinar, erosão fluvial e erosão eólica. Este método foi aplicado com sucesso no Lesotho, Zimbabwe, África do Sul, Namíbia, entre outros.

A seguir, são apresentadas as classificações dos tipos de erosão e a sua gravidade, conforme o sistema SARCCUS (1981). O Quadro 3 exibe a classificação de erosão laminar, o Quadro 4 se refere à classificação da erosão ravinar, e o Quadro 5 corresponde à classificação da erosão eólica.

Quadro 3 - Classificação de erosão laminar de acordo com o sistema SARCCUS (1981).

Tipos de Erosão	Classificação da Erosão do Solo	Interpretação na Foto Aérea e/ou Imagem Orbital
Erosão laminar (superficial) é a remoção uniforme do solo superficial	S1: Nenhuma aparente	Nenhum indício visível de erosão na foto aérea (ou na imagem de satélite); o nível de manejo do solo mostra-se alto.
	S2: Pouca	Áreas de tonalidades claras observadas nas fotos aéreas; Erosão deduzida pela cobertura vegetal pobre, pelos depósitos de sedimentos e pelo tronco das plantas observadas no campo.
Classes moderadas (3) a muito severas (5) incluem normalmente uma combinação de dois ou de vários tipos de erosão devido à água.	S3: Moderada	Áreas erosivas de fácil discriminação nas fotografias aéreas, cobertura de plantas muito pobre e depósitos de sedimentos extensivos; associada a pequenos sulcos observados no campo.
	S4: Severa	Erosão laminar de tamanha severidade sempre associada a sulcos e barrancos. Grande parte do horizonte A foi removido.
	S5: Muito severa	Como a classe S4. O tipo de erosão compõe a maior parte da área de unidade, associada à classe de erosão de barranco de classe G5.

Fonte: Larsson e Stromquist (1993)

Quadro 4 - Classificação da erosão de ravinar de acordo com o sistema SARCCUS (1981).

Tipos de Erosão	Classificação da Erosão do Solo	Interpretação na Foto Aérea e/ou Imagem Orbital
Erosão ravinar. Remoção de solo em grandes canais em ravinas pelo escoamento superficial concentrado de largas áreas da bacia hidrográfica.	G1: Nenhuma aparente	O mesmo que para a erosão laminar. Nenhum indício visível de erosão na foto aérea (ou na imagem de satélite); o nível de manejo do solo mostra-se alto.
	G2: Ligeira	Claramente observada nas fotos aéreas, possui, usualmente, cerca de 1 m de profundidade. Não pode ser atravessada por máquinas agrícolas.
	G3: Moderada	Padrões intrincados de ravinas profundas (principalmente de 3 – 5 m de profundidade), expondo seções inteiras de solo em certos lugares. Restam muitas “ilhas” da camada superior do solo.
	G4: Severa	Paisagem dividida e truncada por grandes (3 a 5 m de profundidade) ravinas. 25 a 50% da área improdutiva.
	G5: Muito severa	Ravinas grandes e profundas (frequentemente > 5 m) denudaram mais de 50% da área.

Fonte: Larsson e Stromquist (1993)

Quadro 5 - Classificação da erosão eólica acordo com o sistema SARCCUS (1981).

Tipos de Erosão	Classificação da Erosão do Solo	Interpretação na Foto Aérea e/ou Imagem Orbital
Erosão eólica. Material arenoso (>85% de areia) removido por suspensão, salto e rastejamento durante os ventos fortes.	W1: Nenhuma	Áreas com muita vegetação e úmidas, onde predominam solos argilosos.
	W2: Ligeira	É de difícil discriminação nas fotos aéreas ou nas imagens de satélite. Mas, o controle de campo mostra evidências de remoção e deposição e solos limosos podem predominar.
	W3: Moderada	Facilmente observada nas fotografias aéreas. Areia depositada contra obstruções e pequenas dunas são formadas. O solo é essencialmente arenoso.
	W4: Severa	Grandes dunas de areia paralelas observadas nas imagens. A vegetação é dispersa e o solo muito arenoso.
	W5: Muito severa	Mais de 50% da área improdutiva pelo que se denomina sopros de vulto (<i>blow outs</i>) e pela deposição de areia.

Fonte: Larsson & Stromquist (1993)

3. A ÁREA DE ESTUDO

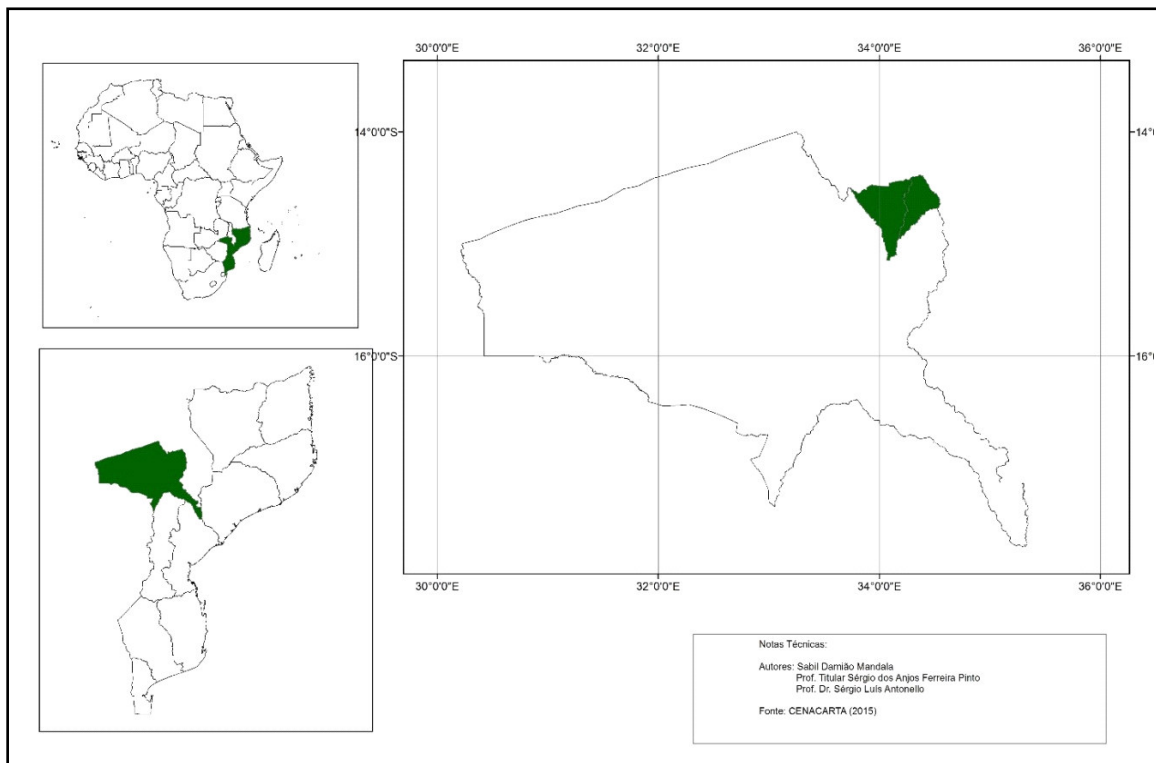
3.1 Caracterização da área de estudo

Para a realização desta proposta de pesquisa e conforme os objetivos e as premissas indicados anteriormente escolheu-se o Planalto de Angónia para análise a degradação ambiental por erosão hídrica, por ser uma área de agricultura familiar de subsistência desde os primeiros anos da era cristã, ser densamente povoada, por ter sido considerada, nos primeiros anos da independência (1975), como o “celeiro da província de Tete e da nação Moçambicana” e principalmente, porque o planalto de Angónia, de uma maneira geral, apresenta ausência de pesquisa sobre o planejamento e zoneamento ambiental que abarca as especificidades do planalto.

O Planalto de Angónia localiza-se no norte da província de Tete, região central de Moçambique, faz parte do Vale do Rio Zambeze. Este planalto se encontra na parte mais alta da província com altitudes acima de 2.000 metros acima do nível médio do mar. Este planalto limita a República de Moçambique, norte da província de Tete, com a República do Malawi através de Grandes Rifts da África Oriental (Rio Chire e Lago Niassa). O sul do planalto apresenta declives suaves em direção ao Rio Zambeze. As suas coordenadas geográficas são: 14° 25' de latitude Sul (linha de fronteira com a República do Malawi) e 15° 25' de latitude Sul (fronteira com o Distrito de Moatize) e 33° 45' de longitude Este (fronteira com o Distrito de Macanga) e 34° 00' de longitude Este (linha de fronteira com a República do Malawi - *Grandes Rifts da África Oriental*), conforme a Figura 3.

A altitude do planalto apresenta uma variação de 600 metros ao nível médio do mar, no sul do planalto (a foz do Rio Lifidzi), a 2.096 metros a norte, na fronteira com a República do Malawi (Monte Dómue). Neste planalto podem-se distinguir duas áreas principais em termos de relevo: *The Dzalanyama Range*, que se estende até o interior da República do Malawi, através da fronteira norte, e consiste essencialmente de uma série de montanhas rochosas cobertas de florestas nativas.

Figura 3 – Mapa de localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidizi.



Nesta área, as maiores altitudes encontram-se no Monte Dedza (2.259 m) em Malawi, próximo da linha de fronteira com Moçambique e monte Dómuè (2.096 m), em Angónia (Moçambique). *The Kirk Range* faz a linha de fronteira com os grandes *Rifts da África Oriental*, através do Rio Chire e o Lago Niassa. O seu ponto mais alto está localizado no monte Chirobwe, coberto por florestas ricas de espécies de vegetação nativa ao sul de Lizulu (RADCLIFFE; MACAPUGAY; MOURIK, 1980).

A fisionomia da parte norte do Planalto de Angónia varia de ondulado, a leste (com algumas montanhas isoladas), para uma paisagem mais dissecada no ocidente. Os pontos mais altos são: monte Dómuè (2.096 m), Metacoè (1.342 m), Chenaga (1.724 m), M'penha e China (1.517 m), M'bilo (1.603 m), Caririmbona (1.563 m) e Chia (1.351 m). A outra metade sul do planalto é muito montanhosa e de difícil acesso. Os pontos mais altos são: Capiriomba (1.463 m), Asongue (1.475 m), Dzenza (1.805 m), Merulo (1.832 m), Negumbe (1.612 m), Lizimbe (1.389 m), Xalaxaongue (1.401 m), entre outros (RADCLIFFE et al., 1980).

A paisagem do Planalto de Angónia é muito dissecada por grande número de rios e riachos. O Rio Lifidzi ou Rovubue é o rio principal da bacia hidrográfica onde todos os outros rios desaguam: Namanzi que separa o Planalto de Angónia com o distrito de Macanga a Ocidente, Chivomozi, Namanzi, Licange, Zere todos esses trazem água da região do monte Dómuè. Para além destes rios temos o Rio Maué em Calómuè (próximo da fronteira com o Malawi), juntamente com os seus tributários (Metaia, Mausí, M'passadzi, Mevideze, Mecame, Dezimbe, Nireredzi e Msaladzi) os quais drenam as suas águas a leste. No sul, os rios principais são: Livirandzi, Lumbube, Duembe, Mueredzi, Mepopodzi, Necorodzi e Chinhande. Grande parte destes rios tem água durante todo ano, isto é, são rios perenes (MOURIK et al., 1982).

O Planalto de Angónia, de norte a sul, é atravessado por uma estrada internacional asfaltada (E223), que faz a ligação entre o posto de imigração de Calómuè, na República de Moçambique, e o posto de imigração de Dedza, na República do Malawi. Esta estrada liga também a outra estrada internacional: da Cidade de Tete até o posto de imigração de Zóbuè (fronteira com a República do Malawi). Todas as outras estradas são de terra batida e de difícil acesso no tempo chuvoso, como é o caso da estrada E403, que faz a ligação entre os distritos de Angónia e Macanga (MAE, 2005).

3.1.1 Geologia

A geologia do Planalto de Angónia é predominante de rochas do embasamento cristalino e sedimentar Pré-Cambriano, com rochas metamórficas e intrusivas. De uma maneira geral, todo Planalto de Angónia consiste num complexo de rochas de gnaiss, granitos e quartzitos que constituem o material de origem dos solos. No norte, encontram-se algumas massas de forma cônica de sienitos, que quebram a monotonia da paisagem. Alguns setores isolados de xistos de calcários podem ser encontrados no sul do distrito (MOURIK et al, 1982; VOORTMAN; SPIERS, 1986; MAE, 2005, GTK Consortim, 2006d).

As unidades lito-estratigráficas constituintes do território moçambicano podem ser divididas entre um Embasamento Cristalino com idade Pré-cambriana e uma cobertura de rochas com idade fanerozóica. O Embasamento Cristalino compreende um conjunto

heterogéneo de paragneisses supracrustais metamorfizados, granulitos e migmatitos, ortogneisses e rochas ígneas.

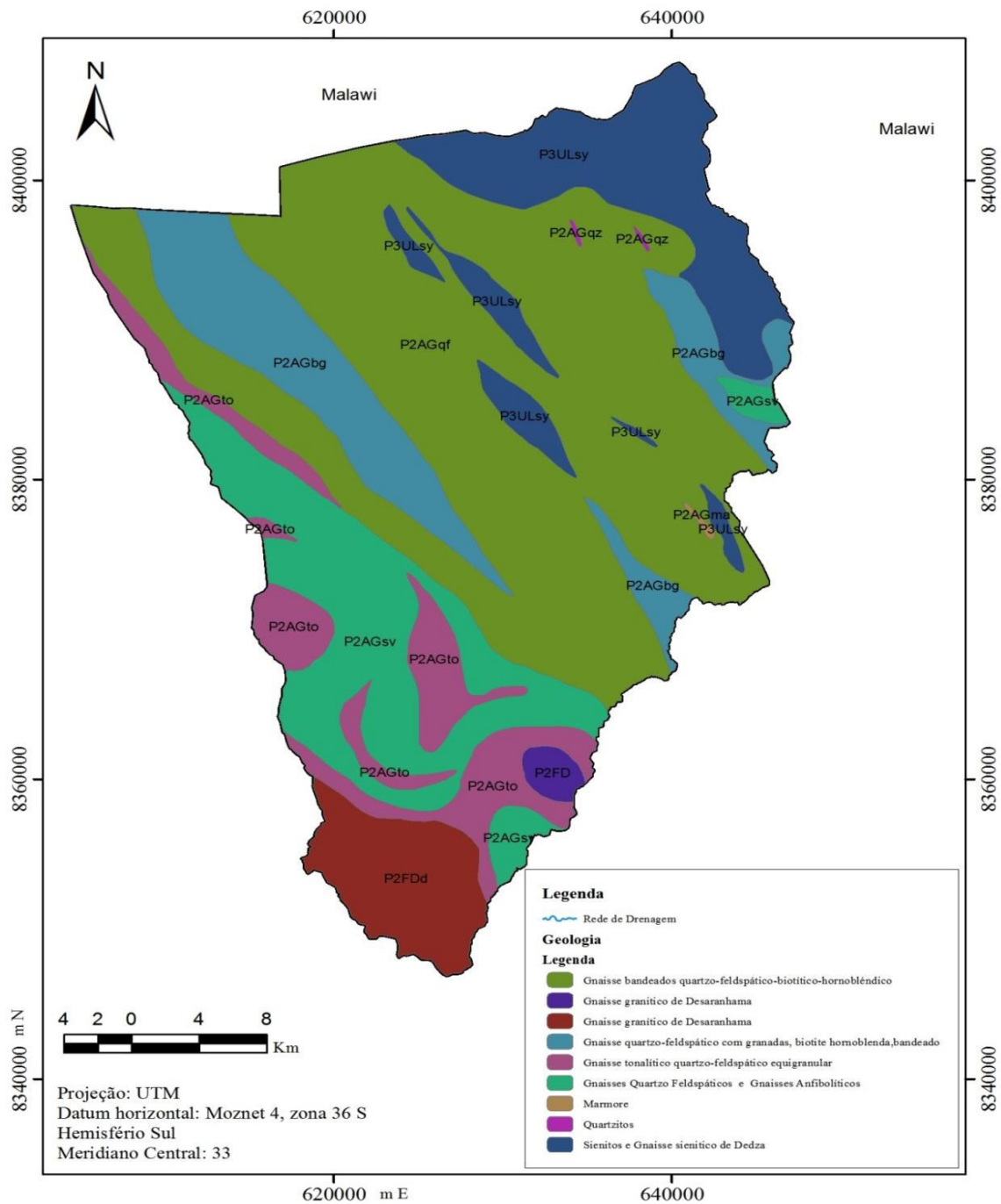
Do ponto de vista geodinâmico, é normalmente aceito que o Embasamento Cristalino de Moçambique é composto por três terrenos diferentes, que colidiram e se amalgamaram durante o Ciclo Orogénico PanAfricano (COPA). Anteriormente à amalgamação pan-africana, cada terreno era caracterizado por um desenvolvimento geodinâmico individual e específico. Provisoriamente, estes terrenos são designados por Terreno do Gondwana Este, Terreno do Gondwana Oeste e Terreno do Gondwana Sul (FERRO; BOUMAN, 1987; GTK Consortim, 2006d).

As rochas que ocorrem no Planalto de Angónia, a nordeste da Província de Tete, foram tradicionalmente atribuídas ao Complexo da Angónia (Hunting, 1984). A reinterpretação do Complexo da Angónia pelo Consórcio GTK resultou na criação do Grupo Angónia, composto por gnaisses mesoproterozóicos e pela Suite Ulonguè, composta por rochas plutónicas neoproterozóicas (GTK Consortim, 2006d).

Grupo Angónia (P₂AG) é composto por: Gnaisses Quartzo Feldspáticos e Gnaisses Anfibolíticos (P₂AGsv), Gnaisses Bandados Biotítico-Horneblêndico-Quartzo-Feldspáticos (P₂AGqf) e Gnaisses Bandados Quartzo-Feldspáticos com Granada (P₂AGbg).

Suite Ulonguè (P₂U): consiste dos Gnaisses Máficos de Tomo-Gimo, dos Anortositos de Metongo-Va-Mbelame e dos Sienitos de Dedza. De acordo com GTK Consortim (2006d), esta unidade inclui gnaisses ortopiroxénico anfibólicos, gnaisses horneblêndico-plagioclásicos (metagabros), piroxenitos, gnaisses granatífero-horneblêndico-plagioclásicos com níveis de hematita e magnetita, supostamente pertencentes a uma intrusão bandada (GTK Consortim, 2006d).

Figura 4 – Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



Fonte: GTK Consortim (2006)

3.1.2 Solos

A informação sobre solos do Planalto de Angónia, onde está inserida a bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, está disponível em muitos documentos cartográficos e relatórios produzidos pela Direção de Agronomia e Recursos Naturais (DARN), do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), instituição ligada ao Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar (MESA), em coordenação com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), durante as últimas décadas. Desta documentação, podem-se destacar os seguintes relatórios, dada sua importância da apresentação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos do Planalto de Angónia: FAO/UNDP Project (1978), Radcliffe et al. (1980), Radcliffe e Rochette (1982), Mourik e Gennaro (1982), Stefanescu et al. (1982), Voortman e Spiers (1986), entre outros documentos disponíveis na biblioteca DARN, na cidade de Maputo, Moçambique.

Segundo estes autores, os processos de intemperismo transportaram as partículas dos topos das elevações e áreas declivosas e depositaram-nas em diferentes camadas em áreas mais baixas (*dambos*, depressões e ao longo dos vales dos rios). Estes tipos de solos são chamados de solos de *Catena* e são muito comuns em todo Planalto de Angónia, particularmente no sul. Cada solo de *Catena* tem uma vegetação específica muito rica em composição. Localmente, os fragmentos rochosos do topo das elevações são designados de *chifomboti*, e são muito ricos em matéria orgânica e minerais. É nestes locais que se desenvolve uma floresta, como a de *Pterocarpus angolensi* que é uma espécie de elevado valor para a produção da madeira.

Em geral, os litosolos cobrem a maior parte do distrito, particularmente nas zonas montanhosas e escarpadas ou em afloramentos rochosos. Estes tipos de solos são pouco evoluídos com a rocha-mãe logo abaixo da superfície com 10 – 15 centímetros de profundidade. Estes tipos de solos são mais aptos para o desenvolvimento da floresta. De acordo com Muchangos (1999), os solos litólicos derivam de rochas consolidadas e ligeiramente alteradas, com uma textura grosseira. Este tipo de solo apresenta o Horizonte A mais ou menos expresso, mas não húmífero ou com Horizonte A húmífero e podendo a rocha consolidada, pouco ou nada meteorizada, encontrar-se a uma profundidade menor (10 – 15 cm). O seu perfil apresenta uma textura grosseira.

Os solos ferruginosos e fersialíticos são solos zonais tropicais minerais de perfil incompleto, com reserva mineral alterável, variando conforme a rocha-mãe e com elevado grau de saturação. O seu substrato geológico é constituído por rocha cristalina quartzítica ou por sedimentos não consolidados (MUCHANGOS, 1999). No Planalto de Angónia, este tipo de solo apresenta cor escura, enquanto o seu subsolo é vermelho ou amarelo e mais adaptado para florestas do que para cultura. Estes solos também podem ser encontrados nas margens de alguns *dambos* de rochas lateríticas (VOORTMAN; SPIERS, 1986).

Os solos vermelhos são encontrados em áreas montanhosas de pluviosidade abundante, bem como em outras áreas da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi. Estes solos são aptos para a produção da cultura do milho e do amendoim. Os solos vermelhos amarelos são encontrados nas áreas planas do nordeste do distrito e são férteis, exceto quando apresentam muita areia.

Os solos hidromórficos, devido a sua posição topográfica em *dambos* (depressões e ao longo dos vales dos rios), apresentam problemas de drenagens e estão sujeitos à influência permanente ou temporária das águas subterrâneas. Estes tipos de solos são de origem quaternária. Apresentam cor cinzenta escura ou preta e são sujeitos a umidades sazonais. São muito pesados para serem cultivados e sustentam uma rica variedade de gramíneas, geralmente de boa qualidade. A proximidade do lençol freático intensifica os processos de oxidação-redução junto à superfície, provocando a formação de um horizonte *glei* ou *pseudoglei*. No seu perfil, pouco diferenciado, os solos hidromórficos apresentam um substrato argiloso acinzentado, normalmente com abundância de matéria orgânica, por vezes materiais grosseiros (MUCHANGOS, 1999).

Em morro de formigas-brancas (térmitas) (morro de Muchem ou cupinzeiro) desenvolve-se um tipo de solos específico, gerado por um tipo de formigas que são designadas white ants (formigas brancas). Este tipo de solos, juntamente com outros raros desenvolvidos sobre rochas graníticas (kopje) e solos aluvionares pretos com eflorescência de sais, constituem grupos de solos menos representativos no Planalto de Angónia (VOORTMAN; SPIERS, 1986).

Boa parte dos solos do Planalto de Angónia é relativamente de boa qualidade, apesar de serem pouco profundos. O Planalto de Angónia está sendo cultivado há muito

tempo e está ocorrendo erosão dos solos. Normalmente, nas áreas com vegetação natural, encontram-se solos pouco profundos, arenosos e afloramentos rochosos, mas em certas áreas podem-se ser encontrados solos profundos com argila avermelhada (STEFANESCO, E. et al., 1982; RADCLIFFE et al., 1982).

O documento cartográfico contendo informações mais modernas acerca de recursos pedológicos de Moçambique é intitulado “*Carta Nacional de Solos de Moçambique*” e foi produzida pelo Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA)/Departamento de Terras e Água (DTA), em 1995, na escala de 1: 1. 000. 000, e sua Notícia explicativa (APÊNDICE A) publicada em 1998, por J. D. Wijnhoud intitulado “*Extend explanatory note on the soil map of Mozambique (scale 1: 1. 000. 000)*”: *typifying pedons and soil analytical data – Part I – main report and annexes*”. Nesta legenda descritiva e explicativa, para cada grupo de solo existem informações sobre as características dominantes em termos de geologia, geomorfologia, unidades de paisagens, declividades, textura, profundidade, condições de drenagem, teor da camada superficial em matéria orgânica, salinidade, sodicidade, classificação da USDA (1982), classificação da FAO (1988), tipo de vegetação, limites e aptidão agrícola de terras para produção de culturas em sequeiro e regadio. Este documento cartográfico constitui a quinta carta de solos que contém informações dos recursos pedológicos em escala nacional de Moçambique, onde foram agrupados quatro categorias dos principais solos de Moçambique, assim identificados: Solos das zonas aluvionares e flúvio-marinha; Solos das Bacias sedimentares; Solos das zonas de rochas vulcânicas e solos do Soco Precâmbrico (INIA; UEM, 1995; WIJNHOUD, 1998):

Para abordagem preliminar dos solos da área em estudo, recorre-se à Carta Nacional de Solos de Moçambique. Considerando apenas o espaço territorial do estudo, as Unidades-solo são normalmente constituídas por um Agrupamento de solo (letras maiúsculas) e, eventualmente, uma ou mais fases de solo ilustrado no Quadro 7, onde se indica o significado dos símbolos de cada agrupamento de solo e os critérios utilizados para a definição de cada uma das fases de solo.

A distribuição geográfica dos tipos de solos encontra-se representada na Figura 5. Para melhor facilidade de leitura, apresenta-se no Quadro 6, um exemplo esquemático da estrutura e da simbologia adaptado na expressão das unidades cartográficas dos complexos

de solos.

Quadro 6 - Distribuição geográfica dos complexos de solos.

Complexos de solos	Tipo de Unidades de solos			Área (%)		
	D	A1	A2	D	A1	A2
I	I	-	-	100	-	-
I+VGbl	I	VGbl	-	60	40	-
I+ VGbl+VGI	I	VGbl	VGI	50	40	10

D – Dominante; **A1** – Unidade de solo mais representativo; **A2** - Unidade de solo menos representativo

Fonte: INIA/DTA (1993) e Wijnhoud (1998)

A Fase de solo

De acordo com Souirji (1997) e Wijnhoud (1998), não existe hierarquia taxonômica para distinguir as diferentes fases de solos. Mas, normalmente, a letra minúscula, que representa a fase de solos, deve ser colocada depois da letra maiúscula, que representa a unidade de mapeamento do solo, de acordo com o Quadro 18:

Quadro 7 - Fases de solo - designação e critérios de diagnóstico.

Fase de solo		Critério de diagnóstico
Símbolo	Designação	
b	Básico	Material parental básica. Caracteriza solos desenvolvidos sobre rochas básicas ou ultrabásicas ricos em anfíbolos e Wijnhoud (1998) refere que este símbolo é reservado para ser utilizado especificamente para solo que ocorrem nas áreas do Soco Precâmbrico.
g	Mosqueados	Manchas em, pelo menos, 15% da área exposta de uma camada com mais de 20 cm de espessura, dentro dos 100 cm de profundidade.
h	Hidromórficos	Presença da toalha freática, a menos de 50 cm de profundidade, pelo menos, durante algum período do ano na maior parte dos anos. Aplica-se também aos solos objeto de alagamento, pelo menos, durante um período do ano e aos solos cuja superfície se encontra coberta por água estagnada, pelo menos, durante uma semana do ano.
l	Lítica	Solos não profundos. Refere-se a solos com contato lítico. Presença de rocha contínua ou em mais de 80% de fragmentos de rocha e/ou nódulos ou de uma camada permanentemente endurecida, pelo menos, numa camada com 25 cm de espessura, com início dentro dos 50 cm de profundidade.
m	Moderadamente profunda	Presença de rocha contínua ou em mais de 80% de fragmentos de rocha e/ou nódulos ou de uma camada permanentemente endurecida, pelo menos, numa camada com 25 cm de espessura, dentro dos 50 a 100 cm de profundidade.
o	Óxica	CTCE (Capacidade de troca catiônica efetiva) inferior a 16 cmolc kg ⁻¹ argila,

		pelo menos, em alguma camada, entre 50 a 100 cm de profundidade, ou, para menores espessuras, entre 50 cm e o contato com a rocha ou camada endurecida.
p	Dístrica	Grau de saturação inferior a 50% em alguma parte entre 50 a 100 cm de profundidade ou, para menores espessuras, entre 50 cm e o contato com a rocha/camada endurecida.
s	Sódica	Percentagem de sódio de troca superior a 6 % e teor de Na de troca igual ou superior a 1 cmolc kg ⁻¹ solo.
x	Pedregosa	Com 15 % ou mais (em volume) de elementos grosseiros endurecidos, em pelo menos uma camada com 25 cm de espessura, dentro dos 50 cm superficiais de solo.
v	Vértica	Solos argilosos que em algum período da maior parte dos anos apresentam fendas, superfícies polidas e agregados estruturais paralelepípedicos ou em forma de cunha, devido às propriedades de expansibilidade (<i>swelling</i>) e de contração (<i>shring</i>) dos minerais de argila.
y	Perfil pedregoso	Refere-se a solos com um perfil vertical de pelo menos 25 cm de espessura em que cerca de 40% do seu volume é composto de fragmentos duros e grosseiros (> 2 mm) como pedras ou nódulos. Segundo Wijnhoud (1998) a fase de solo y não deve ser confundida com a fase l. a fase y não se refere a uma camada totalmente cimentada e endurecida o que caracteriza a fase l mas sim materiais soltos de diferentes origens.
z	Salina	Condutividade eléctrica do extracto de saturação (ECES), superior a 4 dS m ⁻¹ a 25 °C em alguma camada dentro dos 100 cm de profundidade.

Fonte: INIA e UEM (1995); Souirji (1997); Wijnhoud (1998)

De acordo com Dijkshoorn et al. (1993), INIA e UEM (1995), Souirji (1997) e Wijnhoud (1998) e em consonância com a Legenda da Carta Nacional de Solos (APÊNDICE), os solos do Planalto de Angónia pertencem à Unidade geológica e geomorfológica do Soco Precâmbrico, que a seguida, passa-se a apresentar, de forma sumária, os principais grupos de solos identificados Quadro 8 e Figura 5.

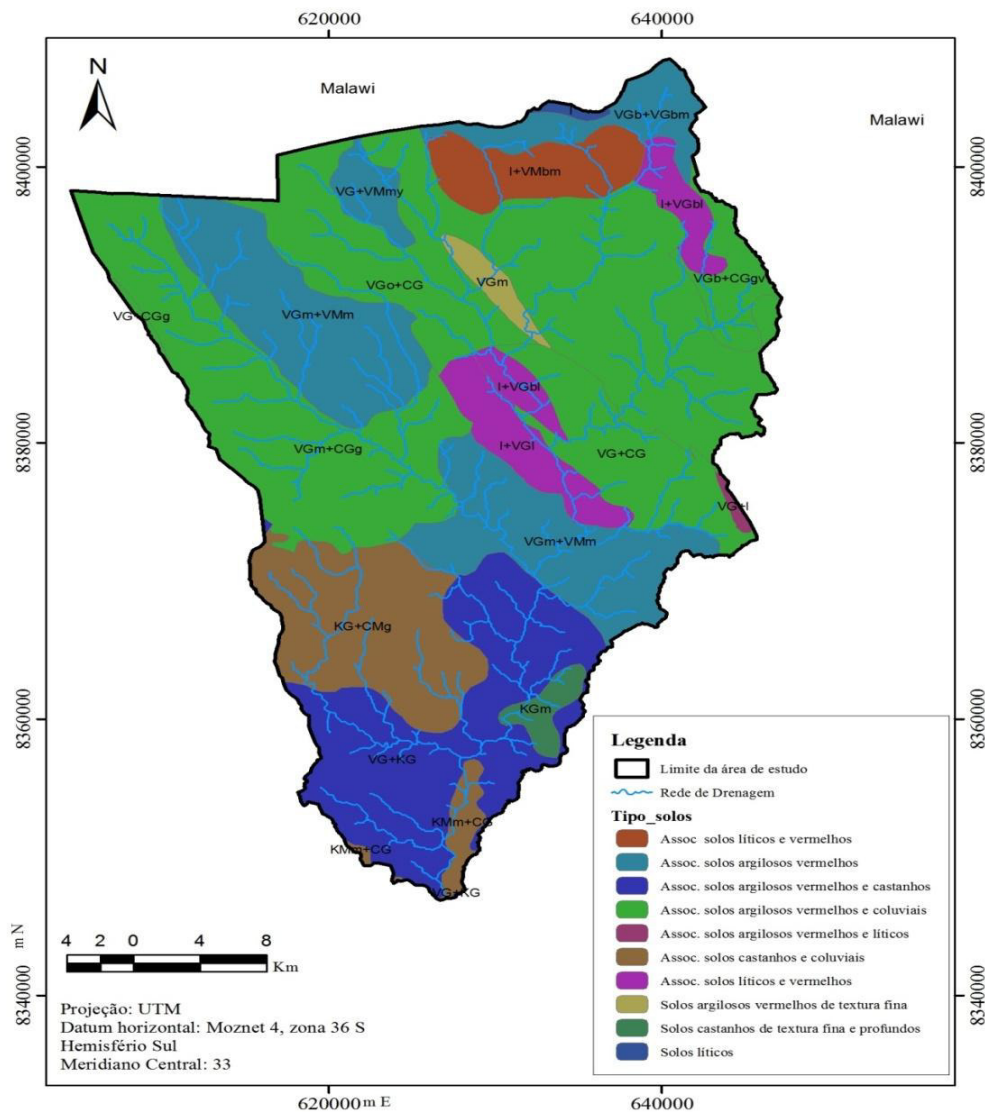
Quadro 8 - Símbolos e designação dos agrupamentos de solos na área de estudo.

Nº	Símbolo	Designação do solo
1	I	Solos líticos
2	I+VGbl	Associação de solos líticos com solos vermelhos, de textura fina, básicos e líticos
3	I+VGl	Associação de solos líticos com solos vermelhos, de textura fina e líticos
4	I+VMbm	Associação de solos líticos com solos vermelhos, de textura média, básicos e moderadamente profundos
5	KG+CMg	Associação de solos castanhos de textura fina com solos coluviais, de textura média e mosqueados
6	KGm	Solos castanhos, de textura fina e moderadamente profundos
7	KMm+CG	Associação de solos castanhos, de textura média, moderadamente profundos, com solos coluviais de textura fina
8	VG+CGg	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, com solos coluviais de textura fina e mosqueados
9	VG+I	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, com solos líticos
10	VG+KG	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, com solos castanhos de textura fina
11	VG+VMmy	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, com solos vermelhos de textura média, moderadamente profundos e pedregosos

12	VGb+CGgv	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, básicos, com solos coluviais de textura fina, mosqueados, vérticos
13	VGb+VGbm	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, básicos, com solos argilosos vermelhos de textura fina, básicos, moderadamente profundos
14	VGm	Solos argilosos vermelhos, de textura fina
15	VGm+CGg	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, moderadamente profundos, com solos coluviais, de textura fina, mosqueados
16	VGm+VMm	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, moderadamente profundos, com solos vermelhos, de textura média, moderadamente profundos
17	VGo+CG	Associação de solos argilosos vermelhos, de textura fina, óxicos, com solos coluviais de textura fina

Fonte: INIA e UEM (1995); Souirji (1997); Wijnhoud (1998).

Figura 5 - Mapa solos da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



3.1.3 Clima

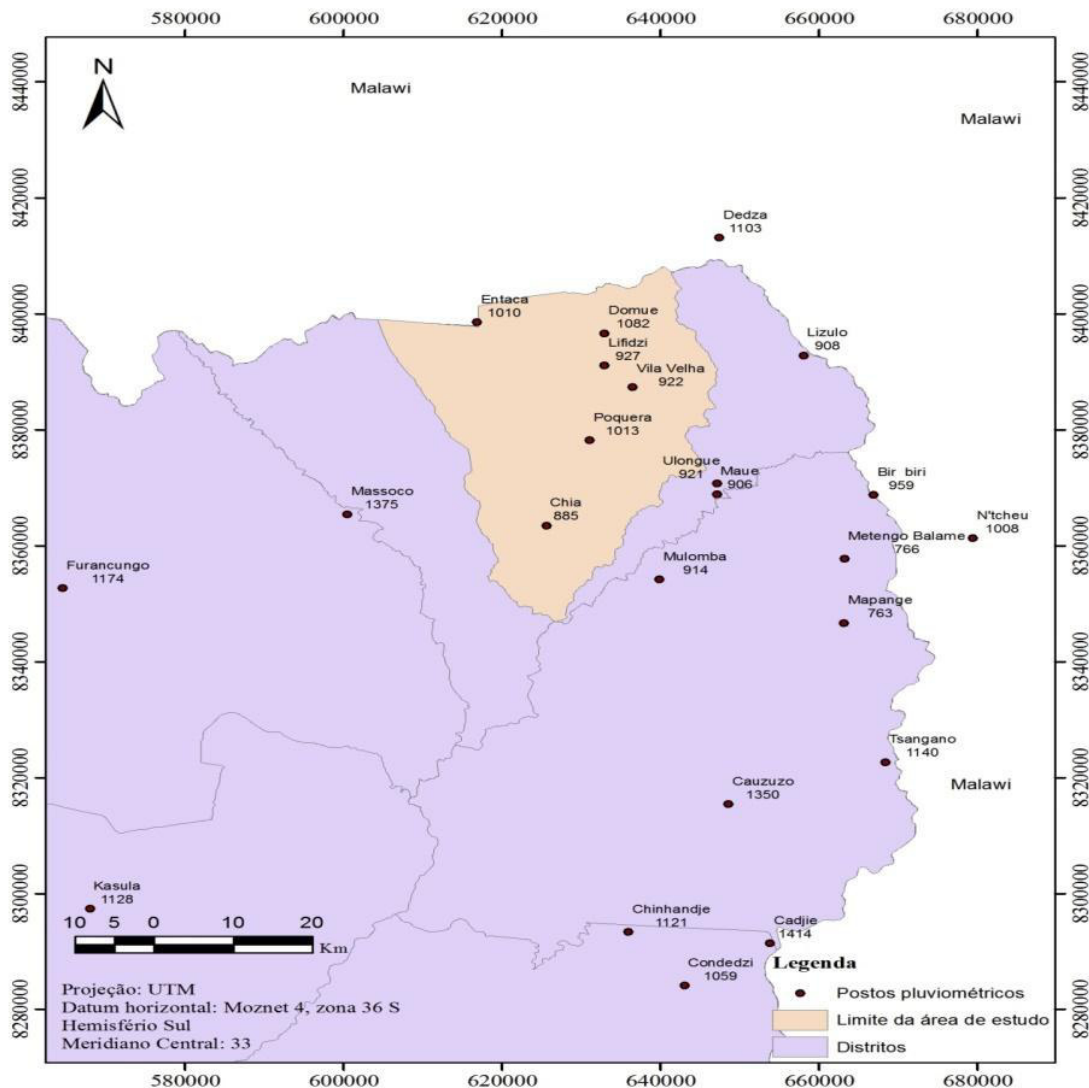
De acordo com Sys et al. (1991), o estudo de clima envolve um grande número de fatores, mas os mais importantes para avaliação agrícola de terras são: pluviosidade, temperatura, evapotranspiração e radiação solar, relativa à sua média anual e a sua distribuição ao longo do ano. Estes autores enfatizam que a pluviosidade, a temperatura e a sua distribuição ao longo do ano como os fatores mais importantes que contribuem em zonas agroclimáticas que, por sua vez, influenciam padrões específicos do uso da terra, em função da duração do crescimento das plantas cultivadas (SYS et al., 1991).

Os dados climatológicos do Planalto de Angónia, local onde se encontra a área de estudo, foram coletados e publicados no relatório técnico n° 2, com doze estações no interior desse distrito, quatro nos distritos vizinhos e três estações vizinhas da República do Malawi (Figura 6 e APÊNDICE B). As estações de Ulónguè, Ulonguè Velha e Furancungo apresentam os dados de precipitação, temperatura, velocidade de vento, insolação e evapotranspiração, enquanto as outras estações apresentam apenas os dados diários de precipitação.

De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o Planalto de Angónia, tem tipo climático é Cwa: clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente. Nas regiões tropicais, o clima “C” só se desenvolve nas regiões montanhosas devidas à redução de temperatura que naturalmente se dá com o aumento de altitude, sendo em tudo o resto semelhante aos climas do tipo “A”. O clima do tipo “Cw” é equivalente ao Clima Tropical Modificado pela altitude.

Classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizados em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger). A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente.

Figura 6 - Mapa de postos pluviométricos do Planalto de Angónia.



Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram seleccionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados. Contudo, a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue entre regiões com biomas

muito distintos, pelo que têm surgido classificações dela derivadas, a mais conhecida das quais é a classificação climática de Trewartha.

A letra **C** indica a característica geral do clima temperado. A segunda letra denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é a quantidade e distribuição da precipitação, sendo **w** correspondente a chuvas de verão e estação seca no inverno e **a** : Verão quente, Temperatura média do ar no mês mais quente $> 22^{\circ}\text{C}$.

O Planalto de Angónia está sobre influência de chuvas de monções que se formam no Oceano Índico e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)⁵. As massas de ar que entram no canal de Moçambique penetram no território moçambicano, através do Vale do Rio Zambeze e depois seguem o Vale do Rio Chire e atingem o Lago de Niassa. Neste ponto, as massas de ar sobem o abrupto escarpamento do Vale do Ritf à esquerda e alcançam o Planalto de Angónia.

De acordo com Voortman e Spiers (1986), a pluviosidade anual do Planalto de Angónia varia de 700 mm, no sudoeste, a 1.140 mm, no sudeste e norte do distrito. A circulação das massas de ar condiciona a existência de três tipos climáticos: **a) época fria** (*chissano*), a partir, de maio a agosto, quando o ar está seco (32 mm), a temperatura decresce (13°C); **b) época quente** (*chilimwe*), a partir de setembro a novembro, quando o ar continua seco (96 mm) e a temperatura começa a aumentar, e **c) época chuvosa** (*dzinja*), a partir de dezembro a abril, quando a precipitação alcança cerca de 800 mm e a temperatura aproximadamente de 25°C .

Durante o período chuvoso, a precipitação ultrapassa o potencial de evapotranspiração e este é relativamente bem distribuído. Em contrapartida, durante o mesmo período regista-se precipitação mal distribuída. A Estação Meteorológica de Tsangano, no Sul, e de Dómuè no norte do distrito, registou valores mais elevados de precipitação anual: 1.140 mm (com pico em fevereiro: 243 mm), e 1.108 mm (com pico em dezembro: 243 mm) (VOORTMAN; SPIERS, 1986).

O período seco é mais pronunciado na metade norte do Planalto de Angónia, a partir

⁵A ZCIT é uma faixa migratória de nuvens a volta do globo onde se encontram os ventos alísios dos hemisférios. A ZCIT influi diretamente no regime pluviométrico de Moçambique principalmente ao norte do rio Save. No seu movimento para o sul, a ZCIT invade parte norte de Moçambique, em Novembro e Dezembro, alcançando em Janeiro ou Fevereiro a posição extrema, nas proximidades da Beira. No seu movimento para norte, a ZCIT ultrapassa o limite de Moçambique em Março ou Abril (CMRB, 2002).

de uma precipitação anual de 36 mm em Biri-biri, para 64 mm em Poquera, enquanto alcança 161 mm em Tsangano, no sul. A probabilidade de anos secos é de apenas 7% (cerca de 1 ano em 13 anos pode registar menos de 600 mm de chuvas), enquanto para anos chuvosos, a probabilidade é de 20% (cerca de 1 ano em 5 anos pode registar mais de 1.200 mm de chuvas). Neste último caso, a elevada probabilidade está relacionada com a topografia. Existe uma clara correlação entre precipitação e altitude, pois as altas e largas montanhas forçam as massas de ar a percorrer distâncias curtas, o que perturba esta correlação em certa medida. Este facto provoca as chuvas orográficas. Esta situação é particularmente válida para a região do monte Domué e muitas outras altas montanhas do sul do distrito, que recebem valores elevados de precipitação em relação às regiões circunvizinhas.

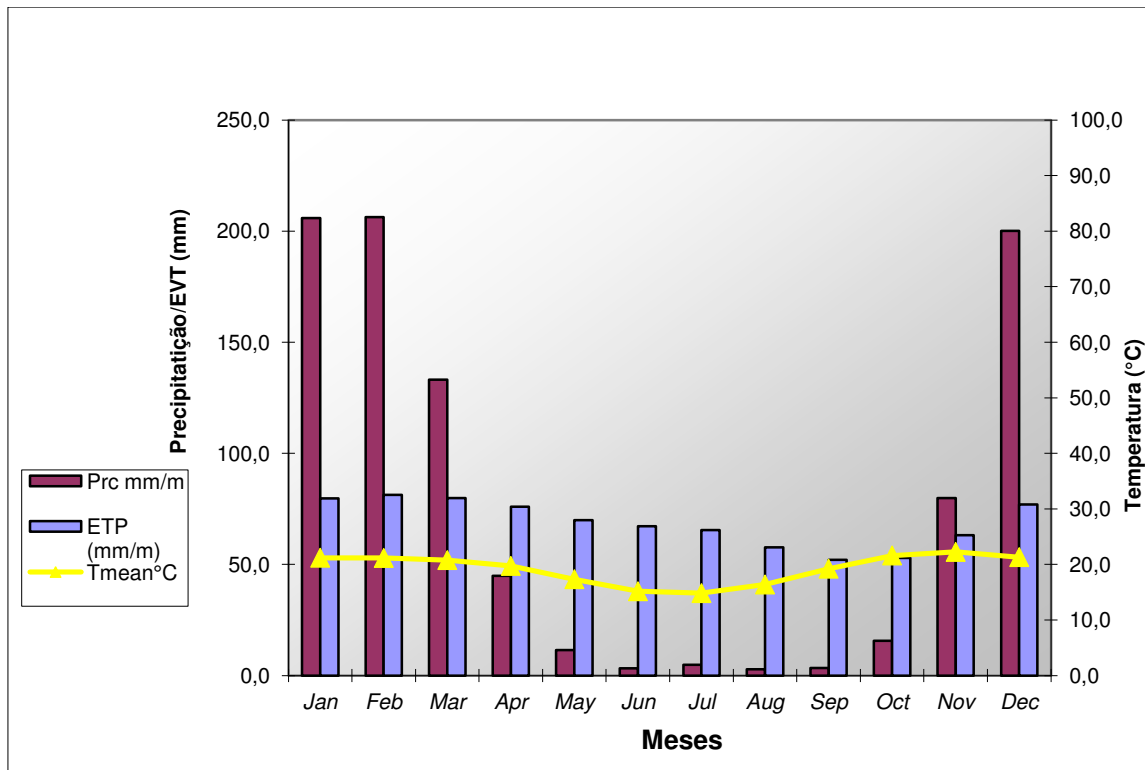
A temperatura mais elevada ocorre durante os meses de outubro, novembro e dezembro, e a temperatura mais baixa ocorre nos meses de junho, julho e agosto, com alguns dias de frio intenso e durante a noite pode ocorrer geada, principalmente em áreas acima de 1.250 m de altitude, particularmente em alguns vales e depressões ou no cume de algumas montanhas. Infelizmente, não existem dados acerca da temperatura máxima do mês mais quente e a temperatura mínima do mês mais frio, com exceção para a Estação de Ulongué, Vila Velha e Furancungo. Estes dados, combinados com os dados de geada, poderiam fornecer informações preciosas para os ecologistas e agricultores do que apenas os dados das temperaturas médias mensais e anuais.

Os ventos vêm normalmente do nordeste, este e sudeste, e são comuns no período seco e frio, sendo designados “ventos alíseos”. Estes ventos, ocasionalmente, tornam-se muito frios e trazem muita neblina e chuviscos durante o mês de junho e julho, que é chamado localmente por (*chiporone*), no noroeste do Planalto de Angónia. A velocidade do vento varia de 8,3 a 12,4 km/h.

A probabilidade de ocorrência de queda de granizos no Planalto de Angónia é de uma tempestade em cada dois anos. O potencial de evapotranspiração alcança o seu volume mais alto em outubro (201 mm/mês, 65 mm/dia), e o seu volume mais baixo em junho (90 mm/mês, 3 mm/dia). O total de evapotranspiração durante o período chuvoso é de cerca de 800 mm. A Figura 4 apresenta dados de chuva e temperatura, obtidas da Estação Meteorológica de Ulongué, que é a única estação meteorológica com dados disponíveis no

Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), em Maputo.

Figura 7 - Gráfico da Estação Meteorológica de Ulónguè, 1961 a 1984.



Fonte: INAM (2014)

3.1.4 Vegetação

O território da República de Moçambique, em função das suas características orográficas, do seu clima e do solo apresenta uma cobertura vegetal complexa, que não é fácil de sintetizar.

Segundo Muchangos (1999), a distribuição geográfica das espécies ao longo do território moçambicano varia e depende dos fatores de multiplicação e de disseminação, onde se destaca barreiras geográficas (oceano, lagos, rios, montanhas); fatores climáticos (temperatura, umidade e pluviosidade); fatores bióticos (relação entre os diferentes seres vivos); substrato edáfico (composição e natureza dos solos); fatores históricos (evolução das espécies) e atividades humanas, que podem contribuir para o seu enriquecimento ou para o empobrecimento ou para a total extinção.

De acordo com o mesmo autor, a República de Moçambique, floristicamente situa-se na região *sudano-zambeziaca*, que inclui também a Tanzânia, o Malawi, a Zâmbia, o Zimbabué, o Botsuana e a Suazilândia (MUCHANGOS, 1999) e constitui uma das mais largas e heterogêneas regiões naturais do planeta. Esta região foi parcial e localmente estudada, devido à grande variedade de espécies numa mesma região natural.

A floresta sempre verde e semi-sempre verde, que se localiza na parte mais norte do Planalto de Angónia, na fronteira com a República do Malawi, pertence igualmente à região fitogeográfica Afro-montanhosa de África, menos estudada, devido ao seu elevado número de espécie, muitas vezes localizadas em áreas inacessíveis (STEFANESCO et al., 1982). Para estes autores, a composição e a distribuição da flora terrestre estão relacionadas com a posição geográfica e astronômica de Moçambique, na zona subequatorial e tropical do Hemisfério Sul, na costa oriental e austral do continente africano. As condições regionais e locais do clima, relevo, rios, lagos, rocha, solos e a distância do Oceano Índico exercem influência crescente sobre a composição e distribuição da flora terrestre da área de estudo (MUCHANGOS, 1999).

Um dos primeiros trabalhos para a descrição da flora moçambicana foi apresentado em 1957 por Grandvaux Barbosa, que elaborou um esboço da vegetação de Moçambique, no qual as diversas formações vegetais foram sintetizadas em 20 complexos. Embora se trate de um trabalho de carácter geral, apresenta elementos de elevada importância para a obtenção de uma ideia geral acerca da natureza das mais representativas formações vegetais e de seus principais componentes.

No trabalho de Barbosa, são identificados os seguintes complexos: Matas, savanas e florestas misturadas; Floresta e Matas do Litoral; Complexo de *Colophospermum Mopane*; Miombo de tipo seco, com dominância de *Pseudoberlinia*; Complexo dos Urrongas (*Adansonia-Brachystegia*); Florestas e Matas do Litoral, misturadas com Floresta decíduas (*Adansonia*); Florestas do Litoral com Miombo (*Brachystegia spiciformis*) e Pradaria; Miombos, de tipo seco, com florestas, decíduas, secas; Miombos (*Brachystegia spiciformis* – *Pseudoberlinia globiflora*); Miombo de terras altas (*Brachystegia spiciformis*), os restos de florestas altimontana; Florestas higrófilas, altimontanas, sempreverde; Miombo (*Brachystegia ssp.* – *Pseudoberlinia*); Miombos de terras altas (*Brachystegia ssp.* – *Pseudoberlinia ssp.*); Florestas das terras baixas e Savanas de tipo seco; Miombo

misturado, Floresta de *Adansonia – Sterculia* e matas litorais; Miombo de tipo seco, com *Adansonia e Sterculia*; Matas, de tipo seco, do litoral, com florestas de *Adansonia*; Florestas e Matas do Litoral, com *Berlinia*; Vegetação típica das terras de aluvião e Vegetação halofítica (FONSECA et al.,1964).

Em relação ao Planalto de Angónia especialmente, em 1982, o ecologista Eugene Stefanesco, num projeto da FAO e Ministério da Agricultura de Moçambique, apresentou um relatório técnico com 1.250 espécies de plantas, intitulado “*Inventory of flora of Angonia (1979 – 1980): Lista of recorded and collected plant species – Province of Tete, Mozambique*”. Porém, poucas espécies foram incluídas neste estudo por diversas razões. Uma delas, é que ainda não foi possível a sua verificação taxonômica em herbário e por variarem muito por unidade de superfície.

As espécies registradas no documento em referência estão organizadas em 127 famílias e 551 gêneros e em forma alfabética, para facilitar a consulta. Um aspecto que se destaca neste documento é que a lista de leguminosas é relativamente grande: 193 espécies, com 137 espécies de Fabaceas. Este aspecto é particularmente importante para desenvolvimento das atividades agrícola, porque as leguminosas têm um elevado conteúdo de proteínas e são capazes de enriquecer os solos com o nitrogênio atmosférico. O segundo grupo mais expressivo é da família das gramíneas, com 146 espécies. O gênero mais representativo é *Hyparrhenia* com 20 espécies e *Eragrostis*, com 19 espécies. A terceira família mais extensa é *Asteracea* (Compositae), com 110 espécies, (STEFANESCO et al.,1982).

Segundo este documento, mais de 60% do Planalto de Angónia estão cobertos de florestas nativas. Sob as copas das árvores, encontram-se diferentes tipos de gramíneas, podendo ser rasas, baixas, médias e altas, misturando-se com alguns arbustos que cobrem muito bem o solo. Esta situação pode ser encontrada no sul do planalto. O resto do planalto e, principalmente o nordeste do Planalto de Angónia, pode ser considerado como área cultivada, composta, principalmente, por dispersos campos de agricultura familiar, áreas de pousio, áreas abandonadas, áreas de gramíneas, floresta degradada e floresta em regeneração. O Planalto de Angónia, durante o tempo seco e fresco, é praticamente “queimado” para atender diversas finalidades. De acordo com Stefanesco et al. (1982), muitas espécies de plantas estão adaptadas a este fogo sazonal.

Porém, muitas espécies de plantas, cuja madeira tem um elevado valor econômico, escaparam deste fogo cíclico, por estarem localizadas em áreas inacessíveis como montanhas, ravinas, escarpamentos e ao longo dos cursos de água (STEFANESCO et al., 1982). Em algumas montanhas, com altitude de mais de 1.200 metros, encontra-se uma vegetação de montanha ou submontanhosa (normalmente, árvores com folhas sempre verdes com grande interesse ecológico).

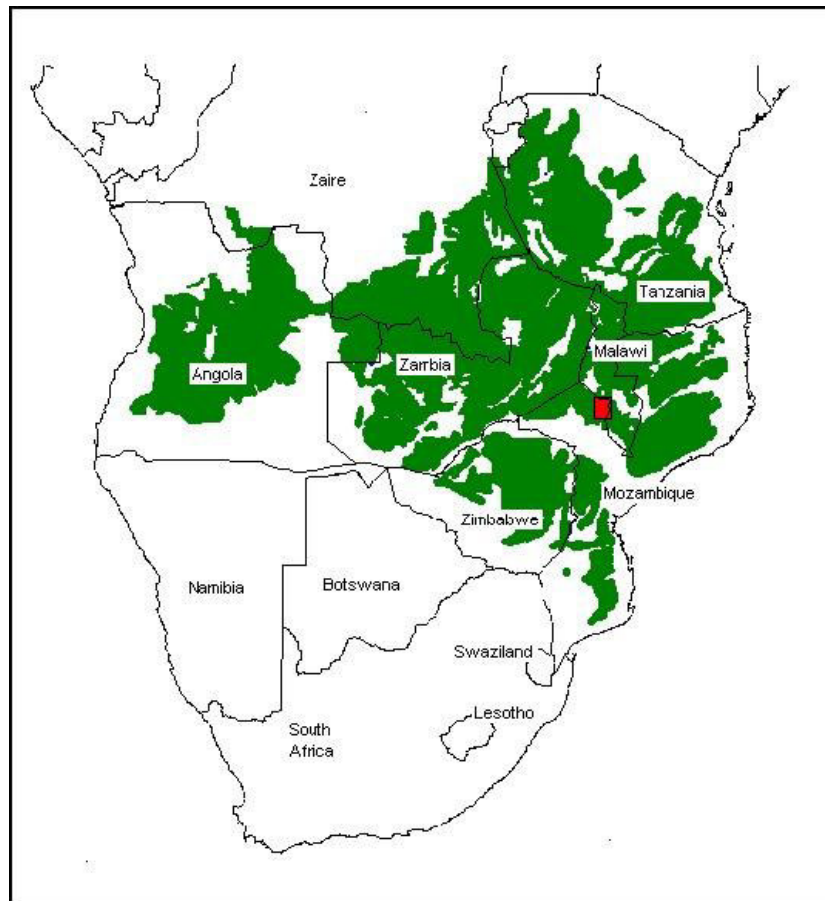
A flora do sul do Planalto de Angónia tem afinidades subtropicais, mas a área é inacessível e quase inabitada, com poucas vias de acesso. Em algumas montanhas, como Merulo (1.832 m), Ngumbe (1.612 m), Tsangano (1.852 m), Mbia (1.970 m), que se localizam no sul do Rio Livirandze, no Planalto de Angónia, há um interesse ecológico, porque se misturam a flora subtropical e a flora de montanhas, mas permanecem inexploradas.

De acordo com os especialistas, podem existir no Planalto de Angónia, cerca de 5.000 espécies, sendo que apenas 1.250 já foram coletadas e registradas pelos institutos de pesquisa de Moçambique. Durante o tempo colonial, tinham sido coletadas apenas 63 espécies de plantas no planalto de Angónia (STEFANESCO et al., 1982).

Em relação aos estudos feitos nos países vizinhos, pode-se estimar que, no Planalto de Angónia cerca de 8.000 espécies de plantas foram coletadas, dessecadas, desinfetadas, identificadas e distribuídas pelos seguintes herbários: INIA – Maputo; Universidade de Malawi – Zomba; Jardim Botânico – Harare; algumas espécies raras e não identificadas foram enviadas para Pretória, na África do Sul e Kew Gardens, na Inglaterra, para verificação e nomenclatura (STEFANESCO et al., 1982).

De acordo com Stefanesco et al. (1982), Voortman; Spiers (1986), Kalaba (2007), Vootman (2010) e Voortman; Bindraban, 2015 a vegetação do Planalto de Angónia pertence a um bioma do tipo savânico composto por árvores e arbustos e gramíneas. Este bioma é mais conhecido por *miombo* e é composto por dois tipos de árvores: *Brachystegia*, *Julbernardia* e *Isoberlinia* que cobrem extensas áreas da Tanzania, Malawi, Zambia, Zimbabwe, Moçambique e Angola (Figura 8). Os *miombos* garantem a fertilidade de solos só que agora estão degradados. Estas duas tipos de arvores são compostas de cerca de 40 espécies (VOORTMAN; BINDRABAN, 2015).

Figura 8 - Distribuição espacial do bioma miombo na África Austral



Retângulo vermelho é a localização da área de estudo.
 Fonte: Voortman; Bindraban (2015)

Os bosques Miombo ocupam a maior área do Planalto de Angónia. Estas florestas compartilham uma fisionomia comum, caracterizada por uma cobertura lenhosa aberta de árvores em forma de guarda-chuva com uma camada herbácea relativamente escassa. As das árvores é idominado por espécies dos gêneros *Brachystegia* e *Julbernardia*, ambos pertencentes à família das Fabaceae, subfamília Ceasalpinioideae. Embora fisionomicamente semelhantes, essas florestas podem ter diferenças em sua composição estrutural devido a diferentes densidades de árvores e arbustos. O estrato herbáceo é médio alto (50-100 cm). Sua composição espécie também é variável, mas ocorrências comuns são: *Themeda triandra*, *Hyparrhenia newtonii*, *H. hirta*, *H. filipendula* var. *pilosa*, *Microchloa kunthii*, *Bewsia biflora*, *Pyramidalis Sporobolus*, *Amplectens diheteropogon*, *Minutiflorum Rhynchelytrum* e *Bulbostylis*. Um elemento em evidência, bosques Miombo são os

cupinzeiros de *Macrotermes* spp.

Segundo as constatações de Voortman; Bindraban (2015), no Planalto de Angónia pode-se encontrar também a cobertura vegetal *Nguni* que é tipo de vegetação é bastante diferente do Miombo. Fisionomicamente é uma pastagem arborizada com uma camada de grama densa e muito alto. Tanto quanto espécies lenhosas estão em causa, inteiramente não tem as espécies de miombo típicos e é caracterizada pelo gêneros como *Acacia*, *Pterocarpus*, *Combretum*, *Pericopsis*, *Erythrina*, *Ficus*, *Albizzia*, *Piliostigma*, com uma grande parte das espécies observadas sendo legumes nodulante . O estrato herbáceo deste tipo de vegetação consiste de altura para campos gigantes (1,5-3,5 m de altura) com geralmente uma mistura das seguintes espécies: *Hyparrhenia filipendula*, *H. variabilis*, *H. cymbaria*, *Hyperthelia dissoluta* e localmente *Pennisetum* sp. e *Beckeropsis unisetum*. Em conversas informais, os agricultores dizem que bons solos têm espécies de vegetação como *Acacia polyacantha* (VOORTMAN; BINDRABAN, 2015).

A vegetação do Planalto de Angónia resulta de um longo processo histórico de intervenção do homem na natureza. A floresta primária sempre verde escapa ao abate e ao fogo sazonal, fixando-se em locais inacessíveis, como em ravinas e escarpamentos em altas montanhas. A vegetação secundária que se sucedeu, principalmente, floresta decídua seca, cobre boa parte do planalto. A área cultivada é coberta de árvores e arbustos de savanas dispersas. De acordo com as condições ecológicas, o Planalto de Angónia pode ser dividido em cinco grandes regiões fisiográficas: floresta, bosque, mata semiaberta, matagal fechado e formação herbácea.

De acordo com Stefanescu (1982), Stefanescu et al. (1982) e Voortman e Spiers (1986), no Planalto de Angónia, existe muitas árvores com alto valor comercial: *Ozoroa reticulata*, *Parinari curatellifolia*, *Diospyros mespiliformis*, *Erythroxylon emarginatum*, *Bridelia micrantha*, *Upaca kirkiane*, *Oncoba spinosa*, *Pterocarpus angolensis*, *Acacia amithetophylla*, *Acacia goetzei*, *Albizia harveyi*, *Albizia versicolor*, *Erythrophleum africanum*, *Cassia abbreviata*, *Khaya nyassica*, *Peltophorum africanum*, *Azanza garcheana*, *Faurea saligna*, *Adina microcephala*, *Clausena anisata*, *Dombeya rotundifolia*.

Algumas destas espécies de árvores madeireiras (*Adina*, *Khaya*, *Pterocarpus*, *Faurea* etc.) já conquistaram uma grande reputação no mercado internacional.

Para os habitantes Planalto de Angónia, a função da floresta é a pastagem dos

animais domésticos e selvagens. Mas também, a floresta é a fonte de alimentos em tempo de escassez (folhas, frutos, raízes, tubérculos, térmitas etc.). Ainda para alguns habitantes, a floresta pode ser a fonte de obtenção da renda através da venda de produtos de artesanato (cestos, esculturas, esteiras, cabos de enxadas, fibras etc.) feitos a partir de diversas espécies de árvores: *Rhus terminervis*, *Cassine aethiopica*, *Diospyros mespiliformis*, *Diospyros lycioides*, *Garcinia buchanani*, *Dalbergia melanoxylon*, *Pericopsis angolensis*, *Ximenia caffra*, *Crossopteryx febrifuga*, *Grewia monticola*, *Oxythenanthera abyssinica*, entre outras.

Para a produção do carvão vegetal e lenha para cozinha são coletados na floresta diversas espécies: *Parinari curatellifolia*, *Acacia karoo*, *Albiza harweyi*, *Pseudolachnostylis mapronneifolia*, *Dichrostachys cinerea*, *Erythrophleum africanum*, *Bauhinia petersiana*, *Brachystegia longifolia*, *Julbernardia globiflora*, *Peltophorum africanum*.

O material de construção de habitações e curral de animais é extraído das seguintes espécies de árvores e arbustos: *Lannea stuhlmannii*, *Commiphora africana*, *Ricinodendron rautanenii*, *Jatropha gossipyfolia*, *Oxythenanthera abyssinica*, *Erythrina abyssinica*, *Pterocarpus angolensis*, *Vangueriopsis lanciflora*, *Pachystela brevipes*, *Solanum aculeastrum* etc.

Muitas espécies de árvores são coletadas na floresta para diversos usos domésticos como: utensílios da cozinha, cadeiras, mesa, cestos, caixotes, cabo (enxada, machado, catana etc.), celeiros, pratos, colheres, entre outros. Algumas delas são: *Lannea discolor*, *Strychnos spinosa*, *Brachystegia spiciformis*, *Phoenix reclinata*, *Raphia farinifera*, *Clausena anisata*, *Salix subserrata*, *Dombeya burgessae*, entre outras.

Nas florestas do Planalto de Angónia, também podem-se encontrar muitas árvores bonitas que podem ser plantadas para fins de ornamentação nas ruas, jardins, quintais ou parques: *Diplorrhynchus condylocarpon*, *Ranvolfia caffra*, *Terminalia stenostachya*, *Lonchocarpus capassa*, *Pterocarpus rotundifolius*, *Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia glaucesceus*, *Anthocleista grandiflora*, *Turrarea nilotica*, *Ficus capensis*, *Ficus ingens*, *Borassus aethiopum*, *Prunus africanus*, *Beguaertiodendron magalismontanum*, *Dombeya rotundifolia*, entre outras.

3.1.5 Vida Selvagem: animais e pássaros

A República de Moçambique possui uma grande diversidade de espécies de fauna, cuja distribuição geográfica depende de vários fatores, como: latitude, altitude, clima e de aspectos biológicos. Faunisticamente, o território moçambicano pertence à região Etiópica ou Africano-Malgache. Esta região abrange toda área da África ao Sul, do Sahara e ao Sul do Equador, com clima subequatorial e tropical (MUCHANGOS, 1999).

Atualmente, existem poucos animais de grande porte no Planalto de Angónia (Quadro 6), pois foram exterminados pela caça e repetidas queimadas descontroladas. Alguns deles, como a chita (*Acinonyx jubatus*), o leopardo (*Panthera pardus*), os antílopes (*Raphicerus campestris*), os gnus (*Connochaetes taurinus ou gnou*), desapareceram nos últimos anos. Mas, ainda existem algumas espécies, em números muito reduzidos, a tal ponto que, dificilmente, podem ser encontradas pelos turistas.

Os animais que existem ainda em maior número são: macacos, camaleões (“*abuluzi*”), cobra “mamba” (*Dendroaspis angusticeps*, *Naja mossambica* e *Dendroaspis polylepis*), “Mphiri” (*Bitis arietans*), cobras das árvores, etc. Algumas delas como as cobras de casa do gênero *Lamprophis (cakusa)* são protegidas porque são grandes consumidores de moscas, carrapatos, e outros insetos prejudiciais à saúde. Nos rios de maior extensão podem-se encontrar crocodilos (*Crocodylus niloticus*) (*ng’ona*) (APÊNDICE C). Existe uma grande variedade de rãs, sapos, cágados, enquanto as espécies de peixes são poucas, principalmente do gênero *Tilapia*, mas também existe uma variedade muito grande de insetos. A mosca Tsé-tsé é muito rara no Planalto de Angónia, principalmente no sul. Apenas a mosca Tsé-tsé da espécie *Glossina morsitans* é suspeita de habitar nos bosques do Planalto de Angónia (STEFANESCO et al., 1982; MOURIK et al., 1982) (Quadro 6).

Ainda sobre moscas, nos bosques muito densos, podem-se encontrar moscas mordedoras como *Tabanus*, *Stomoxys*, *Calliphora* etc. As abelhas da espécie *Xilocarpa spp* e *Anthophora spp* fornecem um mel muito apreciado pelos camponeses.

As borboletas são numerosas e criam muitos prejuízos às culturas dos camponeses. Os pássaros também são numerosos e desempenham um papel ecológico muito importante, pois se alimentam de carrapatos, moscas, formigas, termitas, mosquitos, caracol, borboletas, gafanhotos, lagartos, garantindo o controle natural destes insetos nas culturas

dos camponeses, para a saúde do gado e da população. Por esta razão, alguns pássaros como, pássaro secretário, garça são protegidos pela população. Cada pássaro é especializado em um ou mais tipos de alimentos. Segundo Stefanesco (1982) alguns pássaros têm a capacidade de come-se com mais de 10000 carrapatos por dia (APÊNDICE D).

3.2 Breve histórico da ocupação do Planalto de Angónia

De acordo com Stefanesco et al. (1982), pouco ou nada se sabe sobre a população original do Planalto de Angónia anterior ao século XVII, mas artefatos da era de pedras e pinturas rupestres foram encontrados próximo de Dzedza, República do Malawi, próximo da linha de fronteira. Os habitantes mais antigos que se conhecem da atual parte central do Malawi e do Planalto de Angónia são os *Chewa*. Estes povos, segundo informações disponíveis, vieram do sul do Katanga (Zaire) provavelmente durante os séculos XVII e XVIII da era cristã. Atualmente, os *Chewas* perderam a sua organização tribal e vivem em pequenos povoados espalhados. Os *Chewas* são essencialmente agricultores, cultivando milho, ervilha, banana, mangas, amendoim, feijão, batata doce, entre outras, mas também criam porcos, cabras, bovinos, galinhas e outro tipo de gado que constitui a sua base de subsistência. Este assentamento populacional originalmente pacífico foi perturbado com a vinda de comerciantes de escravos (*A-chikundas*) e os invasores Ngoni, durante o final do século XVIII até a metade do século XIX, que obrigou os *Chewa* a se refugiarem para áreas mais inacessíveis, onde alguns ainda vivem atualmente (STEFANESCO et al., 1982).

Segundo Carvalho (1988), a parte norte do Planalto de Angónia foi explorada por diversos grupos tribais. Por exemplo, o povo *A-chikundas* vinha do Vale do Rio Zambeze (Tete - Manica), provavelmente antes do século XVII. O chefe Yao Tambala, que vinha do sul da Tanzânia (nas mediações do Rio Rovuma), subiu o escarpamento do Vale do Rift por volta de 1870 e fixou-se juntamente com seu povo próximo do monte Chingoni, em Malawi, e no norte do Planalto de Angónia. Este segmento da população é conhecido atualmente como os *Yao Amangoche* (CARVALHO, 1988).

O povo Ngoni, sob comando do chefe Gomani, ocupou a parte nordeste do Planalto de Angónia e Malawi, enquanto outros dois chefes, Ngoni Kaphuka e Kasumbu, ocuparam

as áreas planálticas entre as cordilheiras de Dzalaniama, Domué, Dedza e monte Chingoni, por volta de 1845.

Finalmente, outro grupo Ngoni, conhecido por Pemba, oriundo do sul da Tanzânia (Songea) separou-se do clã Maseko e penetrou no interior da atual província de Tete, no vale do Rio Zambeze, em Moçambique. A partir desta região, partiu para o Planalto de Angónia e para República do Malawi e se fixou definitivamente nas mediações do monte Domué, por volta de 1871. Este grupo foi forçado a abandonar a região, para se fixar mais uma vez em Nichen a Mwanza, por volta de 1900, por outro grupo invasor Ngoni, liderado pelo chefe Zwangendaba, que veio da Zululândia, Natal na África do Sul. Este chefe invadiu sucessivamente o planalto entre o vale do Rio Limpopo e Rio Zambeze e se fixou, numa primeira fase, na parte central da Nyasalandia (Malawi). Mais tarde, o seu povo penetrou no interior do Planalto de Angónia e aí se fixou depois de arrasar outras tribos e grupos invasores. Nesta área, foram criadas comunidades densas, que possuíam grande quantidade de rebanhos de gados e, ao mesmo tempo, praticavam a agricultura de cereais, tubérculos e hortaliças. Este povo, rapidamente se misturou com a população local *Chewa*, depois de exterminar boa parte dos membros *Chewa* do sexo masculino, e obrigando-os a adotar a sua língua, crenças e costumes (RITA-FERREIRA, 1974).

De uma forma geral, e segundo Iliffe (1999), pode-se dizer que o povo Ngoni pertence a um largo grupo tribal *Bantu*, que migrou durante o século XVI da região dos Grandes Lagos do Oriente Africano (Lago Vitoria) para se fixar definitivamente na região de Zululândia, Natal, Durban, na República de África do Sul. Nesta região, no final do século XVIII, três clãs Ngoni começaram a se movimentar para o norte da região, devido às rivalidades tribais e se fixaram no norte do Reino da Suazilândia, ocidente da República do Zimbabwe, Malawi, Tanzânia, Zâmbia e Moçambique (RITA-FERREIRA, 1974; STEFANESCO et al.,1982; CARVALHO, 1988; ILIFF, 1999).

Em pouco tempo, estes grupos Ngoni criaram poderosos estados políticos na Suazilândia (sob comando do Rei Sobhuza I) e na porção ocidente do Zimbabwe criaram o Estado Ndebele (sub comando do chefe Mziligazi, por volta de 1837). Outros estados políticos foram igualmente criados em Moçambique, como, por exemplo, o Estado de Gaza, sob o comando do chefe Soshangane e o mesmo terá acontecido em Malawi, Tanzânia Zâmbia, mas muito cedo foram desmantelados devido a lutas de diferentes chefes

de grupos rivais.

Atualmente, cerca de 12 milhões da população Ngoni encontram-se espalhados em tribos isoladas em quase toda a África Austral, incluindo a Zâmbia e o sul da Tanzânia. As mais conhecidas tribos Ngoni são: Zulu, Xhosa, Swazi, Ndebele, Themba, Pondo, Thetwa, Thonga, Shangane, Nyanja, Tumbuka, Chewa, Ngwani, entre outros. Os Ngoni encontram-se misturados com povos de diferentes raças, incluindo os hotentotes que herdaram o “click” na sua língua. A língua Ngoni é *Chichewa* que é língua oficial na República do Malawi e é falada por cerca de 60% da sua população (STEFANESCO et al., 1982; MAE, 2005).

Devido a razões históricas, o continente Africano foi dividido em vários países, sem considerar as realidades socioeconômicas e agroecológicas. Três países da África Austral, nomeadamente Zâmbia, Malawi e Moçambique, compartilham uma cultura comum, património e linguagem chamada “*Chinyanja*”, que também é chamado de “*Chichewa*” em Malawi. Estas comunidades são encontradas nos distritos de Macanga, Angónia, Tsangano, Zumbu, Maravia, Moatize e Chifunde na província de Tete, em Moçambique; nos distritos de Lilongwe, Kasungu, Mchingi, Salima, N’tcheu, Mwanza e Nkhototakota, em Malawi e nos distritos de Chipata, Katete, Petauke e Chandiza, na Zâmbia (AMEDE et al., 2014).

Os diversos grupos tribais desta comunidade, nestes três países, são administrados por reis locais que se subordinam ao rei máximo, o rei Gelaundi que vive na Zâmbia. Os líderes comunitários tradicionais têm *status* (legitimidade), com base na linhagem (tribo) e motivos religiosos, de mediar um determinado grupo étnico e seu ambiente natural e social (AMEDE et al., 2014).

No caso do Planalto de Angónia, a estrutura política do *vangoni* usa a terminologia *Banga* que inclui o chefe da família *abambo* da unidade familiar (*Banja*); o chefe da linhagem (*Limana*); o chefe *nyakwawa* grupo de linhagens *Mudzi* e *mfumo* que é o chefe máximo das linhagens. No caso de *Banga* e a *mfumo* Gimo, a sua história local pode ser rastreada até a conquista do território de Angónia pela *vangoni* no século XIX. Para o caso do *vangoni*, existe uma *nkhosi wa makossi*- um chefe supremo - que atualmente é a Sra. Jacinta Marcos Dama Rinze (Figura 9) que vive na Aldeia de Folotia, na Localidade de Mangani.

Figura 9 – Sra. Jacinta Marcos Dama Rinze, *InKosi ya maKosi* Zitambira IV.



Sua principal função é garantir a paz e a harmonia nas comunidades rurais dentro do seu território. Em muitas sociedades agrícolas e pastoris tradicionais, há o costume de não passar decisões a menos que haja um consenso absoluto entre a elite local sobre gestão dos recursos naturais em nível da aldeia. Esta regra da unanimidade pressupõe qualidades importantes na resolução de conflitos, mediação, facilita as ligações sociais e, principalmente, na negociação de autoridades de alto nível e conciliação e monitora a produção agrícola anual das diversas comunidades. Ele também organiza festas anuais, eventos e rituais em junho-julho de cada ano. Essas habilidades dependerão muito da experiência, carisma, prestígio e *status*, e são, portanto, encarnado por líderes tradicionais, e são o próprio mecanismo pelo qual se pode aspirar a liderança tradicional. Embora *status* pode ser atribuído ao nascimento através das linhas de herança, que, muitas vezes, ser desafiado ao longo do tempo, e, a menos que um líder tradicional faz jus às expectativas, ele ou ela pode ser dispensada da sua / seu dever (MASSUANGANHE, 2008).

As autoridades governamentais de cada país atribuem os chefes locais a liberdade de administrar o seu povo, e em contrapartida eles geralmente apoia a escolha de membros

dos governos. Assim, chefes locais optam por não interferir com as políticas governamentais, e às vezes se aliam os políticos através da mobilização de suas comunidades durante os períodos eleitorais. Como o presidente dos respectivos países normalmente atribui o poder, os chefes comumente evitam a interferência política direta. (AMEDE et al., 2014) (Figura 10).

Figura 10 - Sua Excelência Presidente da República com a Rainha Zitambira IV



Fonte: Banze e Cossa (2016).

Segundo Stefanescu et al. (1982) e Voortman e Spiers (1986), que trabalharam na coleta de dados da cobertura vegetal e solos no Planalto de Angónia, os Ngoni é uma população inteligentes, engenhosas e de mente muito aberta. Eles assimilaram as culturas e técnicas avançadas de diferentes povos com os quais mantiveram contato, incluindo os europeus, e incorporaram estas técnicas para melhorar o seu modo de vida (sistema de produção e econômico). Mesmo atualmente, a posse de gado é sinônimo de prestígio, alto *status* social e econômico, prosperidade e fonte de alimento e de bem-estar.

Desde os tempos remotos, a fonte de alimentação básica do povo do Planalto de Angónia é o sorgo, que, mais tarde, foi substituído pelo milho. Outras importantes fontes de alimentação são feijão, inhame, abóbora, entre outras (APÊNDICE E). A cana-de-açúcar foi introduzida no planalto pelos trabalhadores Ngoni da Empresa *Sena Suger States*, que se localizava na região do Vale do Rio Zambezi. A mandioca e ervilha foram trazidas pelos europeus estabelecidos no sul do Malawi, depois da fome de 1949, na região de Dedza e

desta região ter-se-ia introduzido no Planalto de Angónia. A produção do tabaco começou em 1939. Repolho, batata Reno, alface, tomate, alho e cebola só foram introduzidos depois de 1943. A pêrabacate, em 1946. O pêssgo foi introduzido, a partir do Malawi em 1951. A manga foi introduzida no planalto, a partir do sul do Malawi, antes de 1940. A batata doce foi introduzida entre 1930 e 1940. O café foi plantado em 1977, na missão católica de Fonte Boa, juntamente com outras árvores fruteiras, como damasco, ameixa, maçã, pêra e uva. Figueiras foram introduzidas por alguns fazendeiros portugueses, depois de 1955 (RADCLIFFE; ROCHETTE, 1982).

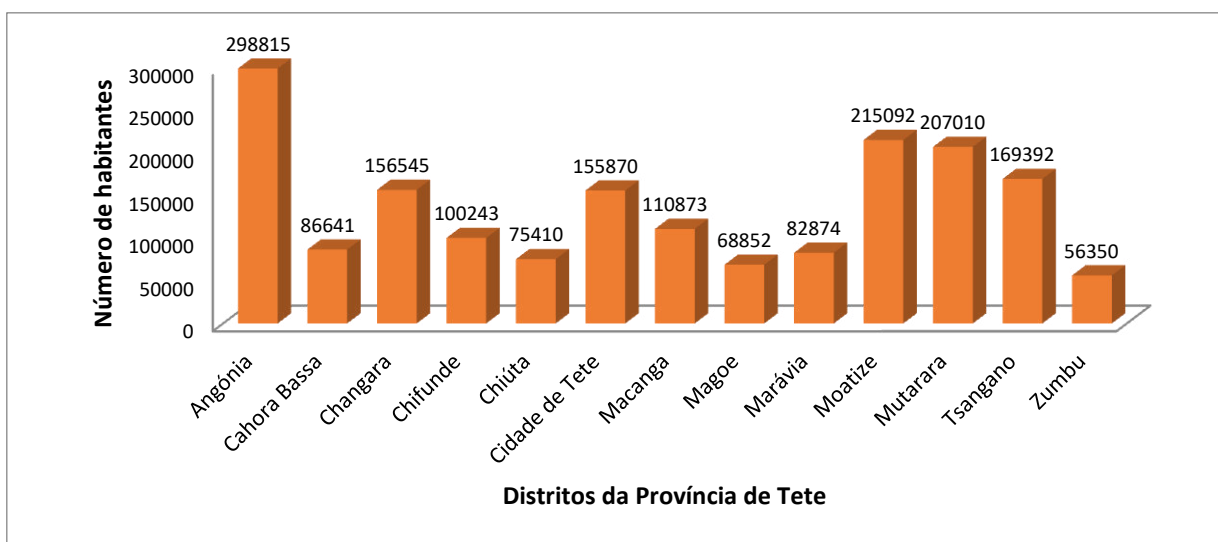
3.3 Distribuição geográfica da população na Província de Tete

De acordo com os dados do Censo de 2007 apresentados na Tabela 2, pode-se constatar que o Planalto de Angónia, onde se localiza a área de estudo deste trabalho, apresenta a maior concentração populacional da província de Tete, com 298.815 habitantes (Figura 11) de acordo com INE (2010). Esta situação é agravada pelo fato deste distrito possuir a menor área disponível para cultivo com apenas 3.437 km², com densidade populacional de 87 hab./km². Deve-se destacar que a maior parte da população de Angónia depende exclusivamente de atividades agrícolas de substência. Neste contexto, pode-se afirmar que os recursos da terra no Planalto de Angónia estão sob forte pressão, porque a terra, que é a base de sobrevivência da população, é inversamente proporcional ao número de habitantes que vive no distrito.

Tabela 2 – Evolução da população da província de Tete de 1960 – 2007.

Distrito	Área (km²)	1960	1980	1997	2007
Angónia ⁶	3.437	107.228	220.085	247.999	298.815
Cahora Bassa	10.598		47.679	57.675	86.641
Changara	6.730	9.550	86.493	119.551	156.545
Chifunde ⁷	9.326	-	9.730	48.498	100.243
Chiúta	7.101	-	42.915	50.372	75.410
Cidade de Tete	2.851	38.183	45.119	101.984	155.870
Macanga	7.430	60.865	37.162	46.515	110.873
Mágoè	8.697	22.252	14.781	39.304	68.852
Marávia	16.466	34.335	33.214	53.031	82.874
Moatize	8.879	46.596	98.101	109.103	215.092
Mutarara	6.295	116.596	131.215	130.743	207.010
Tsangano	3.439	-	57.635	106.557	169.392
Zumbo	12.040	19.465	26.700	33.272	56.350

Fonte: Fonseca et al. (1964); CCR (1980); Muteia et al. (1996); INE (1999) e INE (2010).

Figura 11 – População nos Distritos da Província de Tete – 2007.

Devido à conjugação de uma série de fatores, como condições favoráveis climáticas e bons solos agrícolas (vulcânicas e aditivas vulcânicas) que permitem um sistema semi-

⁶ De acordo com Fonseca et al. (1964), o distrito de Angónia, nos anos 60 do século XX, incluía todo atual distrito de Angónia e metade ao distrito de Tsangano e tinha 6.597 km² de superfície e uma população de 107.228 habitantes, com uma densidade populacional de 16,3 hab/km².

⁷ De acordo com a Resolução n° 6 e 7/86, de 25 de julho são criados dois distritos na província de Tete: Chifunde, que provém dos distritos de Chiúta e Macanga e o distrito de Tsangano, que provém do distrito de Angónia. Em função destas Resoluções, as localidades de Tsangano e Ntengo – wa – Mbalame transitaram do distrito de Angónia para o distrito de Tsangano (MAE et al., 1986) e (MUTEIA et al., 1996).

permanente e permanente de cultivo com rendimentos relativamente altos de culturas e período de pousio curtos fazem com que o Planalto de Angónia apresente altas densidades populacionais em relação à outros locais da província de Tete. Esta situação é agravada no âmbito da implementação do Decreto 15/2000 sobre autoridade comunitária de 1ª e 2ª linha (regulos, chefes de terras e secretários de bairro) em que foram legitimados e reconhecidos três régulos, oito *Ndunas* e vinte e oito *Nhacuawa* que constituem a estrutura paralela aos chefes de dez casas, com maior aceitação das comunidades (MAE, 2005). De acordo com o trabalho de campo realizado no segundo semestre do ano 2015 constatou-se a existência do poder comunitário é muito explorado pela população para legitimar qualquer ato que o poder civil e religioso não aceitar. É o caso de casamentos prematuro. Pela lei moçambicana, os casamentos só podem acontecer quando os jovens tiverem 18 anos de idade. Mas no Planalto de Angónia, quando os jovens querem casar e não tem 18 anos exigidos no Registro Religioso ou Civil, eles recorrem à autoridade tradicional para a legitimação do seu matrimónio (Figura 12). Este fato contribui para pressão dos recursos da terra. Este assunto foi referido numa entrevista com o Administrador do Distrito de Angónia, Senhor Joaquim António Paulo Cherene; o Pároco de São Francisco Xavier de Lifidzi, Padre Vitor e a Rainha dos Nguni, Senhora Jacinta Marcos Dama Rinze.

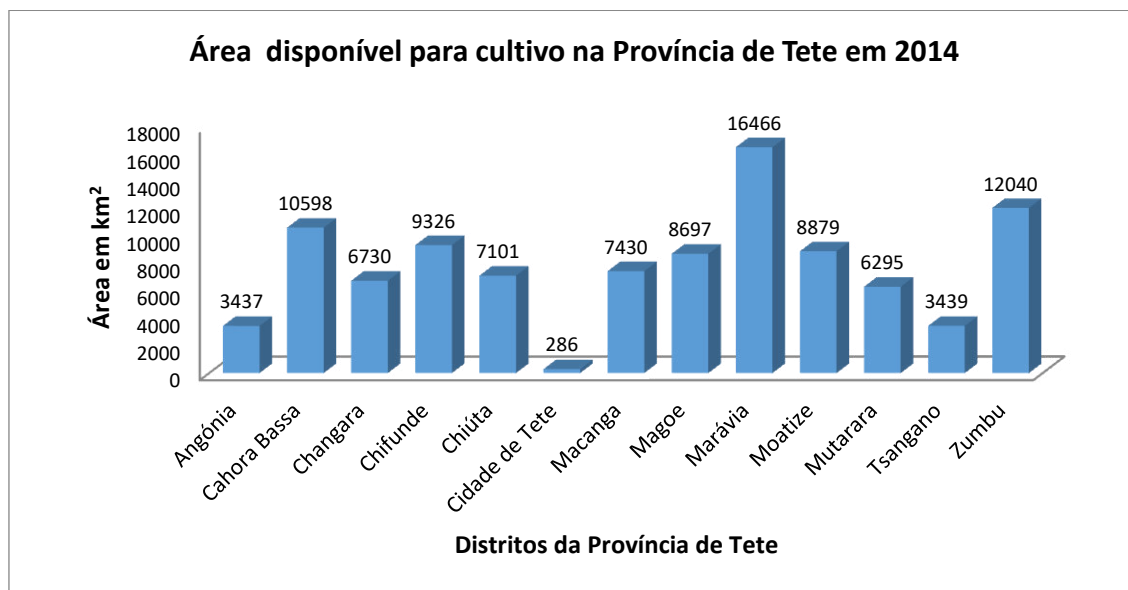
Figura 12 – Matrimónio tradicional no Planalto de Angónia.



c) Membros da parte da noiva	d) Membros da parte do noivo e ato de pedido da noiva
	
e) <i>Kulanga</i> - O ato de aconselhamentos dos noivos	f) Festa
	

Como resultado deste procedimento constata-se na foto 6f, que a festa é praticamente feita por crianças porque todos aqueles que foram considerados adultos já casaram. E é costume de que os “*adultos não podem brincar com crianças*”. Este tipo de atos tem implicações sérias na utilização da terra porque todos estes jovens que casam cedo não tem outra forma de renda que não seja trabalhar na terra. De acordo com o estudo efetuado pelo Cambaco (2014) constatou-se que o Distrito de Angónia tem a menor área disponível para cultivo em relação aos outros distritos da província (Figura 13).

Figura 13 – Área disponível para cultivo nos Distritos da Província de Tete – 2014.



Fonte: Cambaco (2014)

Em termos político-administrativos, o Planalto de Angónia está dividido em dois Postos Administrativos: Ulonguè e Dómuè, dezoito (18) localidades, sendo onze no Posto Administrativo de Dómuè e sete no Posto Administrativo de Ulonguè, Trezentos e sessenta e sete (367) povoados.

De acordo com os dados do Censo de 2007, a população do Planalto de Angónia está agrupada em 71.545 famílias, totalizando 298.815 habitantes e está distribuída conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – População do Planalto de Angónia, 2007.

Posto Administrativo	Habitantes	Famílias
Ulonguè	141.876	33.683
Dómuè	156.939	37.862
Total	298.815	71.545

Fonte: INE (2010)

No Planalto de Angónia, as residências da população estão organizadas em “círculos”, e são compostas por casas espalhadas, ou dois a três aldeias com interesses comuns. Em média, estas aldeias podem possuir cerca de 500 a 600 habitantes. A

comunidade maior, no Posto Administrativo de Ulónguè, é Mangani⁸, com 36.110 habitantes e Namingona, com 27.439 habitantes. Na área do Posto Administrativo de Dómuè existem duas comunidades com mais de 20.000 habitantes, sendo a maior delas, a comunidade de Chifumbe, com 21.333 habitantes e a comunidade de Nkame com 21.251 habitantes.

A população do município de Vila Ulónguè, que é igualmente a sede do Planalto de Angónia é de 13620 habitantes, agrupados em 2974 famílias. Para mais detalhes acerca da população do Planalto de Angónia, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição da população Distrito de Angónia, 1980 a 2007.

Posto Administrativo	Localidade	1980	1997	2007
Ulónguè	Calómuè	7.714	13.513	15.222
	Chimuala	8.590	8.194	13.882
	Dziwanga	6.821	9.901	11.146
	Mangani	20.739	32.425	36.110
	Monequera	13.794	24.675	24.457
	Namingona	10.448	17.168	27.439
	Ulónguè	13.841	21.502	13.620
	Total Parcial	81.947	127.378	141.876
Dómuè	Binga	8.482	12.566	15.300
	Dómuè	22.244	16.672	20.730
	Catondo	1.320	2.229	7.936
	Chifumbe	4.964	10.202	21.333
	Kamphessa	8.105	4.098	16.810
	Khombe	6.313	7.831	9.919
	Liranga	5.749	8.298	11.863
	Mpandula	3.774	11.58	-
	Ndaula	5.587	9.506	18.029
	Nkha me	9.004	13.814	21.251
	Seze	5.983	23.825	13.768
	Total Parcial	81.525	120.621	156.939
	Total Geral	163.472	247.999	298.815

Fonte: CCR (1980); INE (1999) e INE (2010)

⁸ A aldeia de Mangani é também mais conhecida como Folotia. É nesta aldeia onde vive a Rainha do Angoni, Sua Excelência Senhora Jacinta Zintambira Rinze.

De uma forma geral, mais de 50% da população vive ao longo da linha de fronteira com a República do Malawi. Nesta região podem ser encontradas carroças puxadas por uma junta de bois para transporte de pessoas (para o hospital) e cargas para o mercado (milho, batata Reno, etc.), além de preparar campos de cultivo (MAE, 2005).

Cerca de 90% da população do Planalto de Angónia praticam atividade agrícola de subsistência, e cerca de 10% são proprietários de cabeças de gados. O tamanho médio da *machamba* (campo de cultivo) é de cerca de 1 a 2 ha e pode-se considerar suficiente, tomando em consideração o número do agregado familiar e o atual nível do custo de vida. Em mais de metade desta área, planta-se milho, que é o cereal mais importante de toda família Ngoni. As grandes famílias, normalmente, possuem mais do que 2 ha (MAE, 2005).

De acordo com Rita-Ferreira (1974), Stefanesco et al. (1982), Carvalho (1988) e MAE (2005), o sistema de posse da terra se baseia em heranças do povo *Chewa*, com apetrechamento dos usos e costumes do povo Ngoni. A organização da sociedade se baseia na ocupação da terra e parentesco. Desde os primeiros tempos da chegada dos Ngoni neste planalto, a terra foi sempre encarada como propriedade da comunidade, e o chefe é que tem a responsabilidade de decidir quem e como deve ser utilizada. A menor unidade social chama-se *nhumba* (casa), onde o homem vive com a sua esposa e seus filhos. Os parentes do casal, normalmente, ficam muitos próximos, não mais do que 50 metros, onde também pode-se encontrar a pessoa mais velha, que normalmente é o chefe da aldeia e cercado de seus colaboradores. O conjunto de muitas casas forma uma aldeia que sempre tem um chefe eleito.

O grupo muito grande de famílias baseadas em laços consanguíneos (com o mesmo antepassado comum) constitui uma linhagem e os membros de uma mesma linhagem formam um clã. Estas regras continuam válidas até nos dias de hoje. Por exemplo, de uma forma geral, a família é matriarcal e apenas os membros do sexo feminino têm o direito de possuir a posse e trabalhar cada pedaço da terra, que, normalmente é de posse coletiva. Dentro deste contexto, depois do casamento, o homem deve se mudar da casa dos seus pais para casa dos pais da sua esposa, onde deve construir a casa e trabalhar nas terras que pertencem a sua esposa.

A vida social segue uma linha tradicional bem marcada. Em média, há poucos casamentos poligâmicos e o agregado familiar é composto de seis a oito membros. Os

membros mais velhos vivem juntamente com os seus filhos, muitas vezes em casa muito próximas uma da outra. Quando as crianças atingem a puberdade, se mudam para uma casa separada, mas muito próxima da casa dos seus parentes. Nesta casa, os meninos vão apenas para dormir, porque quase tudo é feito na casa principal dos seus pais, como por exemplo, as refeições (RITA-FERREIRA, 1974; STEFANESCO et al.,1982; CARVALHO, 1988; MAE, 2005).

Uma criança com mais de 6 anos e que não vai para escola, deve trabalhar ou ajudar os pais na *machamba* (campo de cultivo) ou ainda deve ajudar a cuidar do rebanho do gado. Na família, todo membro deve trabalhar. Ninguém deve ficar parado, sem fazer algo que beneficie direta ou indiretamente a família.

Boa parte das casas tem a forma circular ou arredondada, feitas de estacas de árvores e rebocadas com argila, mas, as pessoas com certo grau de compra, constroem casas retangulares de taipa ou tijolo queimado e cobertas de capim (principalmente da espécie *Hyparrhenia*) e renovadas, normalmente de dois em dois anos ou cobertas de zinco. As casas, normalmente, são cercadas por arbustos ou árvores como, por exemplo, *Euphorbia tirrucali*, *Sesbenia aegyptiaca*, *Lantana spp*, *Jatropha gossypifolia*, *Lannea spp*, *Commiphora africana*, etc as quais são muito resistentes a ataques de termitas.

Estima-se que cerca de 60% da população do Planalto de Angónia professa a religião católica e muitos participam das missas no domingo nas igrejas mais próximas, que podem estar a cerca de 20 km. As paróquias católicas mais importantes são Nossa Senhora das Graças – no Município da Vila Ulónguè (fundada a 31/05/1965); São Francisco Xavier de Lifidzi (fundada a 02/01/1909) (Figura 7); Imaculado Coração da Maria em Fonte Boa (fundada em 01/09/1945); São Pedro Claver em Dómuè (fundada a 22/04/1973); Cristo Rei, em Mpenya (fundada a 17/06/1965); São Paulo Apóstolo, de Chabwalo (fundada a 1970); São Inácio de Layola, em Msaladzi (fundada a 13/01/1965); São Miguel Arcanjo, em Chiritse (fundada a 29/09/1957); São Rafael Arcanjo, em Chioco (fundada a 1968), entre outras. Os demais habitantes professam a religião africana (na literatura ocidental esta religião é designada de *animista*) (CONFERÊNCIA EPISCOPAL DE MOÇAMBIQUE, 2008; INE, 2010).

As sepulturas dos mortos são muito sofridas e ocorrem em áreas muito próximas do povoado, normalmente em cemitérios familiares. Muitas vezes, mesmo que o ente querido

tenha morrido num local muito distante, é comum em quase todo Moçambique, transladar o corpo para ser enterrado no cemitério familiar.

Figura 14 – Paróquia Missão São Francisco Xavier de Lifidzi (*Akuta adzauka*).



A única exceção vale para o litoral norte de Moçambique, que tem forte influência muçulmana. O cemitério é uma área coberta de árvores de grande porte e muito assustador. Este fato pode ser observado em imagens orbitais com as do Landsat 8, onde quase sempre aparece uma área coberta de árvores em forma circular, próximo da aldeia, no meio de uma área totalmente degradada e desmatada. Isso é fácil de entender, porque no Planalto de Angónia, o cemitério é um local frequentado apenas quando se pretende sepultar ou construir uma campa e, mesmo nestas circunstâncias, a sua entrada é cheia de rituais ou cerimônias, que envolvem sacrifício de animais como galinhas, gado, entre outros, mesmo

assim com a devida autorização do chefe do cemitério.

Como resultado, as populações só frequentam o cemitério no momento de sepultar o seu ente querido. Durante este dia é feriado em toda a aldeia e todos os membros ou parentes do falecido, por mais distante que esteja do local de falecimento, não trabalha. Portanto, pode-se considerar esta data como um feriado.

Todos os outros grandes feriados são festivos e comemorados com muita pompa e circunstâncias (nascimento de uma criança, aniversário natalício, batismo, casamento etc.). Estas datas são festejadas com danças de máscaras (*nhau* – considerado Património da Humanidade pela UNESCO), dança de mulheres (*chintali*), dança dos guerreiros Ngoni (*ngoma* – os homens vestem peles de animais selvagens mais bravos – leão, leopardo, etc. (*dzibia*), empunhando um escudo feito de pele de bovino e uma lança (*m'kondo*) na mão e nos pés usam vagens de algumas leguminosas que produzem um som estéreo), conversas em volta da fogueira, bebe-se uma cerveja tradicional e local (*moa* ou *cabanga*), produzida de farinha de milho, refeições condimentadas com farinha de amendoim etc. Destas festas, toda a população participa, sejam jovens, velhos, homens, mulheres, juntando amigos e vizinhos.

O ensino primário é obrigatório e gratuito em Moçambique. Dentro deste contexto, todo o povoado tem uma escola primária pelo menos até a 5ª classe (os meninos começam a ir à escola com seis anos de idade). As escolas secundárias e técnicas estão espalhadas em quase todo Planalto de Angónia, principalmente no Município de Vila Ulónguè; Missão de São Francisco Xavier de Lifidzi e Missão de Imaculado Coração da Maria, em Fonte Boa.

3.4 Caça, pesca e coleta

Como já se fez referência anteriormente, boa parte da população do Planalto de Angónia é de camponeses do setor familiar que praticam a agricultura de subsistência. Porém, uma parte significativa continua a dedicar boa parte do seu tempo, principalmente no tempo seco e fresco, à caça, pesca e à coleta de frutos, tubérculos e folhas silvestres no ambiente natural das áreas próximas de onde vive.

No sudoeste da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi, ainda é possível encontrar comunidades inteiras isoladas umas das outras que possuem arcos, flechas, mocas

(*chibonga*), armadilhas, cães tratados para a caça, etc. As flechas são tratadas com venenos extraídas de diferentes plantas tais como: *Boophane disticha*, *Strychnos pungens*, *Prunus africanus*, *Myrianthus holstii* etc. As seguintes espécies de animais são muito apreciadas: perdiz, pássaro secretário, lebre, porco do mato, porco-espinho, ratazana, rato de cana-de-açúcar etc. As intensas caçadas e as queimadas sucessivas do mato reduziram drasticamente o número de espécies selvagens (STEFANESCO et al.,1982).

A pesca é uma prática comum e determinadas famílias são especializadas neste tipo de atividade. Existem muito métodos de pesca: i) armadilhas de folhas de palmeira ou galhos de salgueiro que são colocados dentro do curso d'água para capturar os peixes; ii) uso de rede de pesca, feitas de folhas de diferentes espécies de árvores como, por exemplo: *Borassus aethiopum*, *Phoenix reclinata*, *Rafia farinifera*, *Sansevieria longiflora*, *Aloë spp.* etc ou a partir de ramos de diferentes espécies de árvores, como por exemplo, *Brachystegia spp.*, *Julbernardia globiflora*, *Crotalaria juncea*, *Dichrostachys cinérea*, *Bauhinia thonningii* etc. As fibras ou cordas, primeiramente são fervidas em água com pedaços de madeira de *Acacia spp.*, *Terminalia stenostachya*, *Bridelia micranta*, *Bauhinia petersiana*, *Brachystegia boehmii*, *Pterocarpus angolensis*, *Lennea discolor*, *Euclea spp.*, *Ficus spp.*, para depois construir a rede. Este exercício é para fortificar as cordas e evitar que outros tipos de animais possam violentar e danificar a rede. A madeira de *Erythrina abyssinica* é utilizada para fazer flutuar a rede, enquanto que a madeira de *Albizia antunesiana* é para matar o peixe. As frutas de *Antidesma venosum* servem como iscas para pescar. As lanças também são utilizadas para pescar. As lanças são feitas de colmo de bambu local, como por exemplo, *Oxythenanthera abyssinica* (STEFANESCO et al.,1982; MOURIK et al., 1982).

O envenenamento da água é muito frequente e é responsável pela eliminação de peixes em muitos cursos d'água no Planalto de Angónia. O veneno provém principalmente, de troncos, tubérculos, raízes, sementes, mesmo de folhas de árvores e arbustos como *Strychnos spinosa* (frutos e raízes), *Mundulea sericea* (raízes, galhos e sementes), *Neorautanenimites* (tubérculo), *Burkea africana* (galhos e frutas), *Albizia versicolor* (raízes), *Guidea kranssiana*, *Tephrosia vogelii*, *Sphenostylis marginata* (tubérculo), *Cassia didymobotria* (folhas, frutas e tronco) etc. (STEFANESCO et al.,1982; MOURIK et al., 1982).

A coleta de alimentos no ambiente natural é uma prática comum no Planalto de

Angónia, mesmo em períodos de fartura, em termos de cereais, tubérculos e outros tipos de alimentos. A atividade é praticada, principalmente, por mulheres e crianças. Os frutos de seguintes árvores e arbustos locais são normalmente coletados em quase todo o planalto: *Annona*, *Parinari*, *Lannea*, *Rhus*, *Cussonia*, *Pappea*, *Vitex*, *Diospyros*, *Antidesma*, *Bridelia*, *Psoudelachnostylis*, *Ricinodendron*, *Uapaca*, *Allophilus*, *Carissa*, *Flacourtia*, *Garcinia*, *Bauhinia*, *Ekebergia*, *Ozoroa*, *Turraea*, *Fucus*, *Syzygium*, *Ximena*, *Borassus*, *Ziziphus*, *Solanum*, *Rubus*, *Grewia* etc.

As mulheres e crianças também coletam folhas para cozinha, como caril, para acompanhar a massa do cereal de milho de diferentes tipos de herbáceas e arbusto tais como: *Acacia*, *Afzelia*, *Albizia*, *Cassia*, *Aerva*, *Amaranthus*, *Bidens*, *Cleome*, *Commelina*, *Crassocephalum*, *Crotalaria*, *Dolichos*, *Dalbergia*, *Glycine*, *Hibiscus*, *Polygonum*, *Pseudarthria*, *Rummex*, *Sesamum*, *Sphenostylis*, *Tacca*, *Triumfetta*, *Vigna*, *Zornia* (STEFANESCO et al., 1982; MOURIK et al., 1982).

Também são coletadas e consumidas raízes de diferentes tipos de arbustos e herbáceas, como *Dioscorea*, *Xysmolobium*, *Nymphaea*, *Cyphostemma*, *Eriosema*, *Tacca*, *Vigna*, *Typha* (a parte de cima), *Coccinia*, *Ranunculus*, *Cussonia*, entre outros.

Os grãos coletados no capim silvestre local incluem: *Panicum maximum*, *Urochloa massambicensis*, *Eleusine indica*, *Echinochloa spp*, *Setaria spp*, *Oxythenanthera abyssinica*, *Pannisetum spp*, *Sorghum verticilliflorum*, *Dactyloctenium aegyptium* etc.

Diferentes tipos de cogumelos também são coletados para consumo, no ambiente natural próximo das povoações/aldeias como, por exemplo: *Termitomyces*, *Agaricus*, *Amanita*, *Cantarellus*, *Lepiota*, *Rusula*, *Lactarius* etc. Alguns tipos de cogumelos são secos e conservados em folhas de árvores na cozinha.

Insetos comestíveis são coletados nos bosques pelas mulheres e crianças nas primeiras horas do dia. Estas larvas alimentam-se de folhas de árvores ou de arbustos e gramíneas. Por exemplo, *Nyamakhobo* alimenta-se das folhas da *Commiphora africana*, *Mwabwa* alimenta-se das folhas de *Cussonia kirkii* e “*Mphalabungu*” ou “*Imphê*” alimenta-se das folhas de *Dolichos kilimandscharicus* e gramíneas. A captura dos termitas (*Insua*) no Planalto de Angónia favorece o desenvolvimento de um grande negócio que, às vezes, pode implicar a travessia de linha de fronteira para a República do Malawi. Os termitas são capturados no início da época chuvosa, no seu morro de muchem, quanto estão

gordos e se preparando para voar. Normalmente, todo menino de cada casa tem o seu morro de muchem para cuidar. Depois de assados e secos, muitas vezes, são vendidos nos mercados e ao longo das estradas que ligam com o vizinho Malawi (MAE, 2005).

O sal é coletado em alguns morros de muchem, nas planícies de inundação de alguns rios, durante a época seca. Normalmente, é vendido nas feiras semanais, que acontecem regularmente nos diferentes povoados do planalto. Atualmente, este sal está sendo substituído, gradualmente, pelo sal comercial, oriundo das grandes cidades do litoral de Moçambique.

A coleta de mel   também uma atividade praticada por certas famílias. A colmeia é, normalmente, feita dos ramos das árvores da espécie *Brachystegia* ou *Erythrina*. A colmeia, de forma cilíndrica é colocada no alto das grandes árvores decíduas, para proteger das queimadas descontroladas e malfeitores. O mel é extraído entre novembro a dezembro e, juntamente com a cera, é vendido ao longo da linha de fronteira com Malawi e em algumas lojas. As melhores árvores de mel são: *Acacia spp*, *Pterocarpus angolensis*, *Peltophorum africanum*, *Lonchocarpus capassa*, *Erythrina spp*, *Syzygium spp*, *Faurea saligna*, *Maytenus senegalensis*, *Dombeya rotundifolia*, *Parinari curatellifolia*, *Vangueriopsis lancifolia*, *Macaranga capensis*, *Brachystegia boehmii*, *Julbernardia globiflora*, *Lanea discolor* etc. Todas estas espécies são a base para a produção do mel de boa qualidade. Outras  rvores como, por exemplo, *Combretum molle*, *Combretum zeyheri*, *Terminalia stenostachya* também podem produzir mel, mas, que para alguns é considerado desagradável ou irritante para a garganta, enquanto o mel produzido a partir da espécie *Euphorbia ingens*   considerado tóxico ou provoca a irrita o (STEFANESCO et al.,1982; MOURIK et al., 1982).

3.5 Pecuária

Em levantamento dos dados dos Censos agropecuários de 1998/1999 e 2009/2010, verificou-se a distribui o geográfica dos povoados no Planalto de Angónia com os respectivos efetivos pecuários como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Efetivos de bovinos no Planalto de Angónia.

Povoado	Efetivos bovinos
Chizuzo	591
Majava	455
Metengombaleme	531
Metengomozi	591
Chivomozi	498
Jale	282
Gimo	476
Gonga	216
Tsangano	129
Zuoia	302
Jemusse	285
Vila Mousinho	472
Bene	306
Ingaze	110

Fonte: INE, 2003 e 2011.

O gado bovino (*n'gombe*) pertence à raça *Ngoni zebu* que quando vivo pode pesar entre 200-250 kg (Figura 15). Os cabritos (*Mbuzi*) são pequenos, fortes e saudáveis. Em geral, quando vivos pesam entre 40 – 50 kg. As ovelhas (*Nhosa*) são menos importantes, porque a sua carne é menos apreciada. Os porcos (*Nkumba*), normalmente, são encontrados em volta de casas do povoado, são de pelagem preta e vivos pesam cerca de 40 kg. Farelo (*gagalmadea*) e folhas de batata doce, muito vezes, são dados aos animais para suplementar a dieta alimentar. *Nkhupa* é um parasita intestinal causado pelo *Fasciola gigantea*, que é um verme parasita da classe *Trematoda*.

Figura 15 - Bovino do Planato de Angónia.



Além dos animais mencionados, os camponeses possuem muitas galinhas (*nkuku*) e alguns patos africanos (INE, 2003 e 2011).

A infraestrutura para a comercialização da carne é precária. Praticamente, em todo Planalto de Angónia, não há talhos (açougue) para vender a carne, com a exceção dos Municípios da Vila Ulónguè, onde existe serviço veterinário, para verificar os animais a serem abatidos. Em boa parte dos mercados onde são abatidos os animais em Lizulo, na linha de fronteira com o Malawi, abate-se cerca de duas a seis cabeças de vacas duas vezes por semana (terça-feira e sábados de manhã), ao ar livre, e a carne é vendida no local, pendurada num poste. Ao mesmo tempo, cerca de oito porcos e quatro a cinco cabritos são também abatidos no mesmo local. No “matadouro” de Municípios da Vila Ulónguè abate-se um ou dois porcos, duas a três vezes por semana. Em muitos povoados, em média, um boi é abatido por semana, pelo proprietário de animais sem nenhuma verificação do veterinário, quanto tem necessidade de dinheiro, para ajudar os trabalhos da *machamba*, infortúnio, cerimônias (casamentos, rezas aos antepassados etc.).

3.6 Problemas de uso da terra

3.6.1 Necessidade de reflorestamento

Durante o trabalho de campo, realizado nos segundos semestres de 2014 e 2015, constatou-se que quase todo norte do Planalto de Angónia (quase a totalidade do Planalto de Angónia e norte do Distrito de Tsangano), boa parte das florestas foram cortadas para desenvolvimento das atividades agrícolas. Muitas montanhas (Chua, Calomue, Lizulu, Biri-biri, M'penha, M'puru, Dómuè, Man'gani, entre outros) já não têm as florestas que tiveram no passado. A necessidade da lenha para cozinha, carvão vegetal, material de construção, mobília etc. aumentou bastante nos últimos anos. A população faz longas distâncias para encontrar a madeira e lenha para cozinha.

O desmatamento e a erosão de solos acontecem a um ritmo muito alarmante no Planalto de Angónia. Não existe nenhum controle para a prática da queimada e corte de árvores, apesar de existir serviços distritais para este fim. Neste contexto, o reflorestamento das margens dos rios, beira das estradas, montanhas etc. mostra-se urgente e necessário. Os camponeses deveriam participar ativamente nesta campanha, cedendo parte das suas propriedades que não está sendo utilizada para atividades agrícolas, sendo que a madeira produzida seria para o benefício da sua família.

No Planalto de Angónia não existe nenhuma estação experimental para o plantio de árvores nativas, excetuando alguns Eucaliptos e Pinus dispersos plantados no tempo colonial. A maioria destas áreas encontra-se na entrada do Município de Ulónguè e tem quatro a cinco hectares (STEFANESCO et al., 1982) que tinha como finalidade proteger a população e a área residencial da poeira vinda da estrada e dos campos de cultivo. Nesta área, a espécie *Pinus taeda* foi plantada com bastante sucesso. Mas, infelizmente esta plantação está sendo reduzida anualmente pela queimada.

Em diversos pontos do planalto, podem-se encontrar áreas pequenas com trinta a cem árvores plantadas: Dómuè, Tsangano, Mtengo-wa-mbalame, Biri-biri, Vila Monsinho, Vila Velha, Fonte Boa, Missão de Lifidzi, M'penha, Chipole, Chabwalo, entre outras e nota-se que se desenvolvem bem.

No entorno de área privadas foram plantadas algumas árvores exóticas, em menor

número que crescem igualmente bem: *Pinus taeda*, *Pinus patula*, *Cupressus lusitanica*, *Cedrela toona*, entre outras.

Árvores e arbustos ornamentais, também foram plantados em muitos povoados, incluindo no Município da Vila Ulónguè: *Cassia siamea*, *Jacaranda mimosifolia*, *Delonix regia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Yucca aloifolia*, *Bambusa vulgaris*, *Plumieria acutifolia*, *Cassia spectabilis*, *Euphorbia pulcherrima*, *Thevetia peruviana*, *Datura suaveoleus*, *Bugainvillea ssp.*, *Nerium oleader*, *Lantana camara*, *Agave sisalana*, *Opuntia spp.*, entre outras.

Com base nas observações feitas nas áreas limítrofes entre Moçambique e países vizinhos: Namaacha (Moçambique e Suazilândia), Ressano Garcia (Moçambique e África do Sul), Machipanda (Moçambique e Zimbabué), Calómuè (Moçambique e Malawi), que possuem as mesmas características climáticas (clima tropical modificado pela altitude) e pedológicas do Planalto de Angónia. Com a larga experiência de conservação de solos e de plantio de árvores nos países vizinhos, podem-se recomendar o plantio das seguintes espécies de árvores de crescimento rápido para o Planalto de Angónia, conforme o APÊNDICE E.

3.6.2 Utilização de terras marginais

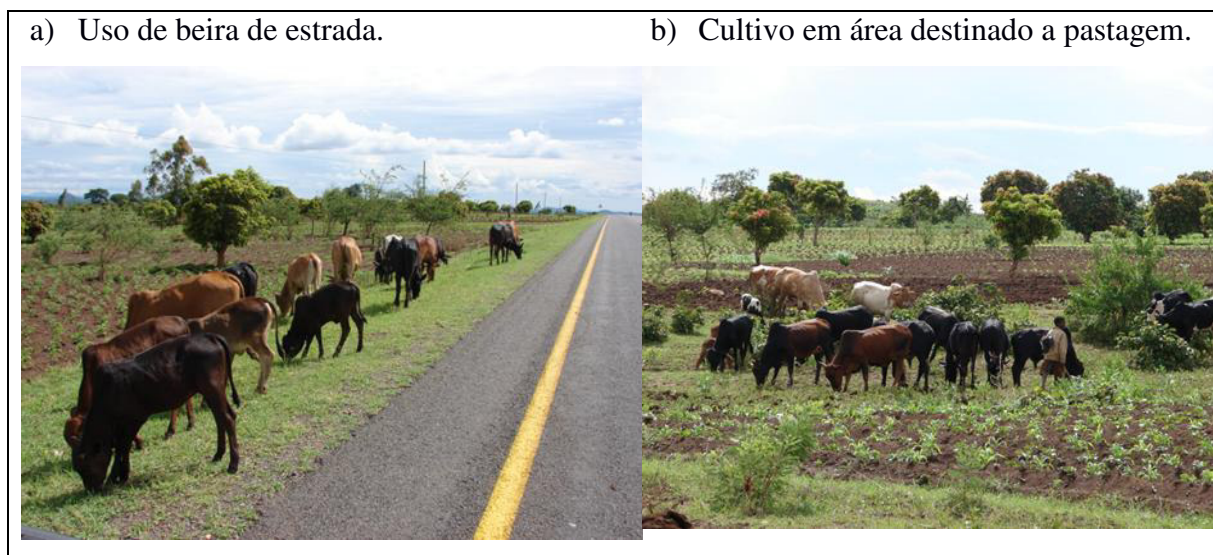
De acordo com Kassam et al. (1982), a cobertura vegetal e a natureza dos solos são bons indicadores para o planejamento do uso da terra. Ao mesmo tempo, baixas precipitações, elevadas temperaturas e elevadas taxas de evapotranspiração são importantes fatores, que podem determinar se um determinado espaço físico-geográfico é apto para atividades agrícolas ou para pastoreio (KASSAM et al, 1982).

Segundo Stefanescu et al. (1982), Voortman e Spiers (1986) e Voortman e Bindraban (2015), de uma maneira geral o Planalto de Angónia é coberta de *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa*, *Acacia campylacanta*, *Acacia sieberana*, *Bauhinia thonningii*, entre outras, as quais possuem um grande potencial para desenvolver o pastoreio e a produção de cereais, enquanto as áreas cobertas de bosques de *Brachystegia* sob solos arenosos, deveriam ser reservadas apenas para pastagem. Se este bosque é retirado para desenvolver atividade agrícola, o horizonte superficial dos solos

pode se saturar rapidamente, impedindo o crescimento normal das plantas. As queimadas descontroladas, o desflorestamento e o desenvolvimento das atividades agrícolas se arrastaram para áreas cobertas de matagal. Este fato é responsável pela escassez de abastecimento de água para a população, redução dos caudais dos rios e da umidade dos solos durante a época quente e seca. Em geral, os problemas relacionados com o uso da terra no Planalto de Angónia estão relacionados com a agricultura que usa técnicas tradicionais de queimadas.

Outro ponto a ser destacado é que na ausência de áreas para pastagem, os animais são colocados em áreas impróprias, como por exemplo, beira de estradas e ao longo de campo de cultivo, como apresentado na Figura 16, obtida em trabalho de campo.

Figura 16 – Utilização de terras marginais.



3.6.3 O problema da atividade agrícola

A área cultivada cobre cerca de 60% do Planalto de Angónia e está localizada no noroeste da linha de fronteira entre a República de Moçambique e a República do Malawi. De acordo com o MAE (2005), cerca de 50% a 60% do Planalto de Angónia são utilizados para produção de cereais e tubérculos e para habitação. O resto do planalto, principalmente a sudoeste, é composto de áreas de gramíneas, campos abandonados e savana arbóreo-arbustiva em diferentes estágios de regeneração.

Muitos solos variam de boa a má qualidade, com pouca profundidade. Estes solos foram enriquecidos por nitrogênio durante séculos, fixados pelas bactérias dos bosques de *Brachystegia-Julbernardia* e extensas florestas leguminosas, que possuem um elevado significado ecológico. A terra está sobre atividade agrícola por longos períodos de tempo, e atualmente, a área leste do Município de Ulónguè e a fronteira com a República do Malawi estão sob forte pressão da atividade agrícola (FAO/UNDP PROJECT, 1978; VOORTMAN; SPIERS, 1986; VOORTMAN; BINDRABAN, 2015).

Esta área do planalto é muito povoada e, como resultado, boas terras para agricultura foram super cultivadas e erodidas. Neste contexto, como forma de garantir a continuidade da produtividade agrícola das terras, deve-se tomar em consideração algumas práticas de conservação de solos. Nas áreas de florestas, o corte das árvores começa no início da época seca e fresca (junho - julho), quando as árvores são destroncadas e cortadas os ramos e postos a secar até outubro – novembro, quando são queimadas e suas cinzas espalhadas pelas terras onde ocorreu o fogo. De uma maneira geral, uma família comum pode derrubar 2 ha por ano (MEA, 2005).

As culturas são produzidas em pequenas propriedades familiares (1 – 2ha), (machamba, em português, e *munda* em língua *Chewua*), que são intercaladas entre um ano de pastoreio e repouso para que a terra possa recuperar a sua fertilidade. É um sistema misto de produção agrícola, em que o campo de cultivo e de pastagem quase muda anualmente. Em certos casos, parece que o sistema funciona de forma satisfatória.

Os trabalhos no campo de cultivo são feitos manualmente, utilizando-se instrumentos rudimentares como, por exemplo, enxada de cabo curto, catana, machado e foice e sem nenhuma mecanização. Esta pode ser encontrada em alguns campos de cultivos grandes e privada, normalmente destinada à produção de culturas de rendimentos (tabaco, amendoim e soja). Em alguns campos de cultivos familiares, utilizam-se, para desbravar a mata, juntas de boi com arado (STEFANESCO et al., 1982; MAE, 2005).

Com alguma exceção, em campos de cultivos relacionados às empresas que fomentam culturas de rendimento anteriormente mencionadas, não são utilizados adubos químicos, fumigação e herbicidas, mas excremento de gado bovino, porco, cabrito, galináceos, é coletados no curral (*khola*) e espalhados no campo de cultivo durante o período seco e fresco, quando os camponeses prepararam os campos de cultivo para a

sementeira seguinte. Não existe um sistema de rotação de culturas praticada de forma sistemática, mas há uma mistura de culturas ao lançar a semente na terra. Normalmente, as sementes são lançadas em canteiro (*nthumbila*), intercalando duas, ou mesmo, três culturas de forma sistemática (cereal – milho, leguminosa – feijão e amendoim).

De uma maneira geral, pode-se dizer que os camponeses utilizam os solos em função das características da cultura:

- a) Solos de baixa e média fertilidade com potencial moderado, são utilizados para plantar mandioca, milho-miúdo, amendoim, batata reno e batata doce;
- b) Solos com boa fertilidade e com elevado potencial são reservados para se plantar milho, feijão, tabaco, ervilha, etc.;
- c) Solos de elevada fertilidade, de origem aluvionar, mas com considerável potencial, porque requerem drenagem ou manejo específico, devido à inundação, são usados para cultivo de arroz, banana, cana-de-açúcar e diferentes tipos de hortaliças.

O arroz, tabaco e batata Reno são cultivados separadamente, mas o milho, milho-miúdo, amendoim, batata doce, mandioca, entre outras muitas, vezes são misturados no mesmo campo de cultivos ou são plantados nas bordas do campo de cultivo (*m'malile* ou *mungula*).

A base alimentar da população do Planalto de Angónia é a massa feita da farinha de milho, que se chama de *m'sima*. Pode-se afirmar que o Planalto de Angónia é a terra do milho que é semeado logo depois das primeiras chuvas entre novembro – dezembro e é colhido em abril-maio. As espigas de milho são armazenadas no celeiro chamado de *nhokwe* que é feito de bambu, colmo (caniço) ou de partes flexíveis das árvores. O celeiro é construído no chão ou não e apoiado por postes de árvores. O celeiro é coberto de capim, para evitar a degradação do cereal por umidade ou precipitações das chuvas (STEFANESCO et al,1982; MAE, 2005).

Os grãos de milho são preparados por mulheres num pilão (*mtondo*) até produzir uma farinha branca chamada *ufa*, com a qual se prepara a pasta de farinha de milho (*m'sima*), enquanto o farelo (*gaga* ou *misele*), muitas vezes, é utilizado para alimentar os animais de pequeno porte (porcos, galinhas, pato e pombos). Se o grão de milho for moído diretamente, sem passar pelo pilão, produz uma farinha chamada *m'gaia*. O milho excedente da produção, muitas vezes é vendido nas feiras semanais, para obter renda para

comprar óleo de cozinha, petróleo para iluminação, sabão, cobrir despesas escolares ou de saúde das crianças, roupas para a família, carne para diversificar a dieta alimentar, entre outros usos.

As próximas culturas mais importantes no Planalto de Angónia são feijão e amendoim, produzidos igualmente para a alimentação e para o mercado. Depois se segue a batata doce, a mandioca, a cana-de-açúcar que são produzidas nas depressões (*dambo*), e ao longo dos rios em pequenas hortas (*dimba*) (STEFANESCO et al.,1982; RADCLIFFE; ROCHETTE, 1982).

O tabaco e a batata Reno são culturas produzidas prioritariamente para atender o mercado. O trigo, no passado, foi produzido em Tsangano, região nordeste do Planalto de Angónia. As culturas que são menos produzidas são: feijão boer, ervilha, milho-miúdo, arroz, gergelim, girassol e *mawere (Eleusine coracama)*, que é produzido especialmente para temperar *moa* (cerveja tradicional local de milho).

Muitas hortaliças são produzidas nas depressões (*dambo*) e ao longo dos rios em pequenas hortas (*dimba*), onde os solos são úmidos, como referidos anteriormente. As espécies mais importantes produzidas nestas áreas são: tomate, cebola, alho, quiabo (*therere*), repolho, abobora, pepino, pimenta, berinjela, alface, entre outras.

As frutas também são disponíveis, mas em quantidades limitadas e em épocas naturais de ocorrência, não havendo nenhum tipo de processamento ou conserva. A exceção vai para a manga, que aparece com certa abundância. No Planalto de Angónia há muitas espécies de frutas, tais como laranja, limão, banana, pêsego, figueiras (*Ficus carica*), café, etc, que são cultivadas em hortas de algumas instituições religiosas, como por exemplo, na Missão Católica de Lifidzi e de Fonte Boa. Não existe a produção de forragem para servir de alimentação dos animais durante o período de escassez (STEFANESCO et al.,1982; MAE, 2005).

3.6.4 O problema do sobrepastoreiro

Segundo Muchangos (1999), um dos problemas que os campos de cultivo do Planalto de Angónia apresentam é que são intensivamente utilizados para alimentação dos animais durante o tempo seco. O mesmo acontece em relação às áreas que cercam os povoados ou aldeias, enquanto os bosques são pouco utilizados para esta atividade, porque são afastados e não habitados pelos homens. Existe uma pressão da pastagem dos animais nas áreas próximas dos povoados, áreas de beber dos animais e nos caminhos por onde circulam, de tal forma que, muitos *dambos*, localizados próximos dos povoados estão sobre um forte sobrepastoreiro. Os pastos dos *dambos* são, muitas vezes, reservados para o período seco; visto que boa parte está encharcada (lowe) durante o período chuvoso e impróprio para pastagem dos animais, principalmente os de grande porte como o bovino, pelo risco de se enterram na lama.

Em contrapartida, muitos *dambos* localizados em bosques são muito ricos em espécies de plantas. Capim alto caracteriza este tipo de ambiente com algumas espécies de leguminosas, como *Trifolium usambarense*, *Lotus discolor*, *vigna spp*, *Clitoria ternatea etc.* e que podem ser exploradas como forragem (STEFANESCO et al., 1982).

Durante anos de muita seca, alguns pastores percorrem longas distâncias para encontrar local onde possam alimentar as suas manadas ou rebanhos. Muitos deles fixam-se, temporariamente, em *dambos*, vertentes e ao longo dos cursos dos rios, onde encontram uma rica cobertura vegetal para alimentar aos seus animais. Alguns pastores preferem alimentar os seus animais com folhas e ramos colhidos nos mais diversos arbustos e árvores mantidos com este propósito nas áreas vizinhas dos povoados. As espécies comumente utilizadas para alimentar os animais são: *Melia azedarach* (plantada), *Acacia karoo*, *Acacia polyacantha*, *Albizia harveyi*, *Pericopsis angolensis*, *Erythrina abyssinica*, *Erythrina latissima*, *Lochocarpus capassa*, *Bauhinia thonningii*, *Bauhinia petersiana*, *Brachystegia spiciformis*, *Dichrostachys cinerea*, *Dolichos spp*, *Pterocarpus rotundifolius* (STEFANESCO et al.,1982).

Quando as pastagens sofrem o sobrepastoreio, os solos são afetados pela erosão laminar, devido ao escoamento superficial desordenado. Neste contexto, algumas ravinas

(*gullies*) podem aparecer (Figura 17). Até o fim do período de seca, em áreas próximas dos povoados podem ser vistos rastros de áreas denudadas.

De uma maneira geral, cada família, em média, pode possuir de 10 a 20 cabeças de bovinos, e que, muitas vezes, são cuidados por um jovem pastor chamado *m'busa*, que nunca se afasta mais que 5 km da casa. Ao anoitecer, o pastor traz os animais para o curral (*khola*) no povoado, para proteger os animais dos ataques frequentes de hienas e felinos. Em quase todos povoados, poucas famílias possuem cabeças de gado. Os cabritos e as ovelhas, muitas vezes, não precisam de pastor e pastam próximos das casas, juntamente com porcos e jumentos (burros) (MOURIK et al, 1982).

Figura 17 – Ravinas devido ao sobrepastoreio.



3.6.5 O problema das queimadas descontroladas

Um dos problemas que acontece em Moçambique, de uma maneira geral, e no Planalto de Angónia, de forma particular, é a prática de queimadas descontroladas que, segundo Stefanenco et al. (1982) e Muchangos (1999) ocorre desde os tempos imemoriáveis. Muitas formações vegetais deste planalto resultam destes fogos cíclicos. Até recentemente e antes das invasões Nguni, nos meados do século XIX, boa parte dos campos de cultivos, provavelmente era coberto por dispersos bosques (STEFANESCO et al., 1982; MUCHANGOS, 1999).

A queima da floresta (Figura 18) e do capim é uma prática estabelecida há bastante tempo e os seus habitantes consideram como uma forma de ser e de estar. Para eles, o fogo destrói o capim velho e doenças transmitidas por insetos, e trazem capim novo para alimentar os rebanhos, quando o problema de pastos se torna crítico no final do período de seca.

Figura 18 – Queimada em área de reflorestamento.



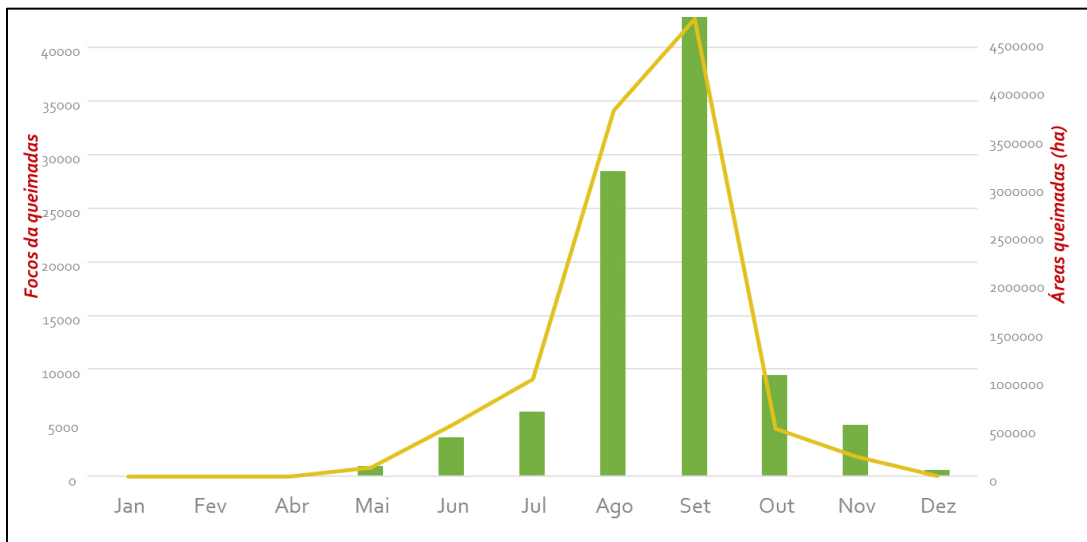
De acordo com Stefanescu et al. (1982), a existência de algumas espécies de capim alto e grosso como, por exemplo, *Hyparrhenia*, *Cymbopogon*, *Trichypogon*, *Tristachya* etc. é o resultado destes fogos cíclicos. Até certo ponto, pode-se considerar como ferramenta para controle de pasto, depois de introduzir um pasto de elevada qualidade. Porém, as queimadas indiscriminadas deveriam ser banidas. As queimadas descontroladas são muito prejudiciais à vegetação, ao solo, aos homens etc. e trazem poucos e temporários benefícios.

A estação das queimadas começa em maio até o início das chuvas em novembro de cada ano (Figura 19). Praticamente, todo o Planalto de Angónia é coberto de queimadas

durante quase toda época seca, mesmo para áreas pouco habitadas do sul onde alguns caçadores queimam o capim alto para capturar os animais. Os pastores também estão acostumados a queimar o capim alto e seco durante a seca, para estimular o surgimento de novo capim que possa servir de pastos para os seus rebanhos. Durante este período, o fogo pode ser visto mesmo em imagens orbitais como as do sensor OLI do Landsat 8 e do Sensor MODIS a bordo dos satélites Aqua e Terra. Baseado no Sensor MODIS, foi registrado mais de 90.000 focos de queimadas em Moçambique durante o ano de 2013 (LORENZINI, 2013).

Neste contexto, seria preciso montar uma equipe multi-disciplinar para conscientizar os habitantes sobre a da necessidade de parar com as queimadas descontroladas e também fazer algumas pesquisas, para avaliar os prejuízos que o fogo para a vegetação, os solos, os animais selvagens e a população.

Figura 19 – Gráfico de focos de queimada em Moçambique em 2013.



Fonte: Lorenzini (2013).

Boa parte do capim do Planalto de Angónia é perene e bem adaptada aos fogos cíclicos e longos períodos de secas. Suas raízes são compostas de rizomas, que contêm reservas de alimentos e que garantem rebrota quando ocorrem as primeiras chuvas no mês de novembro (início do período chuvoso). Esta espécie de capim também reage à ação do

fogo, com a produção de novas mudas que fazem com que toda a área de gramíneas volte a ficar verde. Mas, este efeito não é eficaz, porque se a chuva atrasa, o rizoma fica fraco e não produz brotos com vigor de fitomassa.

Se as queimadas ocorrerem sistematicamente, ano após ano, e de forma indiscriminada, os bons pastos tornam-se progressivamente degradados. Como resultado, torna-se de baixa qualidade e muitos animais podem morrer subnutridos e de diversas enfermidades. As queimadas deveriam ser controladas de acordo com as seguintes regras:

Fogo controlado deve ser praticado em apenas pequenas áreas de pastagens com fortes medidas de manejo; Queimadas deveriam ser realizadas no começo do tempo seco para proteção da silvicultura. As atividades deveriam ser feitas ao amanhecer e ao entardecer. Estas são chamadas “queimadas frias”. As queimadas praticadas desta forma causam poucos danos à vegetação, não só porque já estão ajustadas às queimas cíclicas, mas, também, porque boa parte das gramíneas e herbáceas ainda está verde; Para eliminar a regeneração das gramíneas e herbáceas nativas, breves “queimadas quentes” podem ser feitas com apoio de medidas de controle, por razões econômicas; Nenhuma queimada deveria ser permitida em dois anos consecutivos, para possibilitar que a vegetação nativa possa novamente regenerar; As queimadas da época intermediária da estação seca (julho-agosto) deveriam ser banidas, porque são muito destrutivas, com pouco ou nenhum benefício real para as pastagens; As queimadas do fim da estação seca, antecedendo o início da estação chuvosa, são destrutivas para os solos e a vegetação, nesse caso, especialmente para as sementes no início de sua germinação. A queimada pode ser permitida, mas com fortes medidas de segurança em campos de pastagens específicos; Os animais não deveriam ser trazidos para um campo recém-queimado, quando começa o início da rebrota. Os pastores deveriam esperar, no mínimo, um mês depois das primeiras chuvas, para permitir que as plantas possam crescer e dar novas folhas; Um cinturão deveria ser implementado para proteção das casas, culturas, madeira valiosa, entre outros.

4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A orientação metodológica vincula-se à Teoria Geral dos Sistemas aplicada à bacia hidrográfica, onde a interferência do sistema socioeconômico sobre o sistema ambiental gera alterações, que condicionam situações de descontrole e desequilíbrio ambiental. Conforme as proposições de Christofolletti (1999), a área objeto desta pesquisa foi analisada sob o enfoque dos sistemas não-isolados e abertos, pois, mantém relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam e permite a ocorrência constante de trocas de energia e matéria, na forma de *inputs* e *outputs*.

Como referenciado nos objetivos, este trabalho buscou identificar e caracterizar as áreas com alto potencial de ocorrência de degradação de terras por erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi, levando em consideração as características naturais e práticas tradicionais de manejo do solo.

Nesse sentido, após estudos dos principais métodos de avaliação da suscetibilidade erosiva, apresentados na fundamentação teórica, foi possível concluir que nenhum dos métodos é adequado para ser aplicado na Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi, levando em consideração os aspectos técnico-científicos, pelas seguintes razões:

Método da USLE – no atual contexto moçambicano, é grande o risco de se obter resultados imprecisos na aplicação do método USLE, principalmente, pela falta de dados adequados, em escala aceitável e confiável, como os dados relativos à série histórica de chuvas e os dados de solos. Além disso, Moçambique encontra-se localizado numa área de clima tropical totalmente diferente do clima dos EUA, para qual esse método foi desenvolvido. A dificuldade em se trabalhar com este modelo está apresentada por IAO (2009), que avaliou os recursos naturais (erosão de solos) na província de Trigray, no norte da Etiópia, e por Breetzke et al. (2013), que comparam os métodos USLE e SLEMSA, na previsão e perda de solos na província de Kwazulu-Natal, na República de África do Sul, e constataram que este último apresentava melhores resultados em relação ao primeiro;

Método da FAO – esse método mostra bom desempenho, quando utilizado em escalas muito pequenas (menores que 1:1.000.000). À medida que a escala aumenta, os resultados obtidos perdem em qualidade. A ideia geral do método é fazer uma avaliação global da perda de solos em todos os continentes (LANTIERI et al.,1990). Outro ponto

negativo para adequar o uso deste modelo à área de estudos é a inexistência de dados em Moçambique, inviabilizando os resultados em escala aproximada de 1:100.000;

Método da SLEMSA – é um método empírico que se baseia, essencialmente, na análise estatística dos parâmetros do meio físico, tais como: declividade, topografia, pluviometria, solos e cobertura vegetal, para a determinação da suscetibilidade erosiva. Portanto, é um método quantitativo para a estimativa de perda de solos por erosão hídrica. Apesar de esta equação estar mais ajustada às condições ambientais da África Austral, apresenta problemas similares aos apresentados nos métodos da USLE e da FAO;

Método de unidade de terrenos do ITC – é um método qualitativo, que se baseia na interpretação de fotografias aéreas para a determinação de áreas onde ocorrem as feições erosivas. Nesse método, foram levantados dois pontos negativos: i) o custo para a obtenção de grande quantidade de fotografias aéreas, que são necessárias para o recobrimento de toda área da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi; ii) mesmo que houvesse tais recursos financeiros, as fotografias aéreas encontradas para esta área de estudo são antigas, entre os anos de 1958 e 1960, e, dificilmente refletiriam a situação atual sobre a erosão de solos na bacia hidrográfica em questão.

Neste contexto, com base nos trabalhos de Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1995), para áreas de difícil quantificação de perda de solos por erosão hídrica, deve-se enfatizar, especialmente, a avaliação do risco natural de erosão e também a produção de mapa de suscetibilidade à erosão dos solos, com a finalidade de contribuir para o planejamento da ocupação para fins agrícola, industrial ou habitacional.

Dessa forma, foi proposto um método qualitativo, também empírico, que busca integrar a experiência do orientador e deste pesquisador no contexto no estudo da erosão e dos parâmetros que podem ser extraídos dos mapas topográficos 1:50.000, mapa de solos e das imagens do LandSat 8.

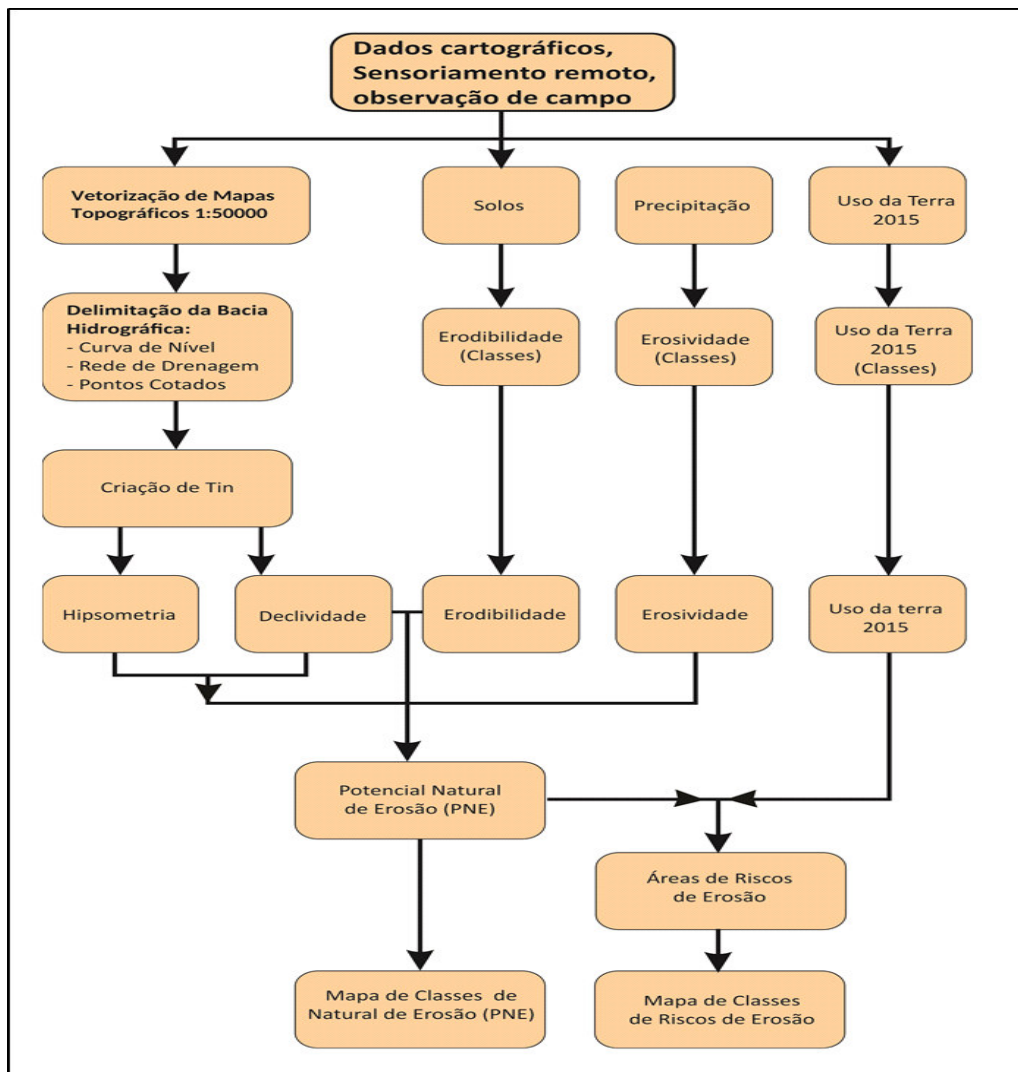
Assim, considerou-se, que para análise da suscetibilidade erosiva na área de estudo, existe uma grande vantagem na utilização de dados orbitais de Sensoriamento Remoto, uma vez que permitem a extração das classes de uso e cobertura da terra, utilizadas na análise da perda de solos por erosão hídrica.

Destaca-se que este modelo não foi planejado para dar a precisão quantitativa, como acontece nos modelos USLE ou SLEMSA, mas possibilitou avaliar de forma qualitativa, o

risco de perda de solos por erosão hídrica na área em estudo. Enfatiza-se, também, que os resultados produzidos pela aplicação deste modelo contribuirão com a escassa base de dados de Moçambique, principalmente no formato digital, tanto no que diz respeito à base cartográfica quanto em mapas temáticos, que devem subsidiar as instituições ligadas à gestão de recursos naturais do país, no sentido de indicar as áreas prioritárias para se desenvolver programas específicos de conservação de solos, em nível distrital e provincial.

As definições das características específicas dos parâmetros que provocam a erosão de solos foram levantadas a partir de estudos de publicações de instituições brasileiras no mapeamento e conservação do solo, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Assim, foi possível estabelecer os parâmetros e as classes de suscetibilidade erosiva utilizadas do projeto. A Figura 20 representa a estrutura do modelo empírico estabelecido nesta de pesquisa.

Figura 20 – Modelo empírico para avaliação da suscetibilidade à erosão dos solos.



Na sequência, são abordados os materiais e os procedimentos metodológicos utilizados para a aplicação do modelo empírico na avaliação da suscetibilidade à erosão dos solos.

4.1 Materiais

- Levantamento aerofotogramétrico ARTOP de 1958 - 1960. Escala da Fotografia -1: 46.500. 23 cm x 23 cm. Preto e branco, cedido pelo Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA), Moçambique.
- Imagem Landsat 8, de 01/10/2015, Path 168; Row 070.
- Imagem disponibilizada pelo sistema *Google Earth* (2015).
- Cartas Topográficas que recobrem o Planalto de Angónia, na escala de 1:50.000 e 1:250.000, disponibilizadas pelo Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA), conforme o Quadro 9.
- Carta de Solos de Moçambique, de 1994, na escala 1:1.000.000, produzida pelo Departamento de Terra e Água do Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA), Maputo, em formato analógico (impresso).
- Carta Geomorfológica de Moçambique, de 1983, na escala 1:2.000.000, produzida pelo Ministério dos Recursos Minerais, Maputo, em formato analógico (impresso).
- Carta da Flora Zambesiaca [s/a] na escala 1:2.500.000, compilada por H. Wild e L. A. Grandvaux Barbosa, com assistência de J. S. De Beer (Botsuana) e B. Steele (Malawi), em formato analógico (impresso).
- Carta Geológica de Furancungo e Angónia, de 2006, na escala 1: 250.000, produzida pela Direcção Nacional de Geologia e Minas, em formato analógico (impresso).
- Dados de clima de 1961 a 1984, do Planalto de Angónia, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia e com base em relatórios do Departamento de Terra e Água do Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA), Maputo, em formato analógico (impresso).
- *Softwares*: SPRING 5.2.6, ArcGIS 10.0 e QGIS 2.4.
- Dados socioeconômicos do INE, da Província de Tete, de 1980, 1997 e 2007.

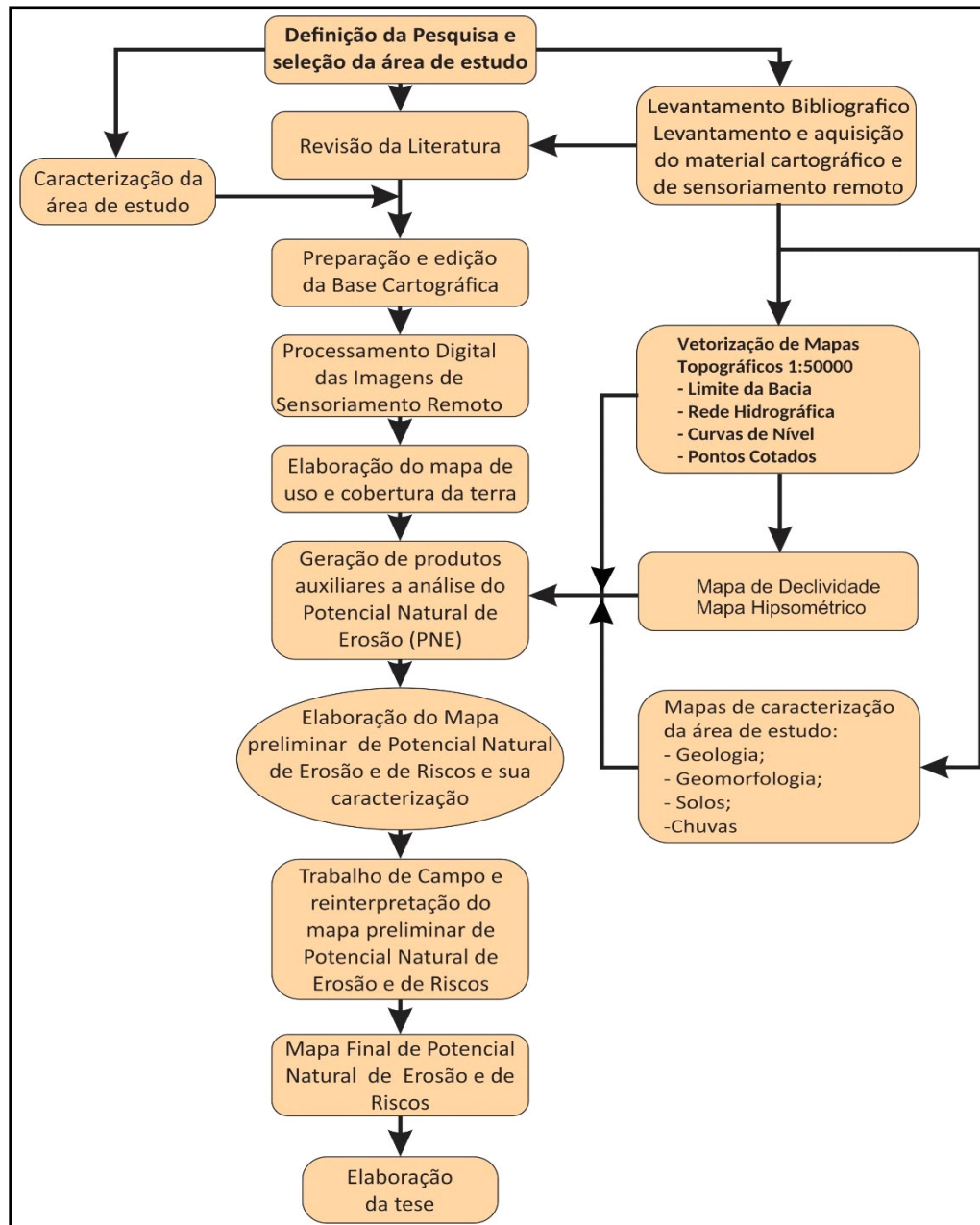
Quadro 9 - Relação de cartas topográficas que recobrem a Planalto de Angónia.

Nome	Descrição	Fonte
Furancungo , SD-36/Q, Folha n° 27;	Escala - 1:250. 000; Projecção Mercator Transversa Universal – Meridiano Central: 33° E de Greenwich; Elipsóide de Clarke, 1866; Equidistância das curvas de nível: 100 m	DINAGECA, 1988 e 2000
Ulongué, SD-36/Q, Folha n° 28;		
Tsangano , SD-36/Q, Folha n° 39.		
Macungua , SD-36/Q-I-SO, Folha n° 309, 1434 A3;	Escala – 1: 50. 000; Projecção Mercator Transversa Universal – Meridiano Central: 33° E de Greenwich; Elipsóide de Clarke, 1866; Equidistância das curvas de nível: 10 m	Direcção Nacional de Geografia e Cadastro (DINAGECA), com base no Levantamento Fotogramétrico ARTOP na escala 1: 50. 000 de 1958 - 1960.
Calómuè , SD-36/Q-I-SE, Folha n° 310, 1434 A4;		
R. Namanzi , SD-36/P-IV-NE, Folha n° 344, 1433 D2;		
Dómuè , SD-36/Q-III-NO, Folha n° 345, 1434 C1;		
Vila Ulongué , SD-36/Q-III-NE; Folha n° 346, 1436 C2;		
Cadzomba , SD-36/Q-IV-NO, Folha n° 347, 1434 D1.		
Bonze, SD-36/P-IV-SE, Folha n° 384, 1433 D4;		
Capirimbeua , SD-36/Q-III-SO, Folha n° 385, 1434 C3;		
Maúe , SD-36/Q-III-SE, Folha n° 386, 1434 C4;		
Lumbune , SD-36/X-I-NO, Folha n° 425, 1534 A1.		

4.2 Procedimentos Metodológicos

As atividades desenvolvidas, no que diz respeito aos procedimentos metodológicos, podem ser visualizadas na Figura 13, as quais são detalhadas nos itens subsequentes.

Figura 21 – Etapas do procedimento metodológico.



4.3 Levantamento bibliográfico

Nesta etapa, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio de livros, teses e publicações disponíveis em bases de dados virtuais, bibliotecas eletrônicas e na biblioteca da própria Universidade (UNESP), Campus de Rio Claro.

Esta etapa consistiu no levantamento das principais referências bibliográficas acerca da temática da avaliação integrada de recursos naturais, levantamento do meio físico, método de estudo do meio físico e da utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto. Essa etapa focou na busca sistemática e integrada de artigos de periódicos na base de dados do Portal da Capes, *Scientific Electronic Library Online* (Scielo); *GeoScienceWorld* e *Scopus*.

As principais bases de dados utilizadas foram os bancos de dados bibliográficos Athena (UNESP) – Acervo Geral; Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UNESP; USP; UNICAMP, UERJ; UFRJ; Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do Ministério da Ciência e Tecnologia; Portal de periódicos da Capes.

4.4 Levantamento de materiais cartográficos e produtos de Sensoriamento Remoto

Para a avaliação de recursos naturais no Planalto de Angónia, foram realizados levantamentos e aquisições de mapas temáticos e cartas topográficas, modelo digital de elevação (MDE), imagens de satélite e fotografias aéreas.

Para estudos de bacias hidrográficas e de municípios, Rodriguez (2013) comenta que a utilização de escalas *médias* permite uma representação cartográfica detalhada e, segundo Oliveira (2003) a representação da cartografia final, na escala de 1:100.000, é adequada para estudo desta natureza.

4.5. Elaboração da Base Cartográfica

A elaboração da base cartográfica foi realizada com base nas Cartas Topográficas na escala de 1:50.000 e 1:250.000. As cartas topográficas foram digitalizadas no *scanner* formato A0, com a resolução de 300 *dpi*, formato *TIF*, cuja extensão é compatível com o

software ArcGIS 10.0, permitindo, assim, o georreferenciamento das cartas.

Em seguida, no SIG ArcGIS 10.0, foi configurado o sistema de projeção Mercator Transversa Universal (UTM) – Meridiano Central: 33° E de Greenwich, Elipsóide de Clarke, 1866, *Datum* horizontal de Tete, o mesmo registrado nas cartas topográficas digitalizadas. Nesse banco de dados foram armazenados todos os mapas digitais produzidos por nessa tese.

Depois desta operação, as cartas topográficas foram georreferenciadas, utilizando-se quatro pontos de controle, todos apresentando erros menores que 5 metros (Tabela 6).

Tabela 6 – Pontos de controle e seu respectivo erro médio quadrático.

Carta Topográfica	Pontos de Controle		Erro (m)
	X (m)	Y (m)	
Macungua, SD-36/Q-I-SO, Folha n° 309, 1434 A3;	610.000	8400.000	4,29
	610.000	8420.000	
	630.000	8420.000	
	630.000	8400.000	
Calómuè, SD-36/Q-I-SE, Folha n° 310, 1434 A4;	635.000	8400.000	3,49
	635.000	8420.000	
	660.000	8420.000	
	660.000	8400.000	
R. Namanzi, SD-36/P-IV-NE, Folha n° 344, 1433 D2;	585.000	8370.000	4,94
	605.000	8370.000	
	605.000	8395.000	
	600.000	8395.000	
Dómuè, SD-36/Q-III-NO, Folha n° 345, 1434 C1;	610.000	8395.000	1,64
	610.000	8370.000	
	630.000	8370.000	
	625.000	8395.000	
Vila Ulongué, SD-36/Q-III-NE; Folha n° 346, 1436 C2;	635.000	8395.000	0,75
	660.000	8395.000	
	650.000	8370.000	
	650.000	8385.000	
Cadzomba, SD-36/Q-IV-NO, Folha n° 347, 1434 D1.	665.000	8395.000	3,22
	665.000	8370.000	
	685.000	8370.000	
	685.000	8395.000	
Bonze, SD-36/P-IV-SE, Folha n° 384, 1433 D4;	585.000	8365.000	2,56
	585.000	8345.000	
	605.000	8345.000	
	595.000	8365.000	
Capirimbeua, SD-36/Q-III-SO, Folha n° 385, 1434 C3;	610.000	8365.000	1,74
	610.000	8345.000	
	630.000	8345.000	
	630.000	8365.000	
Maúe, SD-36/Q-III-SE, Folha n° 386, 1434 C4;	635.000	8365.000	3,30
	635.000	8345.000	
	660.000	8345.000	
	660.000	8365.000	

Lumbune, SD-36/X-I-NO, Folha n° 425, 1534 A1.	610.000	8315.000	4,70
	610.000	8340.000	
	630.000	8340.000	
	630.000	8315.000	

O ajuste dos parâmetros do georreferenciamento foi realizado com base no conceito de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) em conformidade DECRETO N° 89.817, DE 20 DE JUNHO DE 1984. Tal conceito refere que o PEC – Planimétrico para carta de classe A é de 0,5 mm multiplicado pelo denominador da escala da carta, que pode ser calculado através da Equação 5.

$$Et = 0,5 \text{ mm} \times M \text{ (em metros)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

Et - Erro tolerável

M - Denominador da escala utilizada

Desta forma, determinou-se que o Et do georreferenciamento para as 10 folhas das cartas topográficas (1:50.000) é de 25 metros.

$$Et = 0,5 \text{ mm} \times 50.000$$

$$Et = 25 \text{ metros}$$

Em ambiente SIG, o Et é indicado pelo RMS (*Root Mean Square* ou Valor Quadrático Médio), calculado através da ferramenta *Georreferencing*, para cada ponto de controle obtido. O RMS consiste na medida da diferença entre os locais conhecidos (reais) e locais que foram interpolados ou digitalizados (previstos). Tal medida agrega diferenças individuais, os resíduos, em um único valor de previsão, o que a torna uma medida de precisão confiável. Considerando a quadrícula UTM, a unidade adotada neste trabalho é dada em metros. Sendo assim, o RMS foi calculado, considerando a mesma unidade de medida citada. Foram escolhidos 40 pontos de controle, sendo quatro pontos por carta topográfica. Após a transformação do tipo Polinomial de primeira ordem, o Erro Total

RMS foi de 3,063 m, atendendo, portanto, ao valor do Et (25 metros).

Após o georreferenciamento das cartas topográficas, realizou-se a vetorização dos dados, tais como: limite da bacia, curvas de nível (com equidistância de 10 m), pontos cotados e hidrografia, com a utilização do módulo de desenho e edição do ArcGIS 10.

Com a finalidade de garantir a precisão e a consistência do banco de dados, foram avaliadas as feições vetorizadas em termos de relacionamento de vizinhança, conectividade, sobreposição de limites ou presença de espaços vazios. O procedimento de avaliação e correção de inconsistências foi realizado através da aplicação de regras topológicas pré-estabelecidas. Especificamente no ArcGIS, essas operações podem ser realizadas automaticamente pela ferramenta *Topology*. Desta forma, foram selecionadas algumas regras básicas para verificação de erros, apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 - Rotinas de verificação de regras topológicas.

Feição	Indica áreas com sobreposição	Indica regiões de intersecção	Indica pontos/regiões sem conectividade
Linha	----	Não devem se cruzar	Devem ter pontos desconectados
Polígono	Não devem se sobrepor	----	Não devem ter pontos desconectados

Posteriormente, foi utilizada a ferramenta “*Project Raster*” do “*Data Management Tools*” do ArcGIS, para transformar o sistema de projeção das cartas topográficas do *Datum* horizontal de Tete para o *Datum* MOZNET/ITRF94, por ser compatível com o *Datum* horizontal *World Geodetic System* (WGS 84). Os parâmetros utilizados para a transformação do Datum Tete para Moznet (4) estão apresentados na Tabela 7. A transformação para o WGS84 é uma recomendação da CENACARTA para todos os trabalhos cartográficos de Moçambique.

Tabela 7 - Parâmetros de transformação geodésica

Datum Tete	Moznet (4)
Translação X	-73.47 m
Translação Y	-51.66 m
Translação Z	-112.48 m

Fonte: PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING (1999); Santos et al. (2006) e SCHETSELAAR et al. (2008)

Após o georreferenciamento e definição do sistema de coordenadas, com base nas cartas topográficas, foi produzido um mosaico abrangendo toda a área de estudos. Com esse mosaico foi possível, por meio do procedimento de vetorização, extrair os elementos destinados aos seguintes arquivos vetoriais no formato *shapefile*: limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem, pontos cotados, curvas de nível, povoados e vias de acesso.

A primeira camada produzida foi o limite da bacia hidrográfica de Lifidzi, na escala de 1:250.000, necessária para delimitar a área de estudos e futuros mapeamentos. É importante, por ser mais fácil, a interpretação das curvas de nível para a identificação da linha de divisor das águas. Depois inseriu o *shape* produzido para a escala 1:50 000 e ajustou-se os limites da bacia com precisão necessária.

Uma vez estabelecido o limite da área de estudos, como definido em Anderson (1982) e Larsson e Stromquist (1993), com base no mosaico das cartas topográficas na escala de 1:50.000, foram vetorizadas a rede de drenagem, curvas de nível, pontos cotados e a localização das estações meteorológicas e pluviométricas. A seguir, apresentam-se as principais camadas produzidas, tendo como base o mosaico formado.

4. 6 Elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade

A partir da base cartográfica, utilizando-se a ferramenta *tin* do ArcGIS, foi elaborado o mapa hipsométrico, com equidistância de 100 metros entre as curvas de nível, buscando melhor visualização das zonas mais acidentadas da área de estudo.

Para a elaboração do mapa de declividade, a partir da camada *tin* gerada

anteriormente, foi aplicada a ferramenta *slope* do ArcGIS, com adaptação das classes de declividade propostas por Marques et al. (1971), Lepsch et al. (1981, 1991), Ramalho Filho e Beek (1978, 1995) e IBGE (2007, 2009).

De acordo com Lepsch et al. (1991), o problema relacionado com a dificuldade de estimar a perda de solos por erosão laminar pode ser ultrapassado, se for adotado um critério de avaliação do risco de erosão, em função da erodibilidade dos solos e da classe de declividade. Desta forma, diferentes parâmetros podem ser utilizados para avaliar o risco de erosão de um determinado tipo de solo, em função da interação dos diferentes fatores ligados ao relevo (declividade e comprimento de rampa); solos (fraca estruturação, mudança estrutural brusca e permeabilidade lenta do solo); ou clima (ação erosiva das chuvas e dos ventos).

O comprimento de rampa é outra característica importante no processo de avaliação e está diretamente relacionado com o deflúvio (LEPSCH et al., 1981, 1991). Estes autores consideram rampa de declives longos entre 100 e 500 metros. O deflúvio é o escoamento superficial da água (volume) e é desejável que seja em pequena quantidade e com movimentos lentos na superfície do solo. Quando isso acontece, o excesso de água no solo é drenado por infiltração sem causar a erosão do solo. Esta característica está relacionada aos atributos da chuva (quantidade, intensidade, distribuição ao longo do ano e duração); declividade e extensão das rampas e aos atributos do solo (particularmente permeabilidade). As classes da declividade do relevo foram avaliadas e ligeiramente modificadas, de acordo com o princípio da ecodinâmica, que classifica os meios em estáveis, *intergrades* (em transição) e instáveis (TRICART, 1977; IBGE, 2009). Neste contexto, foram identificadas cinco (5) classes de declividade (LEPSCH et al., 1991; RAMALHO FILHO; BEEK, 1995):

- ✓ **Classe A (0% - 3%)** – corresponde a relevos planos ou quase planos, com formações superficiais espessas como, por exemplo, topos planos de chapadas, onde o escoamento superficial ou enxurradas (deflúvio) é muito lento e com efeitos de escoamento superficial quase invisível, porém, considera-se que existe perda de materiais em solução, pela ação da infiltração das águas e do escoamento subsuperficial. O declive do terreno não oferece dificuldade para a utilização de máquinas agrícolas e não existe nenhuma erosão hídrica significativa, com exceção

onde a rampa seja muito longa e com solos altamente suscetíveis à erosão ou quando recebem enxurradas de áreas vizinhas declivosas situadas a montante. Nestas áreas há predomínio da pedogênese sobre a morfogênese e correspondem aos **meios estáveis**.

- ✓ **Classe B (3% - 8%)** – corresponde a terrenos com declives suaves, com topografia ligeiramente movimentada, constituída por um conjunto de pequenas colinas e outeiros ou por sucessão de pequenos vales com densidade de drenagem grosseira e de fraca profundidade e com formações superficiais espessas, onde, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento a médio. Os declives nestes terrenos não impedem o trabalho com máquinas agrícolas. Nestes relevos, a ação do deslocamento subsuperficial provoca a perda de materiais finos na camada superficial com o empobrecimento dos solos, e localmente, o escoamento superficial difuso favorece a erosão laminar. Em alguns tipos de solos com esta classe de declive, a erosão hídrica não fornece nenhum tipo de problema, mas em outros tipos, práticas simples de conservação de solos são necessárias. Por outro lado, em solos mais erodíveis e com comprimentos de rampa muito longos, é necessária a proteção de solos com práticas mais complexas, como, sistema de terraços e faixas de retenção. Nestas áreas predomina a pedogênese sobre a morfogênese e correspondem aos **meios intergrades** ou em **transição**.
- ✓ **Classe C (8% - 12%)** – corresponde às áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevos ondulados, com densidade e profundidade média de drenagem, com formações superficiais pouco espessas ou ainda de relevos planos (0% - 3%), mas com formações superficiais rasas e/ou com pedregosidade. Na maior parte dos solos, o escoamento superficial é médio a rápido, o que provoca a formação de canaletas. Em alguns casos, a erosão fornece alguns problemas que podem ser controlados com práticas simples de conservação de solos, mas, em certos casos, práticas complexas são necessárias, para que terras com essa classe de declividade possam serem cultivadas com mais intensidade. Dada à ação desequilibrada da pedogênese sobre a morfogênese, tais áreas correspondem a meios *intergrades* (em transição).
- ✓ **Classe D (12% - 20%)** – corresponde às áreas de topografia relativamente

movimentada, composta por colinas de tamanho médio e outeiros ou de interflúvios de pendente curtos formados por vales encaixados. São relevos muito inclinados ou colinosos onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos, a não ser que os declives sejam menos complexos. Os solos desta classe são facilmente erodíveis, com exceção daqueles muito permeáveis e não muito arenosos. Normalmente, áreas com este tipo de declive só podem ser utilizadas para culturas perenes, pastagem ou reflorestamento.

- ✓ **Classe E (20% - 45%)** – representam áreas fortemente inclinadas, com topografia movimentada, desníveis fortes e formadas por conjunto de outeiros ou morros ou por superfícies intercortadas por vales profundos, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. Essas áreas apresentam densidade de drenagem fina e aprofundamento da drenagem médio a forte. As formações superficiais são relativamente espessas e/ou profundas, de estrutura média ou arenosa. Nos relevos dessecados, a ocorrência de escoamento superficial semiconcentrado e concentrado é demonstrada pela remoção do horizonte A com exposição do horizonte B, formando canaletas e sulcos profundos. Nas planícies fluviais ocorre escoamento concentrado com desbarrancamento ou desmoronamento. Nestes terrenos há um predomínio da morfogênese sobre a pedogênese, consistindo em áreas caracterizadas como **meios instáveis**.

Embora não tenha sido considerada nesta pesquisa, porque não se aplica para fins agrícolas, Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1995) consideram, ainda, uma sexta classe:

- ✓ **Classe F (> 45%)** – são áreas de relevo de topografia vigorosa com predomínio de formas acidentadas, usualmente compostas de morros, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente muito grandes e declives fortes ou muito fortes. No contexto deste trabalho, incluem-se nesta categoria as áreas escarpadas com predomínio de formas abruptas como, por exemplo, aparados, frentes de cuestras, falésias e vertentes de declives muito fortes. Nestas regiões há predomínio de enxurradas e do escoamento superficial concentrado e muito rápido que provoca a remoção total do horizonte A, atingindo

diretamente o horizonte B dos solos muito suscetíveis à erosão hídrica, formando, assim, ravinas e voçorocas (IBGE, 2009). Em áreas localizadas, no norte da área de estudo, podem ocorrer rastejamento, escorregamento e desmoronamento. Incluem-se nesta classe, relevos muito íngremes ou escarpados, onde, praticamente nenhum solo se desenvolve ou os solos são rasos (litossolos) e pedregosos, geralmente associados com afloramentos rochosos. Nestes relevos há predomínio de morfogênese sobre a pedogênese, caracterizando, desta forma como **meios instáveis** (IBGE, 2009).

O modelo empírico para a determinação da suscetibilidade erosiva do solo foi baseado nos parâmetros físicos que condicionam a ocorrência da erosão hídrica. Neste contexto, as classes da declividade foram organizadas em função da sua capacidade de provocar a erosão, tendo sido atribuídos valores que variam de 1 a 5, sendo as classes próximas do valor 1, menos erodíveis e as classes próximas do valor 5, mais erodíveis, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Relação entre classe de declividade e a suscetibilidade à erosão.

Classes de Declividade (%)	Designação	Grau de suscetibilidade
A (0% - 3%)	Plano/praticamente plano	1 – Muito baixa
B (3% - 8%)	Suavemente ondulado	2 – Baixa
C (8% - 12%)	Ondulado	3 – Moderada
D (12% - 20%)	Fortemente ondulado	4 – Alta
E (20% - 45%)	Montanhoso	5 – Muito alta

Fonte: Adaptado de Lepsch et al. (1991); INIA e UEM (1995) e Ramalho Filho e Beek (1995)

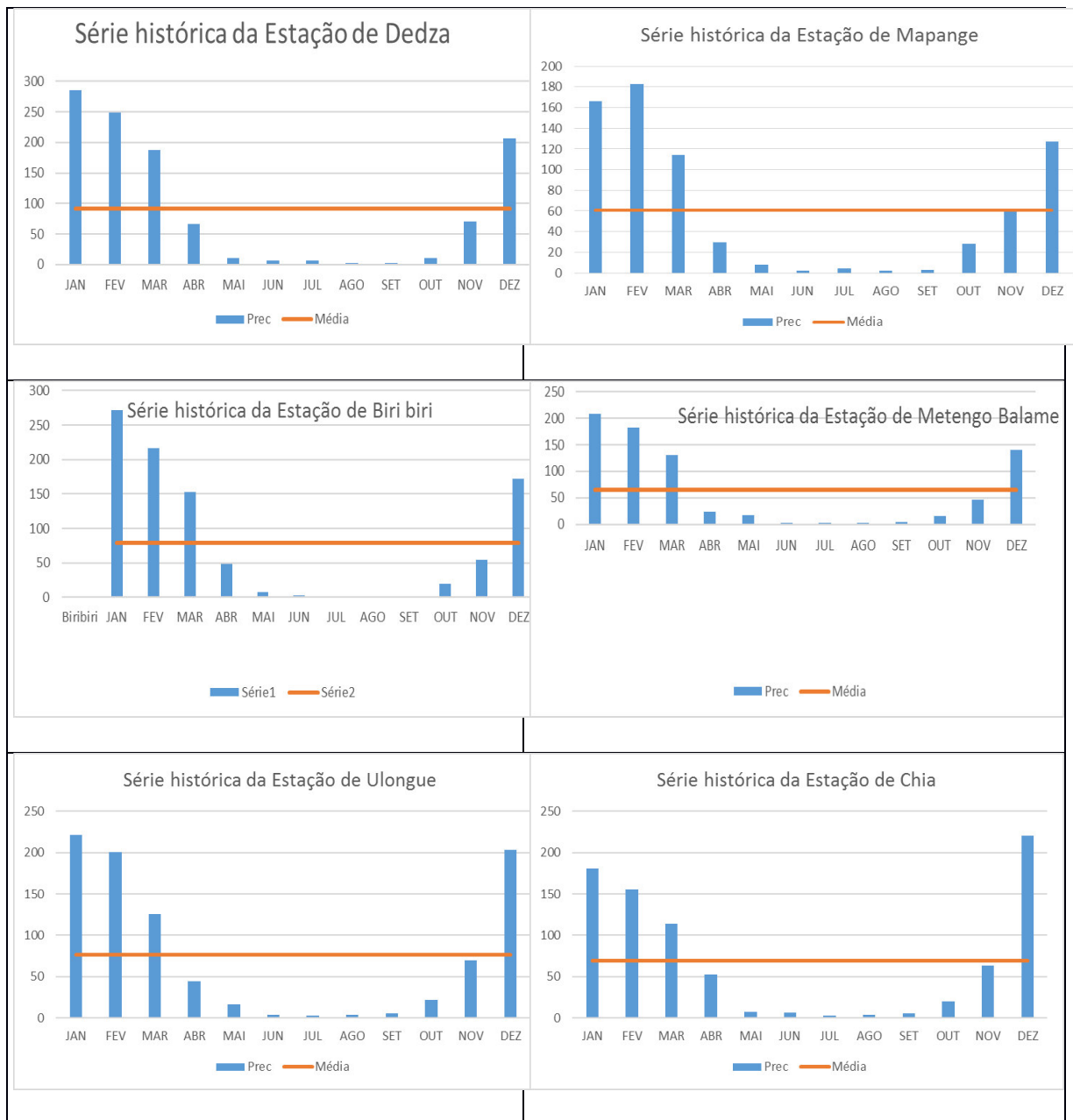
4.7 Índices de precipitação

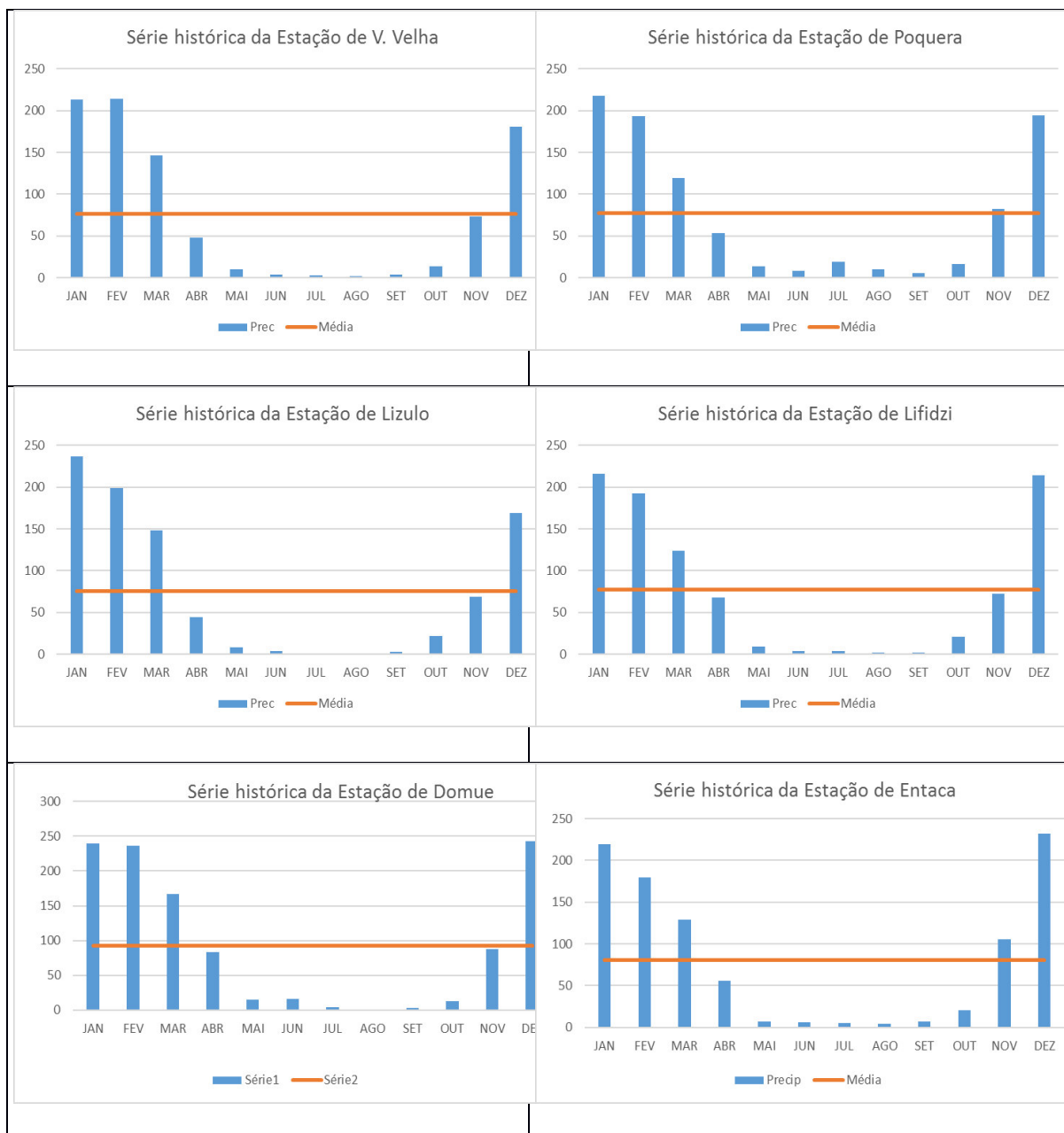
A precipitação não foi considerada de forma direta no modelo proposto, por não possuir séries históricas com cerca de trinta anos, como recomendado, além de estarem desatualizadas. Os dados disponíveis foram coletados entre 1960 e 1984, e foram obtidos em publicações da FAO. De 1984 até 2016 não foram coletados dados referentes à pluviometria na área de estudo. Embora durante o trabalho de campo, realizado, entre outubro e dezembro de 2015, se tenha conseguido dados de chuvas de 2010 a 2015, em duas estações meteorológicas localizadas na República do Malawi, os mesmos foram descartados, por considerar que as estações estão muito distantes da área de estudo. Diante

do exposto, não se considerou a erosividade das chuvas no modelo.

A Figura 22 apresenta os pluviogramas das estações meteorológicas e pluviométricas localizadas dentro e no entorno da área de estudo, sendo: Domue, Lifidzi, Lizulo, Vila Coutinho Velha, Poquera, Chia, Ulongué, Biribiri, Metengo Balame, Mapange e Dedza.

Figura 22 - Pluviogramas das estações meteorológicas e pluviométricas da área de estudo.





Através da relação entre a precipitação média anual (PMA) e a duração do período chuvoso (DPC) foi obtida a intensidade pluviométrica (IP) calculada pela Equação 6 (CREPANI et al., 2001). De acordo com o Centro Meteorológico Regional da Beira (CMRB) (2002), considera-se mês chuvoso aquele em que a quantidade de precipitação é igual ou superior a 60 mm. Neste contexto, a duração do período chuvoso de uma determinada estação meteorológica ou pluviométrica foi determinada pela soma de meses

com a precipitação igual ou superior a 60 mm (Tabela 9).

$$IP = PMA/DPC \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

PMA – Precipitação Média Anual (mm);

PPC – Precipitação do Período Chuvoso (mm);

DPC – Duração do Período Chuvoso (meses).

Tabela 9 - Relação entre a Precipitação média anual e a intensidade pluviométrica.

Estação	PMA	PPC	PCH/Anual	DPC	IP
Entaca	972	922	0,95	5	194,4
Domué	1108	1057	0,95	4	277,0
Lifidzi	928	886	0,95	4	232,0
Lizulo	905	866	0,96	4	226,3
V. Coutinho Velha	930	893	0,96	5	186,0
Poquera	931	859	0,92	5	186,2
Chia	830	785	0,95	4	207,5
Ulongué	919	865	0,94	4	229,8
Biribiri	951	915	0,96	4	237,8
Metengo Balame	777	733	0,94	4	194,3
Mapange	727	680	0,94	5	145,4
Dedza	1103	1065	0,97	4	275,8

Na Tabela 9 pode-se constatar que nas estações meteorológicas localizadas no norte da bacia de Lifidzi, como Entaca, V. Coutinho Velha, Poquera e Mapange, o período chuvoso é de até 5 meses, com variação de 680 mm (Mapange) a 922 mm (Entaca). Porém, as estações de Domué (Moçambique) (1.108 mm) e Dedza (Malawi) (1.103 mm) registram maiores volumes de precipitação, apesar de chover apenas quatro meses.

De acordo com Crepani et al. (2001), a informação relativa à precipitação média anual e a duração do período chuvoso define a intensidade intempérica que permite a quantificação empírica do grau de risco de degradação ambiental de solos por erosão hídrica, visto que intensidade pluviométrica muito elevada em curtos períodos chuvosos pode traduzir situações de grande escoamento superficial e, conseqüente, maior capacidade de perda de solos pela erosão hídrica. Neste contexto, os valores de intensidade

pluviométrica podem ser considerados representantes da energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética e logo se pode afirmar que, quanto maiores forem os valores da intensidade pluviométrica, maior será a erosividade da chuva.

Com base nas médias pluviométricas das estações meteorológicas de Dedza, Jolomole e Ntcheu no país vizinho Malawi, do período de 1960 a 1984, obtidos em relatórios de Fonseca et al. (1964), FAO/UNDP Project (1978), Voortman e Spiers (1986), elaborara o mapa de variabilidade espacial pluviométrica da bacia hidrográfica no ambiente ArcGIS. Para a representação espacial da precipitação da bacia hidrográfica em estudo, utilizou-se o método de interpolação denominado “Inverso do Quadrado da Distância (IQD) ou *The Inverse Distance Weighted (IDW)*”.

4.8 Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra

Devido às características de plantio da região estudada, associadas às características das imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30m, dificultarem a discriminação dos alvos que correspondem às áreas de plantio com culturas em estágio adulto e às áreas de vegetação nativa, preocupou-se em selecionar uma imagem que correspondesse ao período do preparo das terras para o plantio.

Dessa forma, para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, foi selecionada uma imagem de satélite de outubro de 2014, mês adequado por ser seco e quente e sem nuvens. Nesse período, os camponeses do setor familiar estão preparando os campos de cultivo para a próxima safra agrícola, o que deixa o solo exposto, podendo, assim, ser interpretado e classificado como área de cultivo. Caso a imagem fosse de outro período, poderia haver erro de interpretação, classificando-se uma área de cultivo na classe de cobertura vegetal natural.

Neste contexto, as áreas que foram mapeadas como de agricultura familiar caracterizam-se por não apresentar cobertura vegetal durante as primeiras chuvas de cada período agrícola e isso é muito importante para avaliar a quantidade do solo perdido por erosão hídrica durante milênios.

Nesta pesquisa, as classes de uso e cobertura da terra, propostas por INIA e UEM (1995), foram modificadas para se adequarem às classes do Manual Técnico de Uso da

Terra (IBGE, 2013), conforme conta no Quadro 11.

Quadro 11 – Classes de uso e cobertura da terra.

Uso e cobertura da terra – INIA e UEM (1995)	Uso e cobertura da terra - IBGE (2013)
Solo sem vegetação	Afloramento rochoso/solo exposto
Cultivo em sequeiro/agricultura sob-queimadas	Agricultura familiar
Matagal aberto (3m < altura < 7m)	Capoeira aberta
Floresta de altitude + Floresta de baixa altitude	Floresta/floresta nativa
Arbustos (0,5m < altura < 3m)	Savana
Pradaria	Savana degradada
Plantações	Silvicultura/reflorestamento
Formação herbácea inundável + Formação herbácea	Vegetação de várzeas

Fonte: Adaptado de INIA e UEM (1995); IBGE (2013)

No contexto desta modificação, foi gerado um total de oito classes de uso e cobertura da terra para a área de estudo, considerando-se o grau ou nível de proteção da vegetação, de acordo com IBGE (2013): 1) Afloramento rochoso ou solo exposto; 2) Agricultura familiar ou agricultura sob-queimada; 3) Capoeira aberta; 4) Floresta ou floresta nativa; 5) Savana; 6) Savana degradada; 7) Silvicultura ou reflorestamento; 8) Vegetação de várzeas; como segue:

Afloramento rochoso e solo exposto – são áreas que apresentam afloramento rochoso ou com solo exposto não utilizável na agricultura;

Agricultura familiar – nesta classe incluem-se todas as áreas cultivadas em sequeiro ou em depressões (hortas) com multiculturas, tais como milho, amendoim, soja, mexoeira, fruteiras, legumes e outras. Na data em que a imagem foi registrada, essas áreas aparecem como solo exposto e sem vegetação, em virtude dos camponeses já terem realizado a colheita e já estarem em processo de preparação da terra para o próximo plantio;

Capoeira aberta – áreas de vegetação arbustiva e gramíneas;

Floresta nativa – nesta classe inclui-se toda a cobertura vegetal composta essencialmente de árvores com altura maior que 7 metros. Nesta categoria estão agregadas a floresta de altitude, que se encontra no monte Dómuè, e a floresta de baixa altitude, que está localizada no sul e oeste da bacia hidrográfica de Lifidzi;

Savana e savana degradada – esta classe de cobertura vegetal foi de difícil discriminação na imagem de satélite utilizada. A discriminação dessas duas subclasses

foi possível por meio de trabalho de campo em algumas regiões da área de estudo. O mapeamento da área completa foi por analogia dos alvos da imagem interpretados por meio das informações adquiridas em campo. Esse processo foi relativamente subjetivo, porque não foi possível visitar todas as áreas e porque, na análise da degradação, devem-se levar em consideração as espécies que compõem a savana e o seu estado de cobertura ao longo dos anos e não apenas em um momento único, por meio de uma imagem de satélite. Embora esse processo estanque possa incorrer em erro na diferenciação dessas duas subclasses, o método é importante, porque pode usar a proximidade com povoados para inferir a degradação, pois a população utiliza estas áreas para extração da madeira para construção, fibras, uso como combustível lenhoso, bem como para o pasto do gado durante todo o ano ou quando os pântanos estão encharcados durante a época chuvosa;


Silvicultura ou reflorestamento – são as áreas reflorestadas, principalmente, de espécies importadas como *Pinus* e *Eucalipto*, encontradas, basicamente, nas missões católicas;

Vegetação de várzeas – nesta classe está incluída toda cobertura vegetal que ocorre ao longo dos rios e nos pântanos (*dambos*), como a floresta de galeria, formação herbácea inundável e formação herbácea normal próxima das superfícies líquidas (várzeas);

A distribuição das classes, segundo o grau de proteção do solo, foi realizada considerando algumas características: suas condições na cobertura e proteção do solo das ações do sol, chuva e vento; a cobertura do solo como um parâmetro importante para o controle da erosão; o vigor de fitomassa na identificação da cobertura vegetal, caracterizando áreas pouco suscetíveis a risco de erosão, incluindo florestas, savanas, silvicultura e vegetação de várzeas. Áreas com afloramento rochoso e de solo exposto foram consideradas de alto risco à erosão hídrica.

Neste contexto, o Quadro 12 e 13 apresentam as classes de uso e cobertura da terra, em função do grau de proteção que oferecem ao solo em relação aos agentes causadores da erosão.

Quadro 12 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal e proteção do solo.

Classes de Uso e cobertura da terra	Grau de proteção do solo	
Floresta nativa	Extremamente alto	
Vegetação de várzeas	Muito alto	
Silvicultura/reflorestamento	Alto	
Capoeira aberta	Médio	
Savana	Médio	
Savana degradada	Baixa	
Agricultura familiar/agricultura sob-queimadas	Muito Baixa	
Afloramento rochoso/solo exposto	Extremamente baixo	

Quadro 13 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal e grau de proteção do solo.

Classes de uso e cobertura da terra	Grau de proteção do solo	Grau do risco
Floresta nativa	Muito alto	1 Muito baixo
Vegetação de várzeas	Alto	2 Baixo
Silvicultura/reflorestamento	Médio	3 Moderado
Capoeira aberta/Savana degradada	Baixo	4 Alto
Agricultura familiar/Afloramento rochoso/solos exposto	Muito baixo	5 Muito alto

Fonte: Adaptado de Tricart (1977), Ross, 1994 e Crepani et al. (2008)

Após a definição e a caracterização das classes de uso e cobertura da terra e sua relação com o grau de proteção do solo, iniciou-se a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra. Para tanto, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8, do dia 01/10/2015, *Path* 168 e *Row* 070. Para a discriminação dos objetos na imagem, com a finalidade de caracterizar o uso e cobertura da terra, foram selecionadas as bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros: Banda 4 – RED (0.64 – 0.67 μm), B5 – *Near Infrared* (NIR) (0.85 – 0.88 μm) e B6 – SWIR 1 (1.57 – 1.65 μm) e a B8 - *Panchromatic* (0.50 – 0.68 μm) com 15 m de resolução espacial. Observa-se que as bandas 4, 5 e 6 do Landsat 8 correspondem, respectivamente, às bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5.

Após a seleção das bandas, foram realizados os seguintes procedimentos de pré-processamento:

- Transformação do sistema de projeção da imagem. As imagens do Landsat 8 são fornecidas no sistema de projeção UTM, *datum* WGS 84, zona 36, hemisfério

Norte, sendo necessário, no âmbito deste estudo, a transformação para o sistema de projeção UTM, *datum* Moznet (4), zona 36 do hemisfério Sul. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *Project Raster* do *Data Management Tools* do ArcGis;

- Estruturação de Banco de Dados no SPRING. Foi estruturado o banco de dados com o sistema de projeção UTM, *datum* Moznet (4), zona 36 do hemisfério Sul, considerando-se as coordenadas limites da imagem, que envolvem a área de estudo. Esse processo pode ser realizado manualmente com as ferramentas *Arquivo – Banco de Dados* e *Arquivo – Projeto* ou automaticamente na importação de imagens georreferenciadas com a ferramenta *Arquivo – Importar – Importar Dados Vetoriais e Matriciais*;
- Conversão radiométrica da imagem de 16 para 8 bits. As imagens do Landsat 8 são disponibilizadas em 16 bits (65.536 níveis de cinza) e o *software* utilizado para o processamento da imagem, SPRING versão 5.2.6, processa imagens de 8 bits (256 níveis de cinza). O procedimento de conversão radiométrica ocorre no próprio SPRING durante o processo de importação da imagem, por meio da ferramenta *Arquivo – Importar – Importar Dados Vetoriais e Matriciais*. Outra alternativa testada e validada foi no *software* QGIS versão 2.4, pela ferramenta *Menu Raster – Conversão-Tradução (converter o formato)*.
- Ampliação de contraste dos níveis de cinza. Essa atividade é essencial para transformar a imagem original, que possui níveis de cinza-escuro e dificulta a identificação dos alvos na imagem, em uma imagem realçada, que possibilita mais facilmente a visualização das feições que caracterizam os objetos de estudo. Esse processamento da imagem ocorreu no SPRING, com a ferramenta *Imagem – Contraste* e consistiu na aplicação da técnica de ampliação de contraste por meio da manipulação do histograma dos *pixels* contidos nas imagens;
- Classificação do uso e cobertura da terra. Para melhor identificação da cobertura vegetal, com base na banda 5 (NIR), foi calculado o índice de vegetação de diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*), proposto por Rouse et al. (1973), conforme a equação 1. Esse procedimento ocorreu com a

ferramenta *Imagem – Operações Aritméticas* – Operação: $C = \text{Ganho} * ((A - B) / (A + B)) + \text{Offset}$

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde,

IVP = Infravermelho Próximo

V = Vermelho

No procedimento da classificação da imagem para a extração das classes de uso e cobertura da terra foi realizada a composição colorida da banda 4 (*Blue*), com a banda do produto NDVI (*Green*) e a banda 6 (*Red*). A partir da composição colorida, foi aplicado o procedimento de segmentação (ferramenta *Imagem – Segmentação*), informando o método de agrupamento por crescimento de regiões. Outros dados informados foram os valores de similaridade e de pixels. A medida de Similaridade está baseada na distância Euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região. Assim, duas regiões são consideradas distintas, se a distância entre suas médias for superior ao limite de Similaridade escolhido. Quanto aos valores de pixels, regiões com área menor que o mínimo escolhido são absorvidos pelas regiões com adjacentes mais similaridade.

A partir do resultado obtido com a segmentação, foi realizada a classificação supervisionada por regiões, utilizando-se o classificador *Bhattacharya* (ferramenta *Imagem – Classificação*), e considerando-se as seguintes classes de uso e cobertura da terra: Floresta nativa, Vegetação de várzeas, Silvicultura/reflorestamento, Capoeira aberta, Savana degradada, Agricultura familiar, Afloramento rochoso/solo exposto.

Com base no resultado da classificação, foi produzido o mapa temático de uso e cobertura da terra com a ferramenta *Imagem – Mapeamento de Classes para imagem Temática*. Por meio desse mapa temático, foi possível quantificar a área de cada classe de uso e cobertura vegetal.

Na validação do mapa temático, observou-se que, devido à heterogeneidade dos alvos na imagem, a classificação supervisionada por regiões apresentou como resultado

alvos que foram incluídos em outras classes, gerando confusão, principalmente, como: áreas de cicatrizes de queimada que foram incluídas na classe solo exposto; áreas de floresta de altitude, de floresta savânica densa, e de vegetação de várzea que se confundiram entre si; áreas de agricultura familiar, que foram classificadas como solo exposto ou afloramento rochoso. O processo de correção dos erros de classificação passaria pela edição manual do mapa temático gerado, o que demonstrou ser um processo bastante demorado, em função da grande quantidade de objetos classificados indevidamente. A alternativa foi, com base na segmentação, realizar manualmente o mapeamento do uso e cobertura da terra, por meio de análise interpretativa, associando os polígonos às respectivas classes.

4.9 Elaboração do mapa de classes de erodibilidade relativa de solos

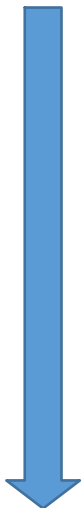
De acordo com Pimentel (2005), a erosão ocorre quando o solo é exposto à força da chuva. A erosão tem origem no rompimento do equilíbrio natural do solo, devido à ação de forças conjugadas dos fatores climáticos, a declividade do terreno, capacidade do solo de absorver mais ou menos água, resistência do solo à ação erosiva da água, distância percorrida pelo deflúvio, rugosidade superficial do terreno e grau de cobertura do solo quando da ocorrência da chuva (PRUSKI, 2013). A resistência que o solo exerce à ação erosiva da água, está relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como a natureza e a quantidade de cobertura vegetal do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

A erosão superficial do solo pode ocorrer pela ação da água e do vento. A capacidade erosiva da água é facilitada pelas características: dos solos, como textura, estrutura e permeabilidade; do tipo de cobertura vegetal; das características do relevo e do clima relacionado ao volume e velocidade do deflúvio (LEPSCH et al., 1991). Em caso de áreas quentes e úmidas como os trópicos, o processo erosivo da maior parte das terras é ocasionado, principalmente, pela ação da água das chuvas em forma de deflúvio ou enxurradas. A erosão eólica é restrita a pequenas áreas localizadas (LEPSCH et al., 1991).

No contexto desse trabalho, consideraram-se solos diferentes, mas com erodibilidade similar ou aproximada, foram agrupados numa mesma classe de

erodibilidade. A capacidade de infiltração da água, a profundidade do perfil vertical do solo, a textura e a estrutura foram consideradas como características importantes para a definição das classes de erodibilidade. Assim, os solos da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi foram organizados em ordem crescente erodibilidade, isto é, do menos erodível para o mais erodível (Quadro 14).

Quadro 14 - Os solos da bacia hidrográfica em função da sua erodibilidade relativa.

Erodibilidade relativa	Tipos de solos		Grau de erodibilidade	
Solos menos erodíveis	KG's	KGm		
		KMm+CG		
		KG+CMg		
Solos mais erodíveis	VG's	VGm		
		VGm+VMm		
		VGm+CGg		
		VGb+VGbm		
		VG+KG		
		VGb+CGgv		
		VG+CGg		
		VG+VMmy		
		VGo+CG		
		VG+I		
		I's		I+VMbm
				I+VGbl
I+VGl				
I				

4.10 Trabalhos de observação de campo

A área de estudo foi visitada em dois períodos da realização desta pesquisa para dar suporte ao mapeamento e caracterização das classes de uso da terra e cobertura vegetal. Nesses trabalhos de campo foram visitadas áreas com acesso por meio de estradas rurais, onde foram obtidos dados dos tipos de cultivos e formas de plantio. Nesses campos, além das entrevistas (comunicação oral) foram também obtidas fotografias para auxiliar na caracterização das ocupações das terras.

4.10 Integração de dados no modelo empírico

Como descrito anteriormente, a elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi ocorreu em dois momentos distintos: **i)** um primeiro momento foi analítico, que consistiu na elaboração da cartografia temática isolada de camada, como parâmetros de entrada no modelo empírico, como recomenda Tricart (1977), Larsson e Stromquist (1993), Ross (1994), Crepani et al. (2008), Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Pruski (2013); **ii)** um segundo momento: segmento de integração dos parâmetros ou de síntese, que foi conduzido pela abordagem holística, e caracterizou-se pela integração dos parâmetros obtidos na fase analítica que foram interpretados à luz da teoria sistêmica. Dentro deste contexto, a integração dos dados foi feita por fases: primeiro integrou-se a camada de declividade (%) e a camada de solos, considerando a erosividade da chuva, para se obter a camada de Potencial Natural de Erosão (PNE). Seguidamente, integrou-se o PNE com a camada de uso da terra e cobertura vegetal, tendo como resultado o mapa de Riscos de Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica.

Este último mapa é um produto, que representa o mapa geológico, geomorfológico, pedológico e de declividade, em vez de considerar cada mapa de forma isolada, já que as informações estão em forma de síntese.

Assim, o mapa de riscos à erosão hídrica foi considerado conforme o conceito ecodinâmico de Tricart (1977), tendo como objetivo avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, de modo a compatibilizar suas características naturais com suas restrições (KAWUABUKO et al., 2005). Considera-se que as suscetibilidades dos ambientes dependem de suas características genéticas, ou seja, deve-se conhecer o ambiente integralmente, em termos de características do relevo, dos solos e das rochas, para a realização do zoneamento de riscos de ocorrência de processos físicos (ROSS, 1994). Dessa forma, foram adotadas cinco classes, enumeradas de 1 a 5, sendo a 1 equivalente à classe de mais baixa suscetibilidade aos processos do meio físico e a 5 correspondente à classe de mais alta suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico (ROSS, 1994) (Quadro 15 e Tabela 10).

Quadro 15 - Critérios para definição Classes do Potencial Natural de Erosão (PNE).

Classes	Principais características para a definição dos pesos
1 Muito baixa	Baixas declividades (inferiores a 10%); Relevo suave; Baixa potencialidade de ocorrência de processos do meio físico.
2 Baixa	Baixas declividades; Relevo suave; Formação arenítica podendo facilitar a ocorrência de erosão linear.
3 Moderada	Declividades médias; Média amplitude altimétrica; Potencialidade de ocorrência de erosão linear e escorregamentos.
4 Alta	Relevo dissecado; Médias declividades; Presença de afloramentos rochosos superficiais; Presença de processos de erosão, escorregamentos localizados e rolamento de blocos.
5 Muito alta	Altas declividades (superiores a 30%); Nível de água afloramento raso; Alta potencialidade de ocorrência de processos da dinâmica superficial (escorregamentos, rolamento de blocos e erosão).

Fonte: Adaptado de Tricart (1977), Ross, 1994 e Crepani et al (2008)

No *software* ArcGis, o procedimento para a realização da sobreposição ponderada consiste nos passos descritos a seguir:

- ✓ Reclassificar a camada de declividade: através da ferramenta *Reclassify*, do *ArcToolbox*, foi feita a reclassificação, por meio da tabela de atributos, os valores das classes geradas para valores de classes de 1 a 5, de acordo com os pesos estabelecidos para cada classe;
- ✓ Converter a camada de classes de declividade (%) de raster para shapefile: através da ferramenta *From to Raster-Raster to polygon*, do *ArcToolbox – Conversion Tool*. No caso, converteu-se a camada de declividade para o formato vetorial (polígonos), uma vez que a camada de solos já estava neste formato;
- ✓ Gerar o Potencial Natrual de Erosão (PNE): por meio da ferramenta *Intersect*, *ArcToolbox – Analysis Tool*, foi realizada a sobreposição dos mapas de declividade e de solos. A partir do resultado desse processo, na tabela de atributos do mapa

gerado, foi feita a ponderação do Potencial Natural de Erosão, conforme a Tabela 10;

- ✓ Gerar o Risco de Degradação Ambiental: por meio da ferramenta *Intersect*, *ArcToolbox – Analysis Tool*, foi realizada a sobreposição dos mapas PNE e de uso e cobertura da terra. A partir do resultado desse processo, na tabela de atributos do mapa gerado, foi feita a ponderação do Risco de Degradação Ambiental, conforme a Tabela 11.

Tabela 10 – Ponderação do PNE em função das classes de Declividade e tipo de solo.

Classes de Declividade (%) / Relevo	Associação de solos	Peso do PNE
Classe A (0% a 3%) Plano/praticamente plano	KGm	1 (Muito baixo)
	KMm+CG	1 (Muito baixo)
	KG+CMg	1 (Muito baixo)
	VGm	1 (Muito baixo)
	VGm+VMm	1 (Muito baixo)
	VGm+CGg	1 (Muito baixo)
	VGb+VGbm	1 (Muito baixo)
	VG+KG	1 (Muito baixo)
	VGb+CGgv	1 (Muito baixo)
	VG+CGg	1 (Muito baixo)
	VG+VMmy	2 (Baixo)
	VGo+CG	2 (Baixo)
	VG+I	3 (Moderado)
	I+VMbm	4 (Alto)
	I+VGbl	4 (Alto)
	I+VGl	5 (Muito alto)
	I	5 (Muito alto)
Classe B (3% - 8%) Suavemente ondulado	KGm	1 (Muito baixo)
	KMm+CG	1 (Muito baixo)
	KG+CMg	1 (Muito baixo)
	VGm	1 (Muito baixo)
	VGm+VMm	1 (Muito baixo)
	VGm+CGg	1 (Muito baixo)
	VGb+VGbm	1 (Muito baixo)
	VG+KG	1 (Muito baixo)
	VGb+CGgv	1 (Muito baixo)
	VG+CGg	2 (Baixo)
	VG+VMmy	3 (Moderado)
	VGo+CG	3 (Moderado)
	VG+I	4 (Alto)
	I+VMbm	4 (Alto)
	I+VGbl	5 (Muito alto)
	I+VGl	5 (Muito alto)
	I	5 (Muito alto)
Classe C	KGm	1 (Muito baixo)

(8% - 12%) Ondulado	KMm+CG	1 (Muito baixo)
	KG+CMg	1 (Muito baixo)
	VGm	2 (Baixo)
	VGm+VMm	2 (Baixo)
	VGm+CGg	3 (Moderado)
	VGb+VGbm	3 (Moderado)
	VG+KG	4 (Alto)
	VGb+CGgv	4 (Alto)
	VG+CGg	4 (Alto)
	VG+VMmy	5 (Muito alto)
	VGo+CG	5 (Muito alto)
	VG+I	5 (Muito alto)
	I+VMbm	5 (Muito alto)
	I+VGbl	5 (Muito alto)
	I+VGl	5 (Muito alto)
I	5 (Muito alto)	
Classe D (12% - 20%) Fortemente ondulado	KGm	2 (Baixo)
	KMm+CG	2 (Baixo)
	KG+CMg	2 (Baixo)
	VGm	3 (Moderado)
	VGm+VMm	3 (Moderado)
	VGm+CGg	4 (Alto)
	VGb+VGbm	4 (Alto)
	VG+KG	5 (Muito alto)
	VGb+CGgv	5 (Muito alto)
	VG+CGg	5 (Muito alto)
	VG+VMmy	5 (Muito alto)
	VGo+CG	5 (Muito alto)
	VG+I	5 (Muito alto)
	I+VMbm	5 (Muito alto)
	I+VGbl	5 (Muito alto)
I+VGl	5 (Muito alto)	
I	5 (Muito alto)	
Classe E (>20%) Montanhoso	KGm	3 (Moderado)
	KMm+CG	3 (Moderado)
	KG+CMg	3 (Moderado)
	VGm	4 (Alto)
	VGm+VMm	4 (Alto)
	VGm+CGg	5 (Muito alto)
	VGb+VGbm	5 (Muito alto)
	VG+KG	5 (Muito alto)
	VGb+CGgv	5 (Muito alto)
	VG+CGg	5 (Muito alto)
	VG+VMmy	5 (Muito alto)
	VGo+CG	5 (Muito alto)
	VG+I	5 (Muito alto)
	I+VMbm	5 (Muito alto)
	I+VGbl	5 (Muito alto)
I+VGl	5 (Muito alto)	
I	5 (Muito alto)	

Tabela 11 – Ponderação do RDA em função das classes das PNE e classes de uso e cobertura da terra.

Classes de PNE	Classes de uso da terra e cobertura vegetal	Peso do Risco
PNE 1 (Muito baixo)	Floresta nativa	1 (Muito baixo)
	Vegetação de várzeas	1 (Muito baixo)
	Silvicultura/reflorestamento	1 (Muito baixo)
	Capoeira aberta	1 (Muito baixo)
	Savana	1 (Muito baixo)
	Savana degradada	2 (Baixo)
	Agricultura familiar/agricultura sub-queimadas	2 (Baixo)
	Afloramento rochoso/solos exposto	3 (Moderado)
PNE 2 (Baixo)	Floresta nativa	1 (Muito baixo)
	Vegetação de várzeas	1 (Muito baixo)
	Silvicultura/reflorestamento	1 (Muito baixo)
	Capoeira aberta	1 (Muito baixo)
	Savana	2 (Baixo)
	Savana degradada	2 (Baixo)
	Agricultura familiar/agricultura sub-queimadas	3 (Moderado)
	Afloramento rochoso/solos exposto	4 (Alto)
PNE 3 (Moderado)	Floresta nativa	1 (Muito baixo)
	Vegetação de várzeas	1 (Muito baixo)
	Silvicultura/reflorestamento	1 (Muito baixo)
	Capoeira aberta	2 (Baixo)
	Savana	3 (Moderado)
	Savana degradada	3 (Moderado)
	Agricultura familiar/agricultura sub-queimadas	4 (Alto)
	Afloramento rochoso/solos exposto	5 (Muito Alto)
PNE 4 (Alto)	Floresta nativa	2 (Baixo)
	Vegetação de várzeas	2 (Baixo)
	Silvicultura/reflorestamento	3 (Moderado)
	Capoeira aberta	4 (Alto)
	Savana	4 (Alto)
	Savana degradada	5 (Muito Alto)
	Agricultura familiar/agricultura sub-queimadas	5 (Muito Alto)
	Afloramento rochoso/solos exposto	5 (Muito Alto)
PNE 5 (Muito alto)	Floresta nativa	3 (Moderado)
	Vegetação de várzeas	3 (Moderado)
	Silvicultura/reflorestamento	3 (Moderado)
	Capoeira aberta	4 (Alto)
	Savana	5 (Muito Alto)
	Savana degradada	5 (Muito Alto)
	Agricultura familiar/agricultura sub-queimadas	5 (Muito Alto)
	Afloramento rochoso/solos exposto	5 (Muito Alto)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

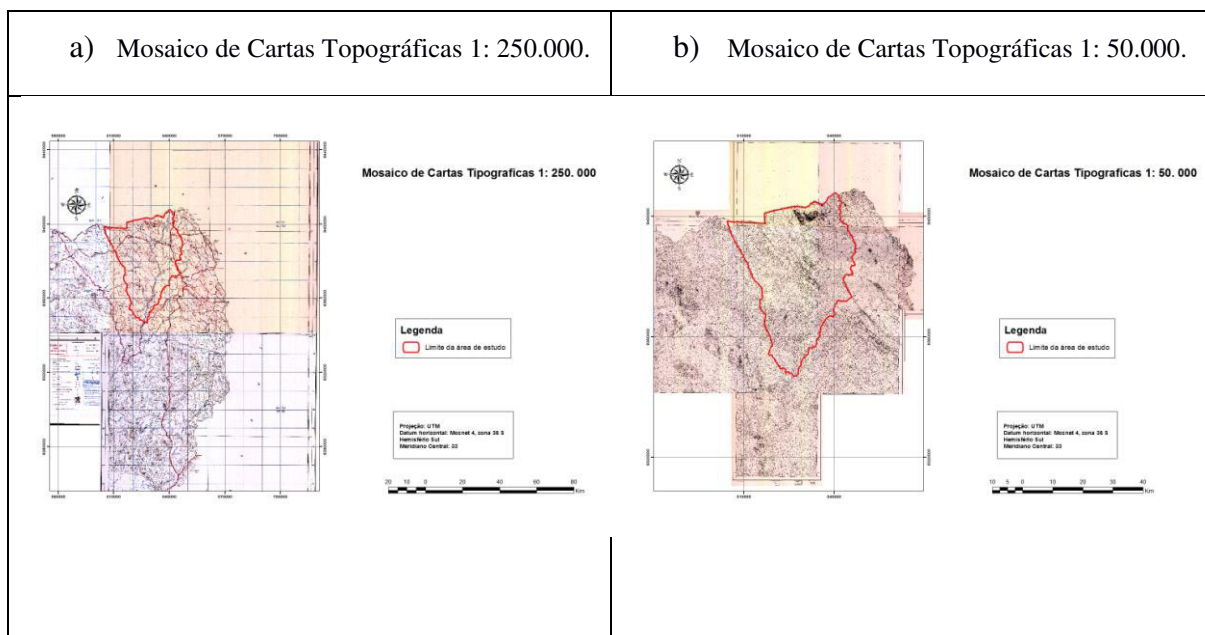
De acordo com a metodologia adotada para a caracterização das áreas com alto potencial de ocorrência de degradação de terras por erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, considerando as características naturais e práticas tradicionais de manejo do solo, neste capítulo apresentam-se os resultados alcançados.

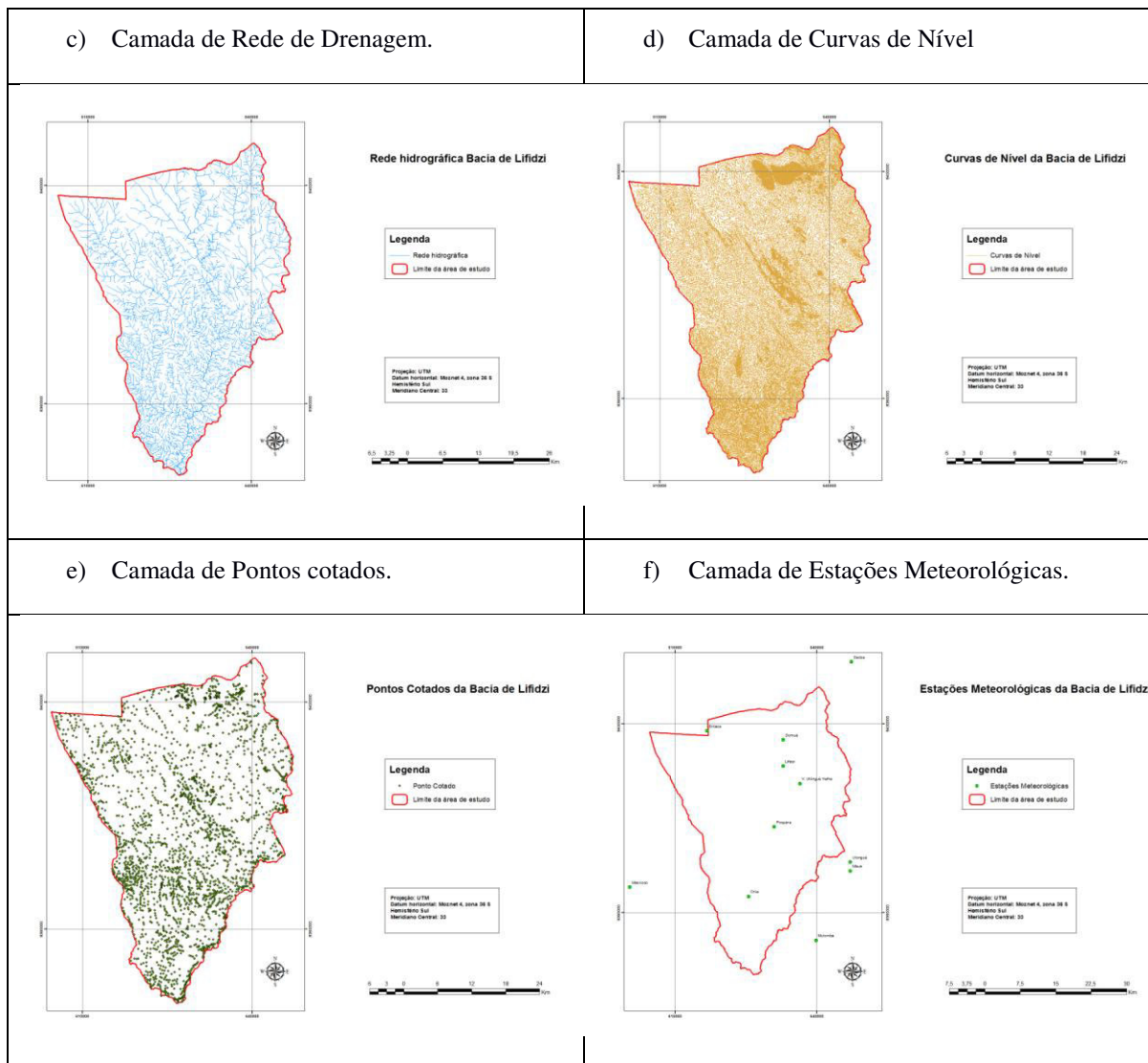
Para auxiliar a avaliação da erosão hídrica da bacia do Rio Lifidzi, elaboraram-se os mapas de declividade, hipsometria, rede hidrográfica, geomorfológico, geológico e de precipitação da área de estudo.

5.1 Produtos temáticos para entrada de dados no modelo empírico

A princípio, foram produzidos mosaicos com imagem *raster*, das cartas topográficas 1: 250.000 (Figura 23-a) e das cartas topográficas 1:50.000 (Figura 23-b), sendo produzida a base cartográfica composta pelas camadas rede de drenagem (Figura 23-c), curvas de nível (Figura 23-d), pontos cotados (Figura 23-e) e estações meteorológicas (Figura 23-f).

Figura 23 – Produção de mapas temáticos.



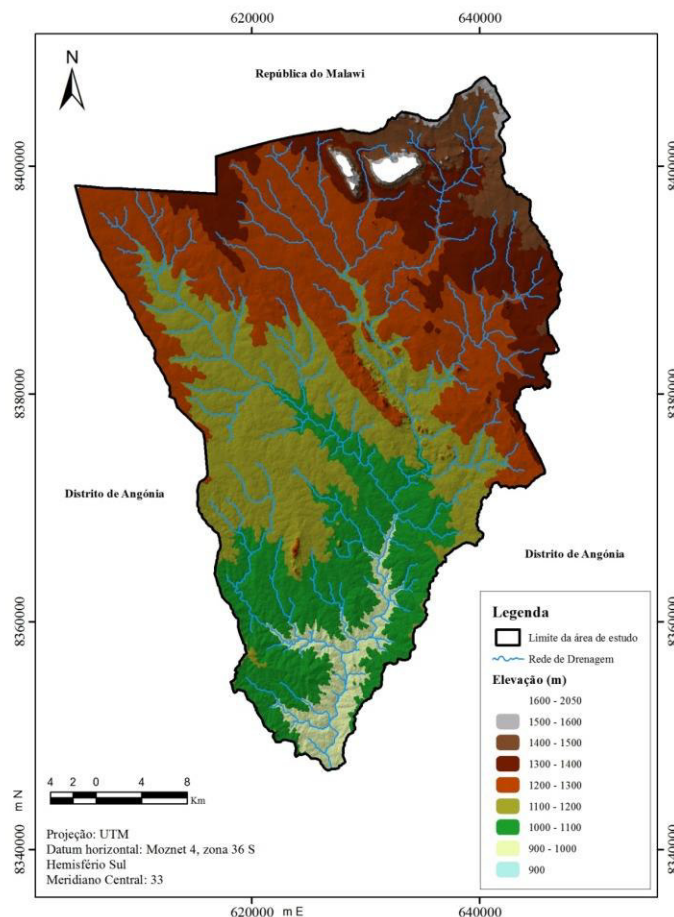


De acordo com Lepsch et al. (1991), Ross (1994), Crepani et al. (2008), Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Pruski (2013), a declividade e a hipsometria são parâmetros fundamentais no processo de avaliação da degradação de solos por erosão hídrica, uma vez que fornecem, respectivamente, informações a respeito das encostas e das formas de relevo. A densidade da rede de drenagem é um indicador de que a rocha é mais ou menos erodível e a densidade das curvas de nível mostra que o terreno é declivoso. Quanto mais próximas as curvas de nível estiverem entre si, é um indicativo de que as áreas são mais montanhosas ou escarpadas. No caso da área de estudo dessa pesquisa, as áreas montanhosas são mais marcantes no norte da bacia.

Neste contexto, os mapas de declividade e de hipsometria são recursos muito importantes para a avaliação da degradação de solos por erosão hídrica, principalmente, quando esta é realizada a partir da análise de imagens orbitais, sem a utilização da técnica estereoscópica.

O mapa hipsométrico representa o relevo por curvas de nível, ordenadas em classes com distâncias pré-estabelecidas, no qual a cada classe é associada uma cor, segundo uma escala convencional na cartografia temática, onde as cores verdes representam as baixas altitudes e castanho, as altas altitudes. De acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), a sequência natural de apresentação das cores nestes mapas deve começar das cores frias para as mais quentes, na seguinte forma: verde, amarelo, laranja, vermelho, marrom e cinzento, ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



Para o mapa hipsométrico, optou-se por utilizar o intervalo de 100 metros entre as classes, pois assim fica possível visualizar as diferenças de altitude presentes na área. Os dados obtida a partir do mapa hipsométrico representados na Tabela 12, permitem verificar que a maior parte da área de estudo possui altitudes entre 1.100 e 1.300 metros, ocupando de 56,25 % da área total da bacia, sendo a porção sudoeste mais baixa, com altitudes entre 800 e 900 metros, mas, ocupando apenas 0,01% da área total da bacia, e na parte, norte junto com a linha de fronteira que separa a República de Moçambique com a República do Malawi, encontram-se as altitudes mais elevadas da bacia, chegando a atingir mais de 2.000 metros, sendo o Monte Dómuè com 2.096 metros, onde o relevo é derivado de rochas sieníticas.

Tabela 12 - Classes de hipsometria

Hipsometria (m)		Área (km ²)	Área (%)
800 - 900	Muito baixo	0,18	0,01
900 - 1000		71,05	4,97
1000 - 1100	Baixo	267,87	18,72
1100 - 1200	Moderado	377,93	26,41
1200 - 1300		426,99	29,84
1300 - 1400	Alto	189,41	13,24
1400 - 1500		76,07	5,32
1500 - 1600	Muito alto	14,09	0,98
>1600		7,23	0,51

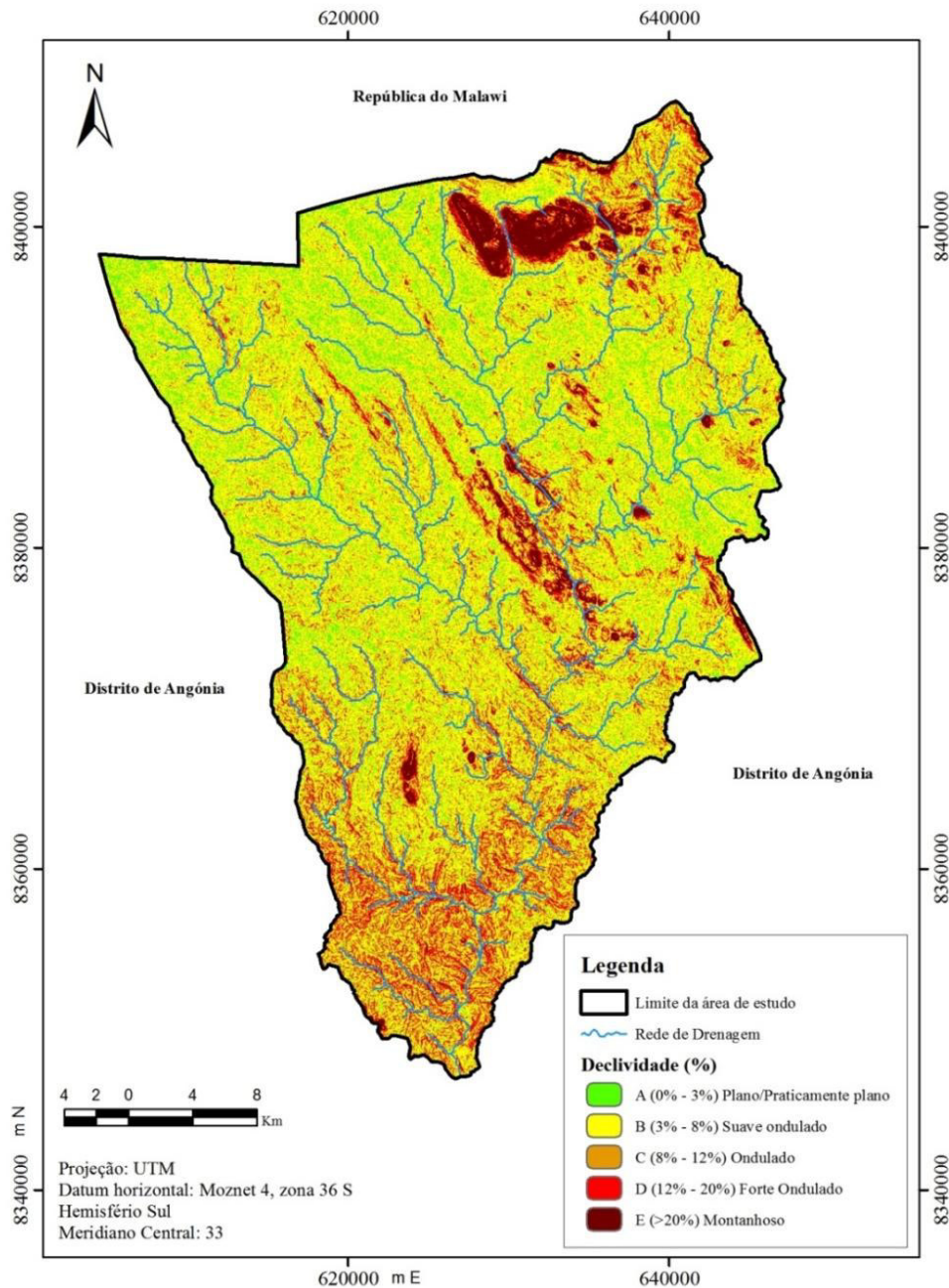
De acordo com Crepani et al. (2008), a altitude está relacionada com o aprofundamento da dissecação, sendo um indicador da energia potencial disponível para o escoamento superficial. Quanto maior a amplitude altimétrica, maior é a energia potencial, pois as águas das precipitações que caem sobre os pontos mais altos do terreno adquirirão maior energia cinética no seu percurso em direção às partes mais baixas e, conseqüentemente, apresentarão maior capacidade de erosão ou de morfogênese (CREPANI et al., 2001).

5.2. Mapa de declividade

Por meio do mapa de declividade (Figura 25) é possível, dentre outras coisas, visualizar a inclinação das encostas da área de estudo. Foram consideradas cinco classes de declividade, descritas na Tabela 13.

Tabela 13 – Classes de declividade.

Classe de Declividade		Risco	Área (Km ²)	Área (%)
A (0% - 3%)	Plano/praticamente plano	Muito baixo	210,30	14,70
B (3% - 8%)	Suavemente ondulado	Baixo	778,04	54,37
C (8% - 12%)	Ondulado	Moderado	280,84	19,62
D (12% - 20%)	Fortemente ondulado	Alto	118,56	8,28
E (>20%)	Montanhoso	Muito alto	43,30	3,03

Figura 25 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.

Como apresentado na Tabela 13, verifica-se que a maior parte da bacia apresenta declividades entre 3% - 8% (suavemente ondulado), que correspondem a 54,37% da área da bacia; em grau de abrangência menor, encontram-se declividades de 8% - 12%, em 19,62%, e as declividades de 0% - 3%, em 14,70% da área da bacia. As áreas mais declivosas encontram-se nas proximidades do Monte Dómué (12% – 20%) e as maiores que 20% podem ser encontradas no centro e no norte da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi. Segundo Lepsch et al. (1991), as áreas com declividades acima de 8% apresentam problemas significativos de erosão laminar.

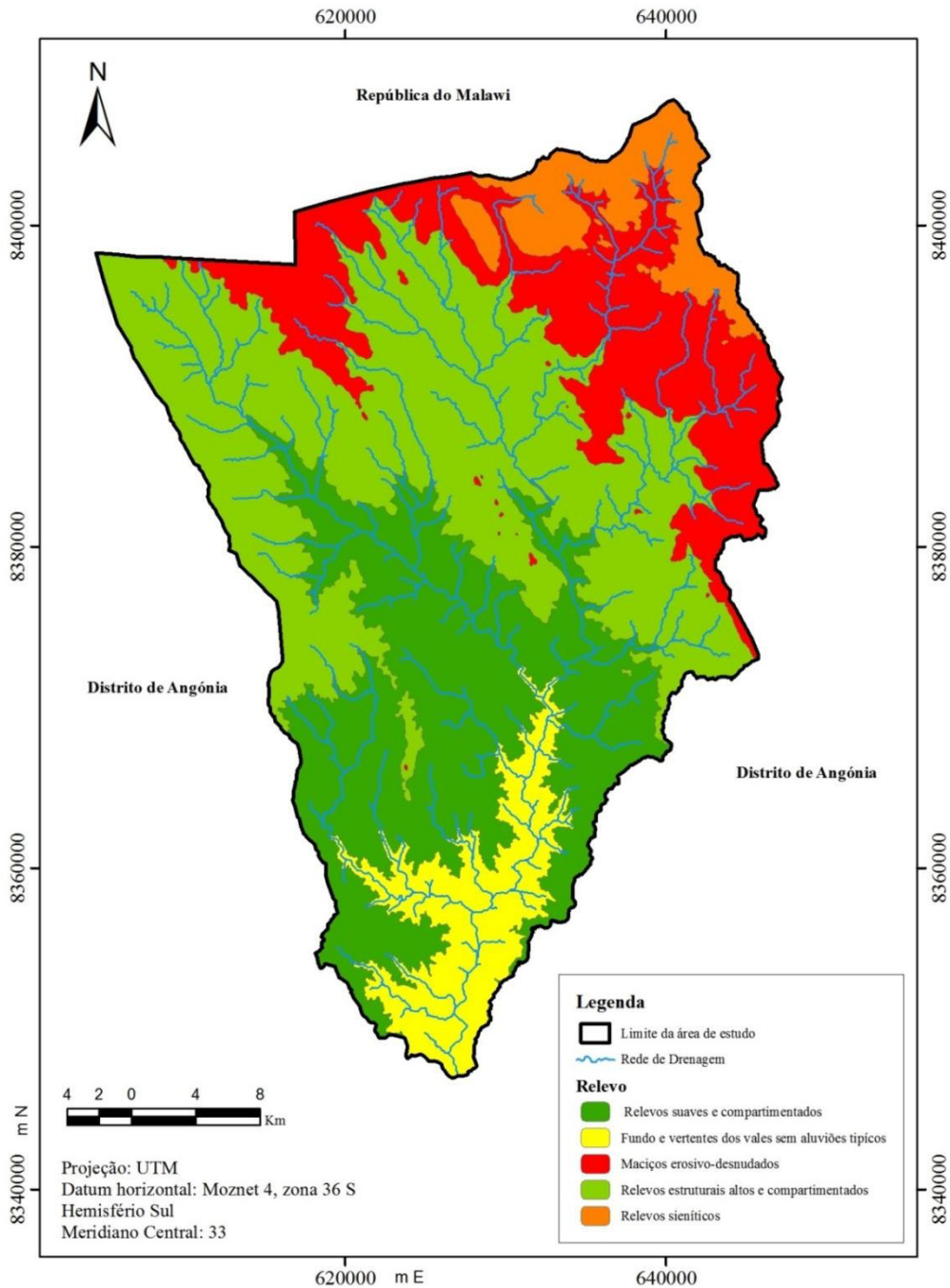
As classes de declividades D e E estão associadas às áreas locais de relevo fortemente ondulado a dissecado do norte da bacia. São altamente vulneráveis à erosão e inadequadas para qualquer utilização agrícola, com exceção de silvicultura e de áreas de proteção. Se essas áreas forem associadas a quaisquer outros tipos de uso da terra, podem ocorrer grandes danos relacionados à erosão nas vertentes e, conseqüentemente, à bacia como um todo, devido ao seu elevado grau de vulnerabilidade aos processos erosivos.

No que diz respeito ao relevo da bacia do Rio Lifidzi (Figura 26) pode-se destacar as formas de relevo representadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Relevo na Bacia do Rio Lifidzi.

Tipo de Relevo	Risco	Área (km²)	Área (%)
Relevos suaves e compartimentados	Muito baixo	409,14	28,30
Fundo e vertentes dos vales sem aluviões típicos	Baixo	124,65	8,62
Relevos estruturais altos e compartimentados	Moderado	550,25	38,06
Maçãos erosivo-desnudados	Alto	275,97	19,09
Relevos sieníticos	Muito alto	85,82	5,94

Figura 26 – Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



Nesta bacia hidrográfica, baseando-se na interpretação do mapa geomorfológico produzido por Bondyrev (1983), em função da litologia das rochas, são apresentadas as seguintes formas de relevo: 1) superfícies dos cumes e das cristas; 2) vertentes e vales dos

rios; 3) vulções e coberturas de lavas.

1) Superfícies dos cumes e das cristas – neste grupo de morfoestrutura estão incluídos dois tipos genéticos principais: intrusivo-tectônico e erosivo-desnudados. Podem-se destacar:

- a) **os relevos básicos** que são as serras e os maciços intrusivos, que se encontram no norte e nordeste da bacia hidrográfica e são compostos majoritariamente por gabros, doleritos e raramente por monzonitos. São exemplos o maciço de Domué (2.096 m), as vertentes ocidentais do monte Chirobué (2.021 m), os maciços de Mpepeti (1.795 m) e Camangombué (1.610 m);
- b) **maciços erosivos-desnudados** são compostos na sua maioria de gnaisses, granito-gnaisses e raramente por xistos. Todas as rochas foram afetadas, em grau elevado, por processos de erosão fluvial e de desnudação (BONDYREV, 1983). O fato das altitudes serem relativamente baixas em relação à média de 1.200 a 1.300 m mostra a influência elevada dos processos de alteração e erosão sobre esta morfoestrutura, o que pode ser explicado pela composição litológica e a textura das rochas. Estes relevos ocorrem na parte norte e noroeste da bacia, próximo do Monte Domué;
- c) **relevos estruturais altos e compartimentados** – este grupo de morfoestrutura está amplamente representado na bacia hidrográfica do Rio Lifidzi (38,06%) e são constituídos, essencialmente, de granitos gneissicos, quartzitos e migmatitos. Esses últimos podem ser encontrados nas mais variadas combinações. Os relevos estruturais altos e compartimentados encontram-se na parte central da bacia na direção Leste-Oeste. Estes relevos representam blocos isolados, de volume variável, compostos por rochas compridas e dobradas sem nenhuma direção preferencial, o que torna difícil a sua caracterização;
- d) **relevos suaves e compartimentados** – esta morfoestrutura é a segunda mais representativa da bacia, com 28,30%, e está localizada no sul da bacia, nas zonas periféricas dos sistemas montanhosos mais altos. A litologia desta morfoestrutura está geralmente representada por gnaisses e granito-gnaisses, embora possam ser encontrados biotitos. As altitudes médias oscilam entre

1.100 e 1.200 m.

- 2) **Vertentes e vales dos rios** – estas morfoestruturas estão representadas pelos fundos e vertentes dos vales sem aluviões típicos (8,62%) e estão localizadas no sul da bacia, próximo da confluência do Rio Lifidzi com o Rio Maue. Este tipo de relevo é caracterizado pela existência de rios de zonas montanhosas tectonicamente ativas e de rios de regiões não montanhosas que não tenham uma grande caudal e que corram sob-rochas sólidas pouco sujeitas à alteração química. De maneira geral, não existem aluviões, porém, podem ser encontrados alguns aluviões atípicos, com ausências de conglomerados, cascalhos e areia e de difícil representação em mapas geomorfológicos de pequena escala. Este fato pode estar relacionado com a elevada declividade (20 a 45%), o que não permite acumulação dos aluviões, apesar dos leitos dos rios serem suficientemente grandes (50 – 250 m).
- 3) **Vulcões e coberturas de lavas** – nesta morfoestrutura estão representados os relevos sieníticos (5,94%) muito dissecados pelos agentes ativos da erosão. Nas suas vertentes nascem numerosos rios, entre os quais, o próprio Rio Lifidzi, Licange, Save, Nambiriri e Zeze. Esta forma de relevo está mais representada no norte da bacia, no Monte Domué, com altitudes acima de 1.500 m. Esta morfoestrutura é constituída de rochas constituídas de sienitos e por granitos alcalinos (BONDYREV, 1983).

De uma maneira geral, as áreas com altitudes até 1.000 m têm solos pobres a moderadamente férteis, com florestas nativas abertas e localizadas no sul da bacia. Nestas áreas, as culturas de sequeiros mais importantes são o milho, o amendoim e o feijão. Nas áreas altiplanálticas, os solos são pobres a moderadamente férteis, mas, devido ao clima, adaptados a uma variedade de culturas tropicais. A floresta de média densidade corresponde à vegetação natural nativa. Os topos das montanhas que atingem mais de 1.500 m de altitude, como a região do monte Domué, devido à pequena espessura do solo e à declividade do terreno > 45%, não são favoráveis à prática das atividades agrícolas, com exceção para projetos de reflorestamento. As culturas tradicionais de subsistência mais importantes são o milho, a mandioca, o feijão e o amendoim. As culturas com importância econômica são tabaco, batata reno, alho, hortaliças e criação gado (boi, cabra e porco).

5.3 Vulnerabilidade das unidades litológicas

De acordo com Crepani et al. (2001), as unidades litológicas são entendidas como um elemento importante na análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural. A vulnerabilidade litológica abrange as informações relativas à resistência das rochas que a compõem, entendida como a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas constituintes (CREPANI et al., 2001). Deve-se considerar, ainda, os graus de alteração intempérica da rocha, com influência direta na resistência e suscetibilidade aos processos de erosão hídrica. Crepani et al. (2008) consideram que, nas rochas mais alteradas e menos coesas, ou seja, com menor dureza, predominam os processos modificadores das formas do relevo, enquanto as rochas bastante coesas resistem aos processos que conduzem à erosão hídrica.

Nesse sentido, a partir da classificação dos tipos de rocha de cada unidade litológica, foram estabelecidos valores de vulnerabilidade baseados na proposta de Crepani et al. (2008), levando em consideração a idade geológica de cada uma das rochas, da mais antiga para a mais nova, como se pode constatar na Tabela 15.

Tabela 15 – Escala de vulnerabilidade das rochas da bacia de Lifidzi.

Código	Tipo de rocha	Risco	Área (Km ²)	Área (%)
P ₂ AGto	Gnaiss tonalítico quartzo-feldspático equigranular	Muito baixo	125,88	8,81
P ₂ AGsv	Gnaisses, Quartzo Feldspáticos e Gnaisses Anfíbolíticos		212,23	14,86
P ₂ AGbg	Gnaisses Bondados Quartzo-Feldspáticos com Granada	Baixo	168,95	11,83
P ₂ AGma	Mármore		1,04	0,07
P ₂ AGqf	Gnaisses Bandados BiotíticoHorneblêndico-Quartzo-Feldspáticos		647,56	45,34
P ₂ AGqz	Quartzitos	Moderado	0,87	0,06
P ₂ FDd	Gnaiss granítico Desaranhama		80,16	5,61
P ₂ FD	Granitos porfiríticos de Desaranhama	Alto	10,16	0,71
P ₃ ULsy	Sienitos e Gnaiss sienítico de Dedza	Muito alto	181,33	13,00

As rochas mais antigas da bacia pertencem à Formação Angónia (P₂AG) e datam do Mesoproterozóico (1.600 Ma). Esta formação tem, essencialmente, rochas metamórficas (gnaiss, quartzo, feldspato etc.). No seu conjunto representam vulnerabilidade muito baixa

a baixa, compreendendo cerca de 70% da área da bacia. A área mais suscetível a processos erosivos pertencem a Formação de Furancungo (P₂F) e Formação de Ulónguè (P₃UL) que datam do fim do Neoproterozóico (1.000 Ma) composta essencialmente de rochas plutônicas (anfíbolitos, piroxênios e anortositos) em relevos sieníticos.

5.4 Vulnerabilidade dos solos

Para a caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural nos aspectos relativos ao solo, foram enfocadas suas condições intrínsecas, enquanto para a análise dos polígonos de ação antrópica, foram abordados os seus atributos de superfície. A Tabela 16 apresenta a classificação dos tipos de solos da bacia, em função da sua erodibilidade relativa, tendo sido considerado o grau de maturidade do solo (CREPANI et al., 2008), uma vez que esta característica revela a ocorrência de processos erosivos da morfogênese, o que cria solos jovens e pouco profundos, ou se ocorrem processos da pedogênese, gerando solos profundos e maduros, muito desenvolvidos e muito lixiviados.

Tabela 16 – Os solos da bacia hidrográfica em função da sua erodibilidade relativa.

Erodibilidade relativa	Associação de solos	Risco	Área (km ²)	Área (%)	
Solos menos erodíveis	KG's	KGm	Muito baixo	13,30	0,97
		KMm+CG		19,09	1,40
		KG+CMg		175,43	12,85
Solos mais erodíveis	VG's	VGm	Baixo	1,34	0,1
		VGm+VMm		238,29	17,45
		VGm+CGg		200,28	14,67
		VGb+VGbm	Moderado	76,35	5,59
		VG+KG		409,06	29,87
		VG+CG		0,77	0,06
		VGb+CGgv		103,83	7,61
		VG+CGg		15,38	1,13
		VG+VMmy	Alto	19,99	1,46
	I's	VGo+CG		0,21	0,02
		VG+I		3,25	0,24
		I+VMbm		52,80	3,87
		I+VGbl	Muito alto	27,65	2,03
		I+VGl		0,69	0,05
	I		7,60	0,62	

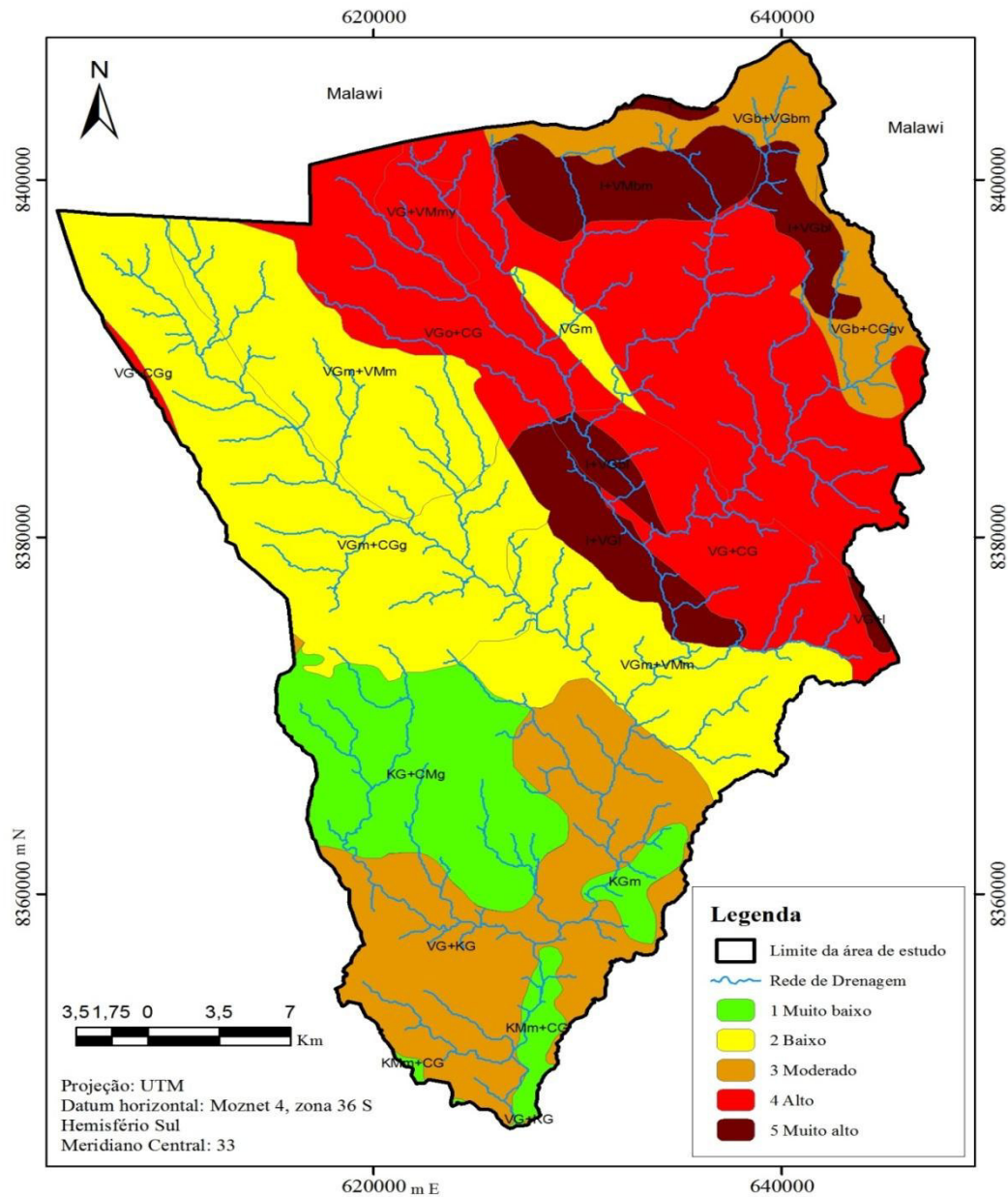
De acordo com a Tabela 16 constata-se que, na área de estudo, a associação de solos vermelhos de textura fina com solos coluviais de textura fina ocupa uma área representativa da bacia, com de 29,87% (risco moderado), seguindo-se uma associação de solos vermelhos de textura fina moderadamente profundos com solos vermelhos de textura média, moderadamente profundos, ocupando área de 17,45% (risco baixo).

Dos solos da bacia, os menos erodíveis (Muito baixo) são os classificados no grupo KG's (Solos castanhos de textura fina), que representam, no seu conjunto, um total de 15,22% da área e localizam-se, principalmente, no sul da bacia do Rio Lifidzi (Figura 27).

Com representação em 82,08% da área da bacia, o grupo de solos classificados como VG's, em termos da sua vulnerabilidade natural para serem erodidos, variam de Baixo (VGm), passando por Moderado (VG+CG), até Alto (VG+I).

As áreas mais problemáticas pertencem aos solos líticos, que são os mais erodíveis, estão classificados no grupo I's e compoem 2,7% da área da bacia. Estes solos representam alto risco de degradação ambiental por erosão hídrica, principalmente, porque, em muitos casos, estão associados à declividade da classe E (> 45% - Risco Muito Alto). Este fato é agravado quando se associa a remoção da cobertura vegetal, prática de queimadas descontroladas e de agricultura que desconsidera técnicas de conservação de solos. As regiões com este tipo de solo são, essencialmente, áreas de maciços montanhosos com mais de 1.200 m de altitude.

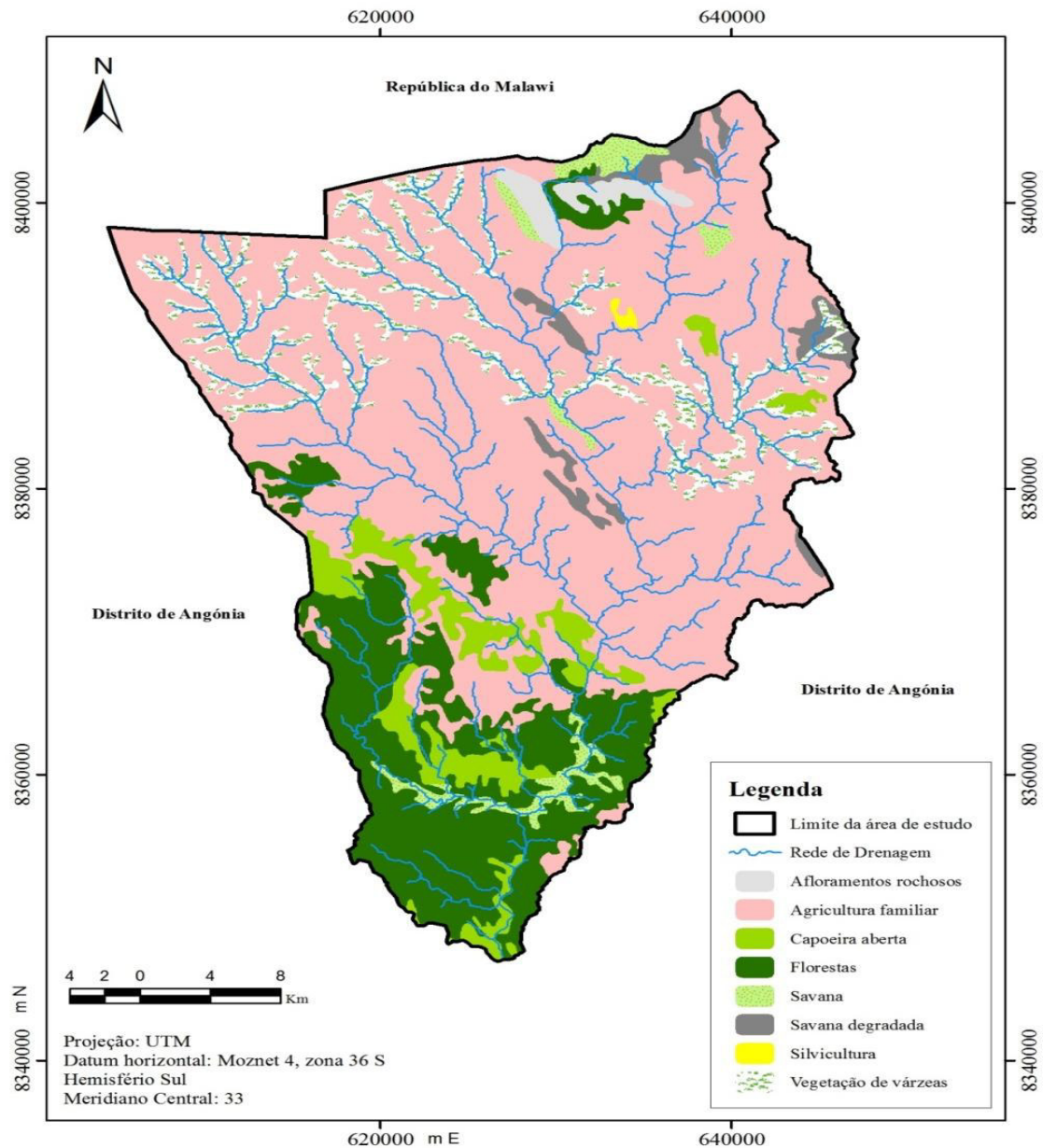
Figura 27 - Mapa de erodibilidade relativa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



5.5 Uso da terra e cobertura vegetal

Como resultados da análise e interpretação das imagens orbitais do sistema orbital Landsat e da definição das classes de uso da terra e cobertura vegetal foi obtido o mapa temático da bacia de estudo, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



Como a densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem natural (cobertura do terreno) é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão, a partir do mapa de uso e cobertura da terra (Figura 28), foi produzida a Tabela 17, que apresenta o grau de proteção dos solos de acordo com a densidade de cobertura vegetal.

Tabela 17 – Classe de uso da terra e cobertura vegetal e grau de proteção do solo.

Classes de Uso e cobertura da terra	Grau de Proteção do solo	Área (km²)	Área (%)
Florestas nativas	Muito alto	361,92	25,27
Vegetação de várzeas			
Silvicultura	Alto	1,66	0,12
Capoeira aberta	Médio	120,29	8,40
Savana			
Savana degradada	Baixo	929,43	64,98
Agricultura familiar			
Afloramentos rochosos	Muito baixo	18,85	1,32

De acordo com a Tabela 16, pode-se constatar que as áreas mais protegidas são aquelas ocupadas pelas florestas nativas e pela vegetação de várzeas, em 25,27% da área da bacia, e correspondem a áreas menos propensas a processos erosivos com grau de proteção do solo Muito alto.

Por outro lado, ocupando 66,3% da bacia, as áreas de agricultura familiar, juntamente com a savana degradada e os afloramentos rochosos, são as áreas com maior grau de possibilidade de ocorrência de processos erosivos pela ação das águas pluviais. As situações destas classes se agravam quando associadas a práticas de agricultura que recorrem a técnicas como queimadas para a limpeza dos campos de cultivos ou, ainda, com utilização de áreas bastante íngremes onde a cobertura vegetal natural foi removida. A classe de agricultura familiar recebeu a classificação de Baixa proteção do solo porque os camponeses, durante os meses de setembro-outubro, removem toda a cobertura vegetal que protege os solos, e quando chegam as primeiras chuvas em novembro, o solos estão completamente desprotegidos, acarretando a erosão laminar.

5.6 Algumas práticas do manejo do solo constatadas durante o trabalho de campo

Com referência a caracterização das classes de uso da terra e cobertura vegetal como suporte ao mapeamento e análise deste tema, dados de observação de campo são importantes para qualificar a vulnerabilidade e os riscos à degradação dos solos por erosão hídrica, particularmente nas áreas submetidas a processos agrícolas conduzidos pelos camponeses locais (agricultura familiar de subsistência com poucas práticas de conservação do solo).

Conforme observado nos trabalhos de campo, indicado nos procedimentos metodológicos foi possível visitar pontos ou áreas de amostragem para auxiliar na caracterização e mapeamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal na área de estudo.

Nesses trabalhos de campo verificou-se a forma como os camponeses preparam a terra para a produção de cereais foi considerada no modelo para a determinação das classes de suscetibilidade do solo à erosão hídrica. O trabalho de campo, de forma propositada, coincidiu com o período de preparação da terra para a sementeira pelos camponeses. Neste contexto, notou-se um excesso de movimentação do solo e falta de proteção do solo ou cobertura de resto de colmos de milho durante o período de intensas chuvas, sendo uma das principais causas da degradação de solos por erosão hídrica, porque reduz as matérias orgânicas e nutrientes, se modifica as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Isso faz com que as culturas sejam mais propensas à secas, uma vez que os solos não conseguem manter a umidade por muito tempo e, conseqüentemente, a produtividade é baixa por unidade de superfície. Assim, deve-se escolher melhor o tempo de preparação da terra para a sementeira, de modo a evitar que a primeira chuva não encontre o solo sem proteção; não se deve usar fogo para preparar os campos de cultivo; os restos de vegetação devem ser enterrados e não queimados, não capinar completamente até arrancar a raiz da planta, porque esta funciona como proteção do solo contra chuvas e vento.

Preparação da terra para a sementeira – são feitos canteiros paralelos e perpendiculares à direção dos declives (*mthumbila*) Figura 29, e por cima se semeia o milho, intercalado com amendoim, feijão e aboboras. Esta técnica é utilizada em quase todo o Planalto de Angónia. Nestes canteiros são enterrados os restos de colmos de milho e outros vegetais, que não podem nascer de novo. Os restos de vegetais não são deixados na superfície do solo, mas enterrados. Esta operação deixa o solo desprotegido, apesar do campo de cultivo ficar limpo, tornando o solo suscetível à erosão hídrica. Por outro lado, uma vez que os restos da decomposição vêm à superfície, isso significa que o solo que está por cima resulta da decomposição de restos de vegetais da campanha agrícola passada. Este procedimento tornam disponíveis os nutrientes para as plantas e evitam que se percam por lixiviação. É um procedimento que se compara com a reciclagem dos

nutrientes.

Figura 29 - Processo de preparação do solo para sementeira.





Plantio direto – esta prática foi observada em alguns campos de cultivo de camponeses pertencentes à Associação *Ntaia Macasu*, que divulga a técnica de produção de cereais no Planalto de Angónia, de modo a não movimentar o solo sem necessidade Figura 30. O solo só é movimentado onde se pretende semear. De acordo com a entrevista feita com a Presidente da Associação, foi referida esta técnica evita a perda do solo por erosão, visto que o solo está sempre protegido com

restos de colmos de milho e outros restos de vegetais da campanha anterior. Segundo a entrevistada esta técnica apresenta seguintes **vantagens**: **i)** diminui a evaporação da água e mantém a água no solo e sua disponibilização às plantas; **ii)** provoca diminuição da temperatura do solo; **iii)** aumenta a fertilidade do solo, devido à conservação dos nutrientes e aumento da matéria orgânica; **iv)** preserva a estrutura do solo; **v)** aumenta a atividade biológica no solo; **vi)** diminui o custo de preparação do solo por enxada ou arado por unidade de superfície; **vii)** não há necessidade de semear novamente ou replantar as culturas depois de uma intensa chuva, porque a cobertura vegetal protege as sementes das chuvas. Mas, foram apontadas algumas **desvantagens** como: **i)** o solo em que se desenvolve este tipo de prática deve possuir boa drenagem e fertilidade que varia de média a boa; **ii)** requer o uso de herbicidas e é muito mais difícil o controle das ervas daninhas do que no método tradicional dos *Ngunis*; **iii)** os equipamentos para se desenvolver esta prática são mais caros que os tradicionais; **iv)** o camponês deve ter competência técnica (conhecimento) de manejo das culturas e dos herbicidas. Mas, apesar destas desvantagens, esta prática é a mais apropriada para a proteção dos solos.

Figura 30 – Campo de cultivo com solos coberto de colmos de milho.



Cultura em curva de nível – pode afirmar que os camponeses aplicam a prática tradicional de cultivar em curvas de nível, não no sentido convencional da técnica. Durante o trabalho de campo, foi possível constatar que, as áreas cultivadas apresentavam cultivo em nível perpendicular à inclinação da vertente. Ainda, existem casos em que as águas pluviais, devido a sua concentração, rompem os cordões de contorno (curvas de nível). Nesses casos, os camponeses implementam curvas de nível adicionais para tentar conter o escoamento superficial das águas das chuvas (designados em *cheua*, língua local por *cheni*). Com esses procedimentos, os camponeses conseguem, em muitos casos, conter o arraste do material dos solos e possibilitar infiltração das águas. A distância entre os canteiros maiores varia de 50 cm a 60 cm e chega a atingir profundidade de 40 cm. Esta técnica funciona para evitar o agravamento da erosão laminar e em sulcos, mas não previne contra a erosão por impacto das gotas da chuva. O impacto das gotas da chuva sobre a superfície desprotegida do canteiro provoca a desagregação das partículas do solo, formando uma crosta fina que limita a infiltração das águas pluviais no solo. Pelo que foi possível observar, esta técnica tradicional pode ajudar no controle da erosão de solo, mas não evita a perda de solos por erosão. Pode-se afirmar, também, que esta técnica ajuda a manter a fertilidade do solo a um nível adequado por longo período de tempo, uma vez que os resíduos dos vegetais que são enterrados na campanha agrícola anterior ficam em cima do canteiro na próxima campanha, permitindo que os nutrientes possam ser capturados pelas raízes das plantas. Acredita-se que o uso adequado desta técnica, combinada com outras práticas tradicionais, pode contribuir para a redução da perda de solo.

Adubação verde – em boa parte dos campos de cultivos visitados, constatou-se que alguns camponeses não cortam determinadas espécies de plantas, como a *sasadenha* e outras não comestíveis e que não dão uma boa lenha, carvão ou não são adequadas para madeira construção. Quando perguntados sobre a importância daquelas espécies, a resposta era sempre: “que dão força a terra” ou que “os meus pais nunca permitiam cortar esta planta e é por isso que nós fazemos o mesmo” (Figura 12).

Mas, na verdade, eles devem ter constatado que algumas plantas, como as leguminosas, têm capacidade para fertilizar o solo através da fixação do nitrogênio atmosférico ou então que as plantas reduzem o impacto das gotas da chuva e, desta forma reduzem a erosão hídrica do solo através da sua interseção e dispersão e redução do tamanho das gotas da chuva. Como outra prática de conservação de solos, os camponeses colocam *manhoua* (excremento do bovino, suíno, caprino ou mesmo das aves) no campo de cultivo, para aumentar a produção e dar fertilidade ao solo. Alguns camponeses, em vez de queimar os colmos de pés de milho, colocam animais no campo de cultivo para comer os resíduos vegetais e limparem o campo.

Figura 31 - Plantas utilizadas pela população para conservar o solo.





5.7 Avaliação do Potencial Natural de Erosão (PNE) e Riscos de Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica

A elaboração e a avaliação dos mapas de Potencial Natural de Erosão (PNE) e de Riscos de Degradação Ambiental por Erosão Hídrica foram baseadas na abordagem sistêmica, onde se analisaram diversos parâmetros do meio físico e cultural da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, atribuindo-lhe pesos de influência em relação a outros parâmetros. A análise foi feita de maneira interativa, buscando, sempre que possível, um retrato fiel do ambiente da bacia hidrográfica como um todo.

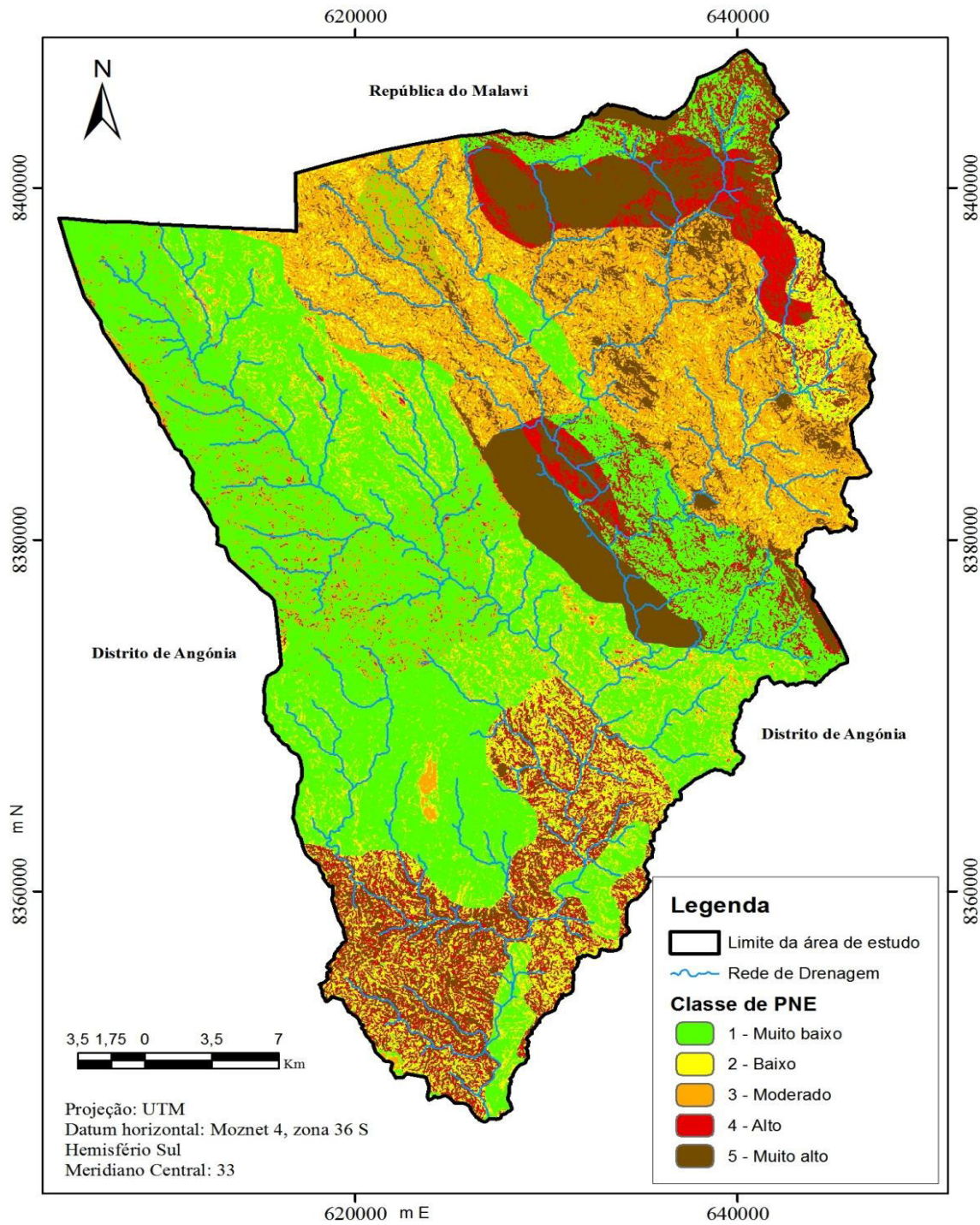
Dessa forma, foram levantados os dados necessários para extração de parâmetros indispensáveis para a avaliação integrada dos processos erosivos, tais como: geologia, geomorfologia (topografia, hipsometria e declividade), pedologia, dados termopluviométricos, e uso da terra, cobertura vegetal e manejo dos solos, que passaram por um processo de definição de classe com diversos critérios relacionados aos mapeamentos em bacias hidrográficas e metodologias de avaliação de recursos naturais, como os desenvolvidos por Marques et al. (1971), Tricart (1977), Lepsch et al. (1983 e 1991), Ramalho Filho et al. (1978), Ramalho Filho e Beek (1995), Ross (1994), Becker e Egler (1996), e Crepani et al. (2008).

Por meio da conjugação destas metodologias, foram elaborados mapas temáticos ponderados, correspondentes às variáveis como geologia, relevo (declividade e hipsometria), solos, clima e uso e cobertura da terra, sempre levando em consideração o

grau de influência dessas variáveis no processo erosivo, de tal modo que foram classificados em Muito baixa (1), Baixa (2), Moderada (3), Alto (4) e Muito alto (5).

Baseados nos graus de influência descritos, foram sobrepostos os mapas de declividade e de solos, com posterior ponderação das classes geradas, resultando no mapa do Potencial Natural de Erosão (Figura 32).

Figura 32 – Mapa do Potencial Natural de Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



A Tabela 18 sintetiza a distribuição das classes do PNE, de acordo com o Risco de Degradação Ambiental por de erosão hídrica.

Tabela 18 – Potencial Natural de Erosão (PNE) na bacia do Rio Lifidzi.

Classe de PNE	Risco	Área (km ²)	Área (%)
PNE 1	Muito baixo	601,97	42,87
PNE 2	Baixo	232,12	16,23
PNE 3	Moderado	256,08	17,90
PNE 4	Alto	133,87	9,36
PNE 5	Muito alto	206,29	14,42

De acordo com a Tabela 18 e Figuras 32, 33 e 34, pode-se constatar que a maior parte da bacia hidrográfica (42,87%) apresenta nível muito baixo, moderado (17,90%) e baixo (16,23%) de ocorrência de processos erosivos, considerando-se apenas os parâmetros do meio físico, como declividade e solos. Boa parte dessas áreas localiza-se ao sul e oeste da bacia, onde ocorre a Formação Angónia e Formação Furancungo, compostas, essencialmente, de rochas metamórficas e vulcânicas do Mesoproterozoico (1.600 Ma) e solos argilosos vermelhos moderadamente profundos e terrenos suaves ondulados.

A classe de alto risco, em 9,36% da área da bacia, ocorre, principalmente, na região central, decorrente do tipo de rocha, que está relacionado à Formação Ulongué, bem como no norte da bacia, mais em função do relevo.

A classe temática de muito alto risco (14,42%) ocorre no norte da bacia, na divisa entre a República de Moçambique e a República do Malawi, onde predominam rochas plutônicas do Neoproterozóico e relevos sieníticos. Nesta localidade encontra-se o ponto mais alto da província de Tete, o Monte Dómuè, com 2.096 metros de altitude. Esta região se caracteriza por apresentar relevo montanhoso a escarpado e fortemente dissecado, com altitudes médias em torno de 1.300 a 1.500 metros, com forma do terreno côncavo-convergente e declividades acima de 20% associados a rochas pouco coesas, ou seja, alteradas pela ação intempérica, solos rasos, pouco desenvolvidos, alta intensidade pluviométrica e cobertura vegetal pouco densa. Essa classe é definida como um ambiente instável, por oferecer condições que favorecem a morfogênese.

Num estudo geográfico, abordando questões relacionadas com a perda de solos por erosão hídrica, as informações sobre chuvas e o seu comportamento são indispensáveis.

Mesmo conhecendo as limitações dos estudos quantitativos relacionados com o registro de precipitações num país com condições político-militares e técnico-científicas como Moçambique, procurou-se obter algumas informações sobre registros de chuvas em postos pluviométricos e meteorológicos, localizadas o mais próximo possível da área de estudo.

Devido a essas condições, o mapa de precipitação da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi (Figura 35) foi elaborado com base nos dados das estações meteorológicas de Dedza, Jolomole e Ntcheu no país vizinho Malawi, referentes ao período de 1960 a 1984, que foram obtidos em relatórios de Fonseca et al. (1964), FAO/UNDP Project (1978), Voortman e Spiers (1986).

Figura 33 - Áreas de PNE Muito baixo a baixo e sua utilização.

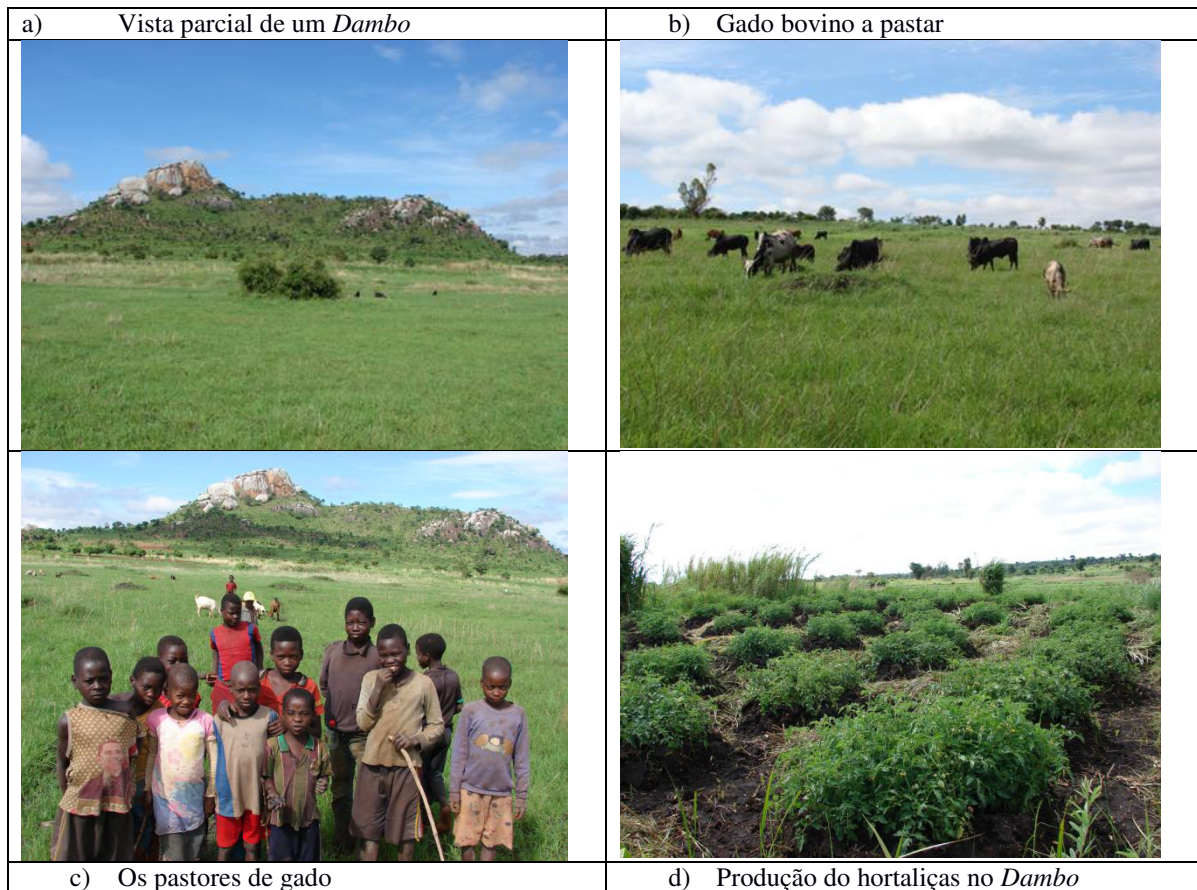
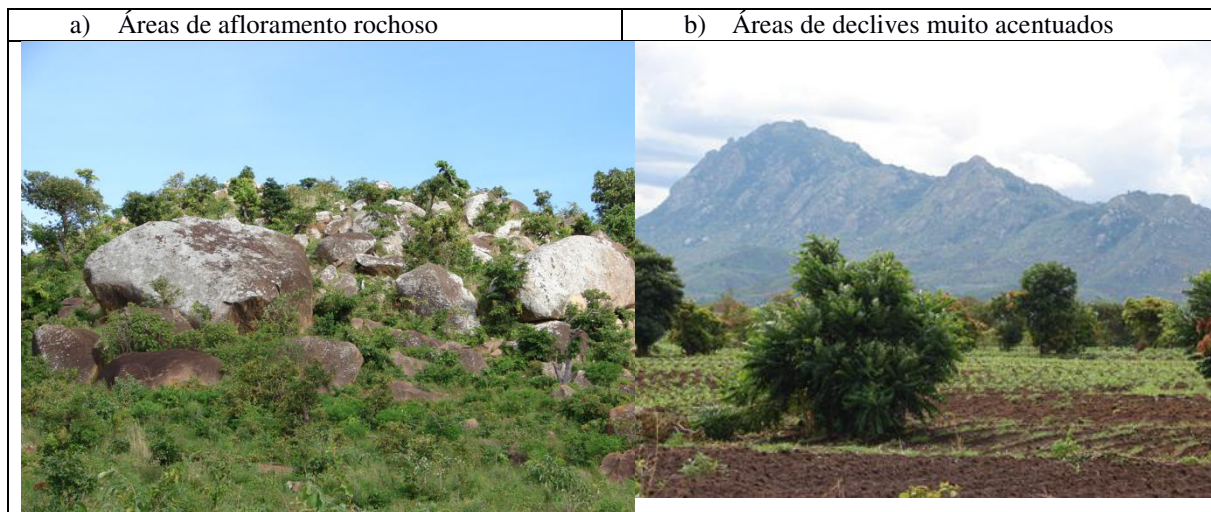


Figura 34 - Áreas de PNE Muito baixo a baixo e sua utilização.



O mapa de precipitação mostra que as maiores intensidades de chuvas ocorrem ao norte e oeste da bacia, com predomínio de 1.000 a 1.100 mm, alcançando de 1100 a 1200 mm no extremo oeste. As maiores precipitações representam maior disponibilidade de escoamento superficial para a erosão dos solos. Este fato, quando associado à remoção da cobertura vegetal, para prática da agricultura, agrava o poder erosivo das chuvas.

Para a elaboração do mapa de Riscos Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica da bacia do Rio Lifizi, utilizou-se a camada que advém do Potencial Natural de Erosão (PNE) com a integração de dados de uso da terra e cobertura vegetal. Este produto reflete, o manejo do solo, que pode ser subdividido em: **a)** manejo da terra propriamente dito, que se refere aos diferentes tipos de uso da terra, como silvicultura, pastagens e agricultura, e **b)** manejo da cultura, que se refere, especificamente, às técnicas de agricultura, como tipo de cultura, métodos de preparo do solo e plantio e tipo de cultivo.

O mapa de risco de degradação ambiental por erosão hídrica (Figura 36) reflete diretamente, a pressão que a população sobre os recursos da terra, com o uso da cobertura vegetal para satisfazer as necessidades básicas como a construção de habitação, busca de combustível lenhoso para cozinha, pastagem de animais, bem como a pressão feita pelas práticas tradicionais de manejo da terra, como abertura de canteiros e uso de fogo para limpar os campos de cultivo.

Figura 35 - Mapa de precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.

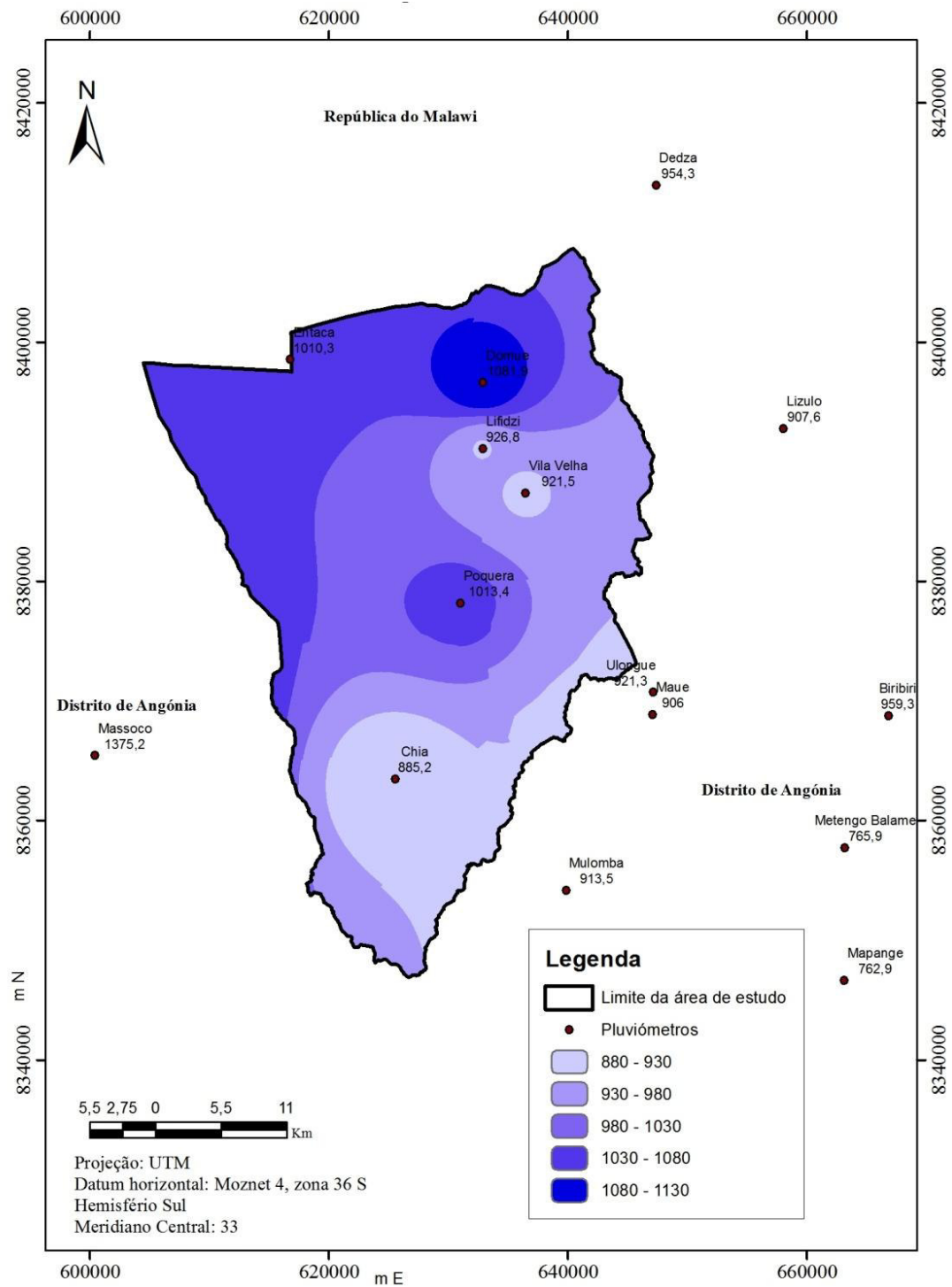
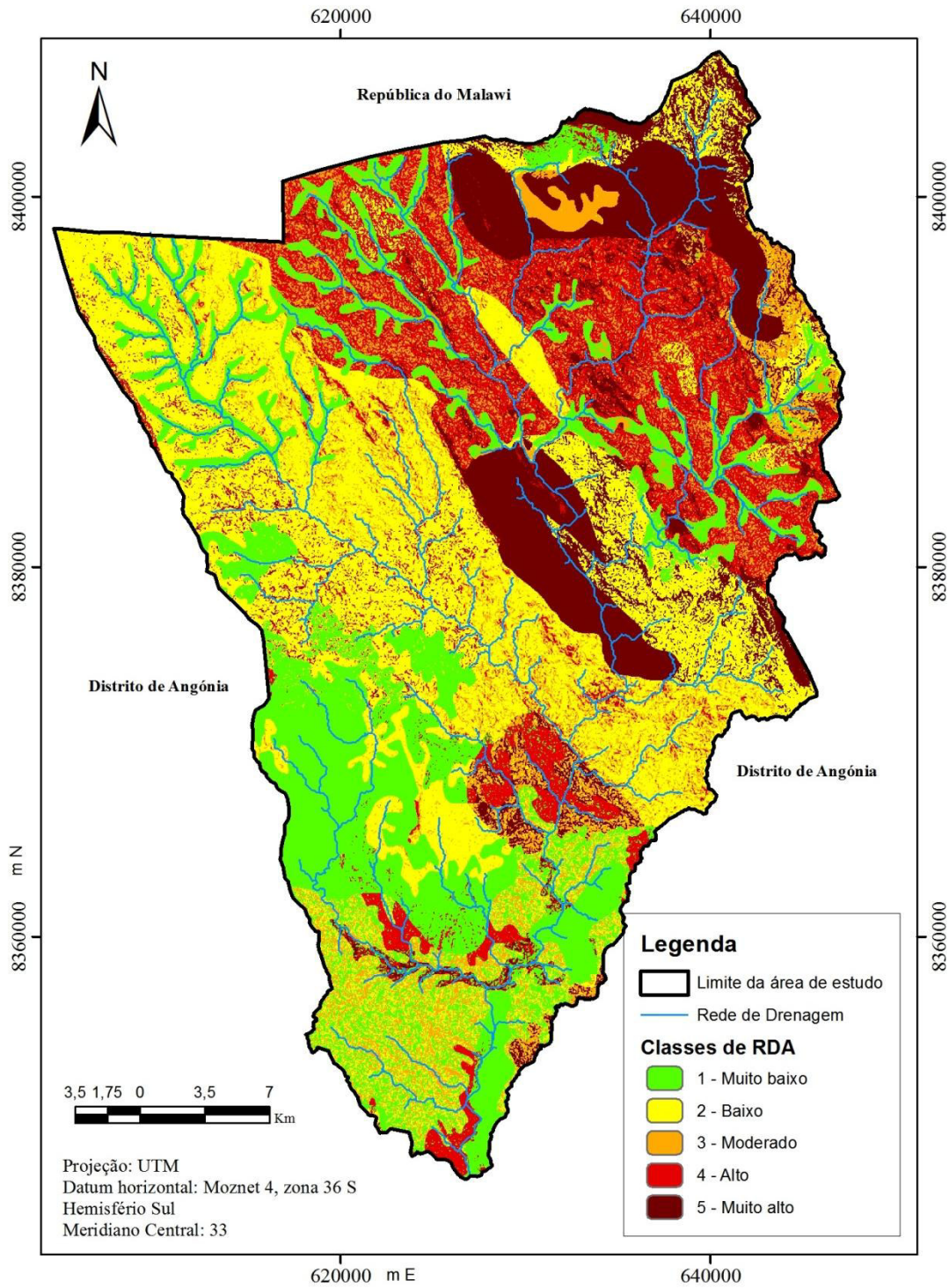


Figura 36 – Mapa de Risco de Degradação Ambiental (RDA) por erosão hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Lifidzi.



A Tabela 19 sintetiza a distribuição do risco de degradação ambiental por erosão hídrica da bacia hidrográfica do Rio Lifidzi, classificadas em cinco níveis de risco.

Tabela 19 – Risco de degradação ambiental por erosão hídrica na bacia do Rio Lifidzi.

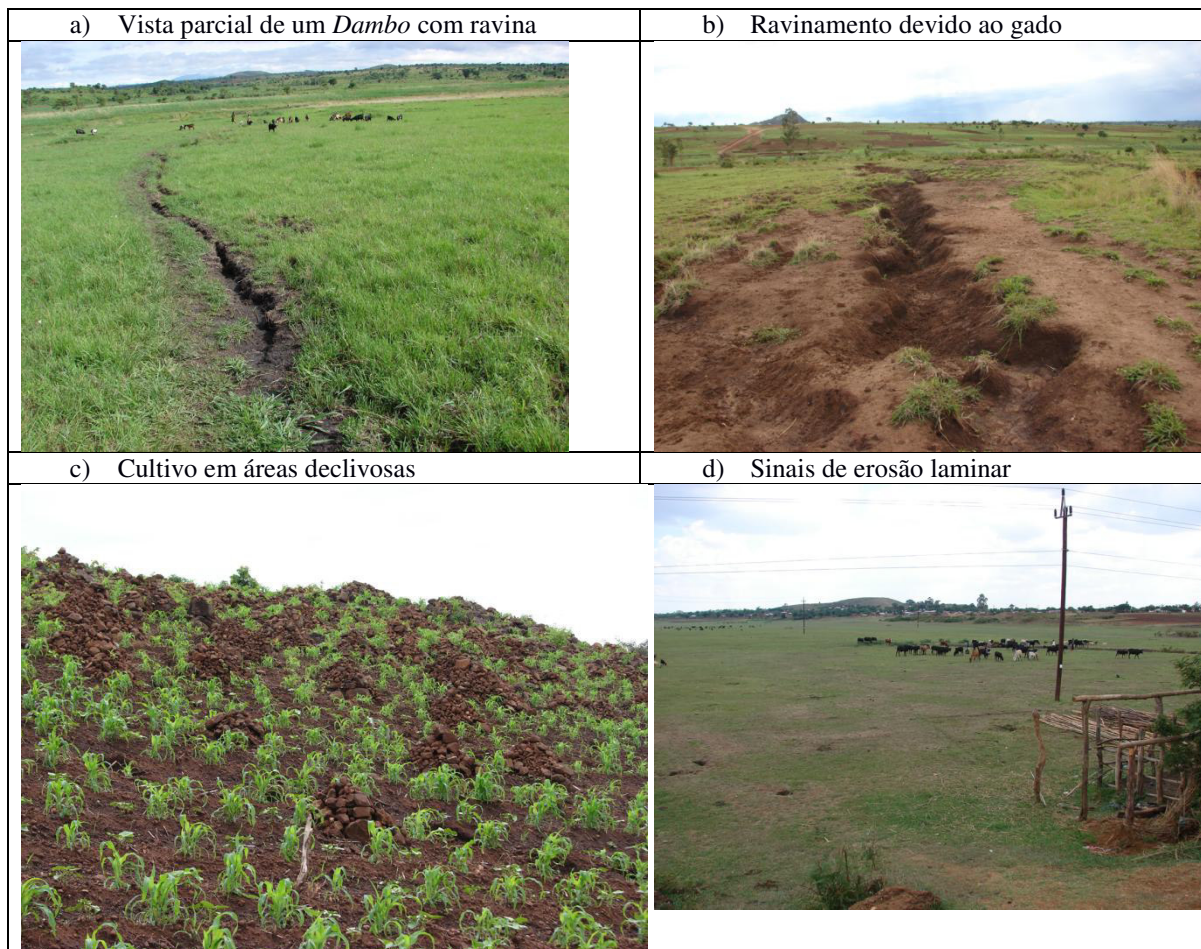
Classe de PNE	Risco	Área (km ²)	Área (%)
Risco 1	Muito baixo	331,61	23,17
Risco 2	Baixo	462,13	32,29
Risco 3	Moderado	176,68	12,35
Risco 4	Alto	234,34	16,37
Risco 5	Muito alto	226,38	15,82

Para mostrar o grau de influência das práticas exercidas pela população no risco à erosão hídrica, foi feito estudo comparativo entre os dados apresentados nas tabelas de Potencial Natural de Erosão - PNE (Tabela 18) e de Risco de Degradação Ambiental por Erosão Hídrica – RDA (Tabela 19). Nesse sentido, a Tabela 20 apresenta dados referentes à cada classe do PNE e da respectiva classe do RDA.

Tabela 20 – Comparação de quantidade de área da bacia segundo PNE e RDA.

Risco	RDA Área (km ²)	PNE Área (km ²)
Muito baixo	331,61	601,97
Baixo	462,13	232,12
Moderado	176,68	256,08
Alto	234,34	133,87
Muito alto	226,38	206,29

Pode-se constatar na coluna de RDA um aumento de áreas classificadas como Alto e Muito alto risco se comparadas com o PNE, totalizando 120,56 Km². Isso se deve, essencialmente, à remoção da cobertura vegetal e formas de manejo dos solos para a produção de cereais pelos camponeses do setor familiar Figura 30.

Figura 37 – Atividades que aceleram a degradação ambiental.

CONCLUSÕES

Os estudos de diagnóstico ambiental são importantes para planejar e gerenciar situações ambientais de forma adequada com as características e limitações que uma determinada área possa apresentar. Nesse contexto, a análise da susceptibilidade erosiva pode ser considerada um suporte fundamental para o diagnóstico ambiental, visto que contribui com informações relevantes sobre o meio ambiente, considerando suas possíveis fragilidades e potencialidades permitindo desta forma buscar junto aos órgãos de decisões possibilidades de prevenção e mitigação de degradação de solos por erosão hídrica.

Com base nos objetivos, procedimentos metodológicos aplicados e resultados obtidos neste trabalho, são indicadas as seguintes conclusões:

- A metodologia aplicada permitiu combinar variáveis (procedimento analítico) e elaborar mapas de sínteses (procedimentos de integração), para a análise quantitativa – qualitativa do potencial natural de erosão e indicação do impacto ambiental pela pressão antrópica no uso da terra.
- O mapa de Potencial Natural de Erosão (PNE) possibilitou indicar os setores da bacia hidrográfica com maiores e menores potenciais naturais à erosão hídrica face aos parâmetros do meio físico utilizados: como as características físicas dos solos e a declividade do terreno, aqueles que promovem maior influência nas possíveis ocorrências de erosão dos solos.
- O mapa de Riscos de Degradação Ambiental (RDA), como resultante da integração do PNE com o uso da terra e cobertura vegetal, permitiu indicar as áreas em que a cobertura vegetal associada à intervenção antrópica induzem variações dos riscos a degradação ambiental na bacia de estudo.
- Em geral, o manejo dos solos, através de práticas agrícolas familiares primitivas (com ausência de práticas conservacionistas), mostra ter uma forte influência impactante ambiental nas áreas de agricultura familiar de subsistência. A forma como os camponeses executam o manejo dos solos influenciam na erosão, mesmo em áreas de baixa declividade, visto que retiram por completo os restos

do cultivo anterior associado com a queima. Neste contexto, quando as primeiras chuvas ocorrem em novembro e dezembro, principalmente, aquelas de caráter fortemente erosivo, encontram os solos completamente desprotegidos, o que agrava o risco de degradação ambiental por erosão hídrica dos solos (laminar e em sulcos).

- As contribuições da utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto para a extração de dados ambientais primários e do Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram primordiais para a elaboração dos documentos cartográficos temáticos e das análises. As imagens do Landsat 8 foram compatíveis, ao nível informativo, para a extração de dados temáticos no contexto da escala de trabalho (1:50.000). É importante ressaltar que, os dados adquiridos por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto foram validados através de observações realizadas em trabalhos de campo.

RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os resultados obtidos nessa pesquisa, pela análise e integração dos dados, algumas recomendações na tentativa de adoção de medidas preventivas e de mitigação dos problemas observados no Planalto de Angónia são propostas:

- a) É essencial realizar um estudo preliminar sobre as características de cada variável considerada, para verificar a influência na suscetibilidade da área por erosão e; sempre que possível, realizar trabalhos de campo para verificações das informações levantadas previamente.
- b) Investigar a possibilidade da utilidade do Bambu e outras plantas e arbustos nativos para combate a erosão nas áreas de Declividade D e E;
- c) Instalação de uma instituição de pesquisa de plantas nativas de rápido crescimento e reflorestar os topos das áreas montanhosas de modo a resolver problemas da falta de material de construção e lenha para cozinha;
- d) Coordenar com os Setores da Educação na integração dos aspectos ambientais nos currículos escolares, formação de professores e produção de material didático a todos os níveis que verse sobre boas práticas de combate à erosão;
- e) Estabelecer reservas de pasto nas comunidades, particularmente nos *Dambos* para os animais e produção de forragem para minimizar o problema da erosão laminar e linear.

REFERÊNCIAS

- AMEDE, T.; DESTA, L. T.; HARRIS, D.; KIZITO, F.; CAI, X. The Chinyanja triangle in the Zambezi River Basin, southern Africa: status of, and prospects for, agriculture, natural resources management and rural development. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). **CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE)**. 32p. (WLE Research for Development (R4D) Learning Series 1). 2014. Disponível em: doi: 10.5337/2014.205. Acesso em: 12 ago. 2016.
- AMORIM, R. S. S. Et al. Principais modelos para estimar as perdas de solo em áreas agrícolas. In: PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas o controle da erosão hídrica, 2ª Ed.** Viçosa: UFV, 2013. Pp 74 – 107.
- ANDERSON. P. S. (Ed.). **Fundamentos para fotointerpretação.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 134 p.
- ARNOLDUS, H. M. J. **Soil erosion: A review of processes and assessment techniques.** Roma: FAO/AGL.SD 74/7, 1974.
- ASEFA, A. **Land suitability Evaluation:** Agricultural land suitability evaluation for selected rainfed crops using GIS and remote sensing techniques. Berlin: VDM Verlag Dr. Muller, 2010. 77 p.
- BANZE, C.; COSSA, M. L. Zitambira IV: uma rainha Nguni em Angónia. In: *Jornal Domingo*, 24 /04/2016. Disponível em: <http://www.jornaldomingo.co.mz/index.php/reportagem/7799-zitambira-iv-uma-rainha-nguni-em-angonia>. Acesso em: 17 out. 2016.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. **Detalhamento da Metodologia para execução do Zoneamento Ecológico – Econômico pelos estados da Amazônia Legal.** Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal-Secretaria de Coordenação da Amazônia. 1997.
- BELASRI, A.; LAKHOULI, A. Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Technology in Oued El Makhazine Watershed, Morocco. **Journal of Geographic Information System.** 2016, 8, 98-107. Disponível em: <>. Acesso em: 20 ago. 2016.
- BERTALANFFY, L. Von. **Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, desenvolvimento e aplicações. 5. ed.** Petrópolis: Editora Vozes, 2010. 360 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 8ª ed. São Paulo: Ícone Editora, 2012. 355 p.
- BOLÉO, J. de O. **Geografia Física de Moçambique (Esboço geográfico).** Lisboa:

Livraria Sá da Costa, 1950. 130 p.

BONDYREV, I. **Notícia explicativa (Provisória) da carta geomológica de Moçambique**. Maputo: Ministério dos Recursos Mineiras/Instituto Nacional de Geologia, 1983. 100 p.

BRASIL. DECRETO Nº 89.817, DE 20 DE JUNHO DE 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

BREETZKE, G. D.; KOOMEN, E.; CRITCHLEY, W. R. S. GIS-Assisted Modelling of Soil Erosion in a South African Catchment: Evaluating the USLE and SLEMSA Approach. **InTech**. 2013. Disponível em:). Acesso em: 24 ago. 2016.

CAMBACO, S. **Zoneamento Agroecológico Resultados do País, excepto Maputo**. Maputo, Ministério de Agricultura, 2014.

CARVALHO J. C.; DINIZ, N. C. **Cartilha de Erosão**. Brasília: Universidade de Brasília/FINATEC, 2011. 33 p.

CARVALHO, S. (Coord.). **História de Moçambique Vol. I: Primeiras sociedades sedentárias e impacto dos mercadores (200/300 – 1886)**. 2ª ed. Maputo: UEM - Departamento de História/Tempo, 1988. 160 p.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Contexto, 2014. 95 p.

CCR. **I Recenseamento Geral da População: População Total a 01 de Agosto de 1980: Distribuição territorial da população residente segundo sexo e numero de agregado familiar, 2ª Edição**. Maputo: Conselho Coordenador de Recenseamento, [1982]. 150 p.

Centro Meteorológico Regional da Beira (CMRB). **Manual para a interpretação das previsões sazonais: Ciclones, Cheias e Secas**. Beira: CMRB/Instituto Nacional de Gestão de Calamidades, 2002. 43 p.

Centro Terra Viva. **1º Relatório de Monitoria da Boa Governação Ambiental e dos Recursos Naturais em Moçambique**. Maputo: Centro Terra Viva – Estudos e Advocacia Ambiental, 2012. 350 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1999. 236 p.

CONFERÊNCIA EPISCOPAL DE MOÇAMBIQUE. **Anuário católico de Moçambique**. Maputo: Editorial Paulina, 2008. 168 p.

CORREIA, A. M. As queimadas e a desertificação. In: FERRÃO, J. E. **Agricultura e**

Desertificação. Lisboa: Associação Internacional das Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa (AIJE), 1992. p. 149 – 158.

CREPANI, E. et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico.** São José dos Campos: INPE, 1996. 124p.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001. 124p.

CREPANI, E. et al. Zoneamento Ecológico - Económico. In: FLORENZANO, F. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficinas de Textos, 2008. p. 285 – 318.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos: INPE, 1996.

CUNHA, C. M. L. da. **Quantificação e mapeamento das perdas de solos por erosão com base na malha fundiária.** 1997. 152 f. Dissertação - (Mestrado em geografia - área de concentração em organização do espaço) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1997.

DIJKSHOORN, J. A. **Os solos das províncias de Maputo e Gaza: explicações dos mapas de solos, escala 1: 50. 000 – Versão preliminar, comunicação n° 76.** Maputo: INIA/Departamento Terra e Água, 1993. 203 p.

DUARTE, L. A. F. Erosão hídrica e erosão eólica. In: FERRÃO, J. E. **Agricultura e Desertificação.** Lisboa: Associação Internacional das Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa (AIJE), 1992. p. 49 – 60.

DUARTE, S. C. M.; MANDALA, S. D. CHUNDO, D. M. I. (Org.). **Tendências da pesquisa em geografia: trabalhos de conclusão de curso na Universidade Pedagógica em Maputo, 1989 – 2007.** Maputo: Educar – UP, 2009. 210 p.

EVANGELISTA, P. P. **Remote sensing application to soil degradation, evaluation and monitoring,** 4th UN/WMO/FAO/ESA International training course on remote sensing application to operational agro-meteorology and hidrology. Jakarta, October, 1987.

FAO. **Assessing soil degradation,** FAO Soils Bulletins n° 34. Roma: FAO, 1977.

FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning. **Meteorological data of Angonia - Mozambique. Technical Report n° 02.** [Maputo]: Ministry of Agruculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGO/MOZ/75/011, June 1978. 42 p.

- FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning. **Soil Series Angonia – Mozambique. Working Paper n° 04.** [Maputo]: Ministry of Agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, June 1978. 21 p.
- FERRÃO, J. E. Erosão natural e erosão acelerada. In: FERRÃO, J. E. **Agricultura e Desertificação.** Lisboa: Associação Internacional das Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa (AIJE), 1992. p. 32 – 37.
- FERRO, B. P. A.; BOUMAN, D. **Notícia Explicativa da carta hidrogeológica de Moçambique, escala 1: 1. 000. 0000.** [Maputo]: Direcção Nacional de Águas (DNA)/Ministério de Construções e Água, 1987. 57 p.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicações.** São Paulo: Oficinas de Textos, 2008. 160 p.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 35. 2002.
- FONSECA, Viriato F. et al. **Esboço agrário de Moçambique: Relatório do grupo de Fomento Agrário, Volume I.** Lourenço Marques: Província de Moçambique - Comissão Técnica de Planeamento e Integração Económica [de] Moçambique – Serviços Privativos, 1964. 281 p.
- GENNARO, B. M. de; RADCLIFFE, D. **C.A.I.A – Complexo Agro-industrial de Angónia: A médium term strategy for development. Fiel Report n° 31.** [Maputo]: Ministry of Agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, December 1981. 92 p.
- GOUVEIA, D. H. Godinho; AZEVEDO, A. L. **Característica e distribuição dos solos de Moçambique: Carta provisória dos solos dos Sul de Moçambique [e] esboço pedológico da colônia de Moçambique, separata n° 57.** [Lourenço Marques]: Centro de Investigação Científica Algodoeira, 1949. 51 p.
- GTK Consortium (2006d). **Notícia explicativa. Volume 4: folhas 1430 – 1432 e 1530 – 1534. Geologia das folhas de Inhamambo, Maluwera, Chifunde, Zumbo, Fíngoè-Mágoè, Songo, Cazula e Zóbuè. Escala 1: 250 000.** Maputo: Ministério dos Recursos Minerais, Direcção Nacional de Geologia, 2006. 457 p.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2014.
- GUERRA, Antônio José Teixeira. **Erosão dos solos e movimento de massa: abordagens geográficas.** Curitiba: Editora CRV, 2016. 219 p.
- GUPTA, R. K.; ABROL, I. P. Salt-affected soils: Their reclamation and management for

crop production. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Degradation. Advances in Soil Science, Volume 11.** New York: Springer – Verlag, 1990. p. 223 - 288.

HUDSON, N. **Soil Conservation, 3 Ed.** London: B. T. Batasford, 1995. 198 p.
IAO. **Land evaluation in Enderta District – Tigray Region, Ethiopia. 28th Edition.** Course Professional Master - (Geomatics and natural resources evaluation) – Ministry of Foreign Affairs/Istituto Agronomico per l’Oltremare/Unicersità degli Studi di Firenze – Facoltà di Agraria, Florence, 2008.

IAO. **Land evaluation in Kilde Awulaelo – Tigray Region, Ethiopia. 29th Edition.** Course Professional Master - (Geomatics and natural resources evaluation) – Ministry of Foreign Affairs/Istituto Agronomico per l’Oltremare/Unicersità degli Studi di Firenze – Facoltà di Agraria, Florence, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de uso da terra.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.

ILIFFE, J. **Os africanos: história dum continente.** Lisboa: Terramar, 1999. 416 p.

INE. **Censo Agropecuário 2009 – 2010: Resultados Definitivos – Moçambique.** Maputo: INE, 2011. 117 p.

INE. **Censo Agro-pecuário, 1999-2000: Resultados Temáticos.** Maputo: INE, 2003. 252 p.

INE. **III Recenseamento Geral da População e Habitação 2007: Resultados definitivos – Província de Tete.** Maputo: Instituto Nacional de Estatística (INE), 2010. 104 p.

INIA/Dpto Terra e Água. **Legenda explicativa da carta de solos.** Maputo: INIA, 1993.

INIA/UEM. **Manual para a descrição do solo e codificação para o Banco de Dados (SDB). Comunicado n° 74.** Maputo: INIA (Instituto Nacional de Investigação Agronômica/Séria Terra e Água)/UEM (Universidade Eduardo Mondlane/Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal), 1995. 87 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia, 2ª Ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 175 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia, 2ª Ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Manual Técnico de uso da terra, 3ª Ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Noções básicas de cartografia.** Rio de Janeiro, 128p, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICAS (INE). **II Recenseamento Geral da População e Habitação – 1997: Resultados Definitivos – Província de Tete**. Maputo: INE (Instituto Nacional de Estatísticas), 1999. 104 p.

KALABA, F.K. **The role of inigenous fruit trees in rural livelihoods: A case of the Mwekera área, Copperbelt province, Zambia**. 2007. 85 f. Dissertação – (Master of Science degree in Forest Science) – University of Stellenbosch, 2007.

KASSAM, A. H. et al. **Assessment of land resources for rainfed crop production in Mozambique: Agro – climatic and agro – edaphic suitabilities for reinfed crop production in Mozambique. Fiel Document n° 36**. [Maputo]: Ministry of Agruculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, March 1982. 52 p.

KASSAM, A. H. et al. **Assessment of land resources for rainfed crop production im Mozambique: Climate data bank and lenght of growing period analysis**. Maputo: FAO, 1981. 124 p.

KASSAM, A. H. et al. **Assessment of land resources for rainfed crop production im Mozambique: Climatic resources inventory of Mozambique**. Maputo: FAO, 1982. 52 p.

KAWAKUBO, F.S. et al. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 - 2210.

KOHNKE, H.; FRANZMEIER, D. P. **Soil Science simplified, 4 Ed**. Illinois: Waveland, 1995. 88 p.

KOUAKOU, R. N'Dri; SILVA, J. X. da. **Geopocessamento aplicado à avaliação de potencialidades agroterritorial**. In: SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 301 – 352.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. et al. **Soil erosion research methods**. Washington: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 141-160

LAL, R. Soil erosion and Land degration: The global Risks. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Degradation. Advances in Soil Science, Volume 11**. New York: Springer – Verlag, 1990. p. 129 – 174.

LAL, R. **Soil erosion in the Tropics: principles and management**. New York: McGrawHill, Inc., 1990. 580p.

LAL, R. **Soil erosion research methods**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1988. 132 p.

LAL, R. Trends in world agricultural use: potencial and constraints. In: LAL, R.; STEWART, B. **Soil Management, experimental basis for sustainability and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995, p. 521-535.

LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Degradation. Advances in Soil Science, Volume 11**. New York: Springer – Verlag, 1990. 351 p.

Land Degradation Assessment in Drylands (LADA). **Assessing the status, causes and impact of land degradation**. Disponível em: <>. Acesso em: 21 de jul. 2016.

LANDON, J. R. (Ed.). **Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural and land evaluation in the tropics and subtropics**. London: BAI (Booker Agriculture International Limited)/Longman, 1984. 450 p.

LANTIERI, D. **Erosion mapping using high – resolution satellite data and Geographic Information System: Pilot Study in the State of Parana, Brasil**. Roma: FAO, 1990. 173.

LARSSON, R. A.; STROMQUIST, L. **Sistema de monitoramento ambiental – SADC, Série de Técnicas de Monitoramento Volume 2: Análise de fotografias aéreas para o monitoramento ambiental na Região da SADC**. Maseru: SADC (Southern African Development Community), 1993. 134 p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LEPSCH, I. P. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LEPSCH, I.P. **Conservação dos solos**. São Paulo: Caderno de textos, 2002.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation. 6. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 756 p.**

LOGAN, T. J. Chemical degradation of soil. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Degradation. Advances in Soil Science, Volume 11**. New York: Springer – Verlag, 1990. p. 187 - 222.

LOLLO, J. A. **O Uso da Técnica de Avaliação do Terreno no Processo de Elaboração de Mapeamento Geotécnico: Sistematização e Aplicação na Quadrícula de Campinas**. São Carlos, 1995. 253 p. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos/USP. 1995.

LORENZINI, M. Queimadas 2013 - Quanto, Quando e Aonde. Disponível em:

https://www.academia.edu/6590553/Queimadas_2013_-_Quanto_Quando_e_Aonde. Acesso: 17 out. 2016.

LOURENÇO, I. Pastoreiro e desertificação. In: FERRÃO, J. E. **Agricultura e Desertificação**. Lisboa: Associação Internacional das Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa (AIJE), 1992. p . 159 – 164.

MAE (Ministério da Administração Estatal). **Perfil do Planalto de Angónia, província de Tete**. Maputo: Ministério da Administração Estatal, 2005. 63 p.

MAE et al. **Divisão Territorial: Leis e Resoluções aprovadas pela Assembleia Popular e Conselho de Ministros (Julho, 1986)**. Maputo: Instituto Nacional de Planeamento Físico, 1987. 137 p.

MANDALA, S. D. **O mapeamento utilizando fotografias aéreas e mapas de grande escala: o caso de mapeamento das valas de drenagem do bairro da Mafalala**. 2002. 59 f. Trabalho de Diploma (Licenciatura em ensino de História e Geografia) – Universidade Pedagógica, Faculdade de Ciências Sociais, Departamento de Geografia, Maputo, 2002.

MANJATE, Graça. **Competitividade da cadeia de valor da batata reno: estudo de caso do distrito da Moamba, província de Maputo**. Maputo: IIAM, 2013. 30 p.

MARCONNI E LAKATOS. **Metodologia científica. 4ª ed.** São Paulo: Editora Atlas., 2004.

MARQUES, J.Q. A. et al. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra. 3a aprox.** Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433p

MARQUES, M. M. Formas degradação do solo. In: FERRÃO, J. E. **Agricultura e Desertificação**. Lisboa: Associação Internacional das Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa (AIJE), 1992. p. 31 – 48.

MASSUANGANHE, I. J. **Governance, natural resources and local development in mozambique**. 2008. 280 f. THESIS (Degree of Doctor of Philosophy) - Faculty of Natural and Agricultural Sciences -Department of Agricultural Economics, University of the Free State, 2008. Disponível em:
<http://scholar.ufs.ac.za:8080/xmlui/bitstream/handle/11660/1620/MassuanganheIJ.pdf?sequence=1>. Acesso: 25 jun. 2016

MAURO, C. A. **Vaçoroca: Marcas das relações sociedade-natureza na bacia de Monjolinho**. São Carlos – SP. 1989. 235 f. Tese – (Doutorado em geografia – área de concentração de Geografia Física) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. 1989.

MEDEIROS, E. da C. **História de Cabo Delgado e do Niassa (c. 1836 - 1929)**. Maputo: Autor, 1997. 252 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB/CNPq, 2012. 266 p.

MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. Review A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling & Software** 18 (2003) 761–799. Disponível em: ; doi:10.1016/S1364-8152(03)00078-1. Acesso em: 15 ago. 2016.

MICOA. **Plano de Ação Nacional de Combate à Seca e à Desertificação**. Maputo: MICOA, 2007. 87 p.

MICOA. **Plano de Ação para a Prevenção e Controlo da erosão de solos (2008 - 2018): Queimadas descontroladas, soluções locais para um problema global**. Maputo: MICOA, 2007. 53 p.

MICOA. **Plano de Ação para a Prevenção e Controlo das Queimadas Descontroladas (2008 - 2018)**. Maputo: MICOA, 2007. 58 p.

MICOA. **Plano de Acção Nacional de Combate à Seca e Desertificação**. Maputo: Ministério de Coordenação da Acção Ambiental, 2000.

MICOA. **Plano estratégico do Sector do Ambiente (2005 - 2015): Documento final**. Maputo: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, 2004. 57 p.

MOÇAMBIQUE. **Diploma Ministerial n.º 1/2016. Aprova o Regulamento Interno do Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural**.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 4ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 422 p.

MOURIK, D. van; GENNARO, B. M. de. **Angonia agricultural cooperatives: survey, land evaluation and development strategy, Province of Tete – Mozambique. Fiel Report n° 30**. [Maputo]: Ministry of Agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, January 1982. 173 p.

MUCHANGOS, A. dos. **Moçambique: Paisagens e Regiões Naturais**. Maputo: Autor, 1999. 163 p.

MUTEIA, Helder et al. **Divisão Territorial e Toponímia**. Maputo: Assembleia da República, 1996. 69 p.

OLIVEIRA, R. C. 2003. 141f. **Zoneamento Ambiental como Subsídio para o**

Planejamento de Uso e Ocupação do Solo do Município de Corumbataí – SP. Rio Claro. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação, UNESP, Rio Claro, 2003.

OMBE, Z. A.; MANDALA, S. D.; NHAMPOSSE, A. J. **Geografia dos solos: Dicionário de principais conceitos.** Maputo: UP, 2007. 108 p.

PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING. **The Republic of Moçambique.** Disponível em: . Acesso em: 15 de ago. 2015.

PIMENTEL, D. Soil erosion: a food and environmental threat. **Environment, Development and Sustainability (2006)** 8: 119–137 Springer 2006. Disponível em: <DOI 10.1007/s10668-005-1262-8>. Acesso em: 12 de jul. 2016.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão de solos: contribuição metodológica.** 1991. 147 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica.** São José dos Campos: (INPE- 5311-TAE/09). 134p. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1991.

PINTO, S.A.F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no sw do estado de São Paulo.** 1983. Dissertação (mestrado) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP, 1983.

PINTO, S.A.F. **Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo.** 1996, 136 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 1996.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas no controle da erosão hidrica,** 2ª Ed. Viçosa: UFV, 2013. 279 p.

RADCLIFFE, D. J. **Guideline on land evaluation for rainfed agriculture in Angonia, Province of Tete – Mozambique. Fiel Report n° 28.** [Maputo]: Ministry of Agruculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, March 1982. 60 p.

RADCLIFFE, D. J.; MACAPUGAY, F.; MOURIK, D. Von. **C.A.I.A – Complexo Agro-industrial de Angónia: Um assessment of environmental and agricultural limitations to presente production and future development. Working Paper n° 13.** Maputo: Ministry of Agruculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/FAO/MOZ/75/011, August 1980. 59 p.

RADCLIFFE, D. J.; ROCHETTE, L. **Maize in Angonia, Province of Tete – Mozambique: Na analysis of factors of production. Fiel Report n° 29.** [Maputo]: Ministry of Agruculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (AGOA/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, January 1982. 100 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da aptidão Agrícola das terras.** Rio de Janeiro: Embrapa –CNPS, 1995. 78 p.

REDDY, S. J. **General Climate of Mozambique, Comunicação n° 19ª.** Maputo: INIA, 1984, 43 p.

REHM, S.; ESPIG, G. **The cultivated plants of the tropics and subtropics: Cultivation, Economic value utilization.** Wageningen: The Technical Centre for Agriculture and Rural Co-operation (CTA)/Verlag Josef Margraf, 1991. 552 p.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. Assembleia da República. Lei n° 10/99 de 07 de julho: **princípios e normas básicas sobre a proteção, conservação e utilização sustentável dos recursos florestais e faunísticos.** Maputo: Imprensa Nacional de Moçambique, 2000. 22 p.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Constituição da República (2004).** Maputo: Imprensa Nacional de Moçambique, 2004. 131 p.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA). **Compilação da legislação ambiental Moçambicana (Tomo II).** Maputo: MICOA, 2005. 295 p.

RITA – FERREIRA, A. **Etno – história e cultura tradicional do grupo Angune (Nguni).** V. 11. Série C. (Ciências Humanas). Lourenço Marques: Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique (I.I.C.M.), 1974. 247 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e gestão ambiental:** Subsídio da geocologia das paisagens e da Teoria Geossistêmica da análise ambiental. 3ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens:** Uma visão geossistêmica da análise ambiental. 3ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010. 222 p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3.**, Washington, D. C., 1973. Proceedings... Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, n. 9, 1995.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia e geografia aplicadas à gestão territorial: teorias e metodologia para o planejamento ambiental**. 2001. 322 f. Tese – (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 89 p.

ROSS, J. S. Bases para o estudo da dinâmica da natureza. In: **Treinamento operacional das equipes de gerenciamento costeiro dos Estados das Regiões Norte/Nordeste e Sul/Sudeste: Coletânea de textos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, 1994. p.51 – 62

SANTOS, P. C. C.; NUNO LIMA, J.; QUEMBO, J. L. **Adjustment of the Classical Terrestrial Geodetic Network of Mozambique Tied to ITRF, Moçambique**. Promoting Land Administration and Good Governance 5th FIG Regional Conference Accra, Ghana, March 8-11, 2006. Disponível em: <>. Acesso em: 15 de ago. 2015.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo, 6ª Ed.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 2013. 100 p.

SCHETSELAAR, E. M.; TIAINEN, M.; WOLDAI, T. **Integrated geological interpretation of remotely sensed data to support geological mapping in Mozambique**. 2008. Geological Survey of Finland Special Paper 48, 35–63, 24 figures. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.533.3853&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 20 de mai. 2015.

SILVA, E. V. et al. **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas: Tomo I – Planejamento e gestão de bacias hidrográficas**. Fortaleza: Edições UFC, 2011. 149 p.

SILVA, J. dos S. V. da; SANTOS, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na bacia hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas: Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), 2011. 329 p.

SILVEIRA, A. **Proposta metodológica para avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano**. 2013. 175 f. Tese - (doutorado em geografia - área de concentração em organização do espaço) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013.

SIMS, G. K. Biological degradation of soils. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Degradation. Advances in Soil Science, Volume 11**. New York: Springer – Verlag, 1990. p. 289 - 233.

SMITH, H. J. Application of Empirical Soil Loss Models in southern Africa: a review. **South African Journal of Plant and Soil**, 16:3, 158-163. 1999. Disponível em: . Acesso

em: 10 ago. 2016.

SOUIRJI, A. **Soil and terrain database of Mozambique, Scale 1:1,000,000**. Maputo: INIA, 1997. 36 p.

STEFANESCO, E. et al. **Ecological survey of Angonia rangelands (1979 - 1981) - Tete - Mozambique. Fiel Document n° 43**. [Maputo]: Ministry of Agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, January 1982. 130 p.

STEFANESCO, E. **Inventory of flora of Angonia (1979 - 1980): List of recorded and collected plant species Province of Tete - Mozambique. Fiel Document n° 40**. [Maputo]: Ministry of Agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO/UNDP Project/Land and Water use Planning)/AGOA/MOZ/75/011, January 1982. 32 p.

SYS, C. et al. **J. Land evaluation part III.: Crop requirements**. Agricultural publication n° 7. Brussels: International Training Centre for Post – Graduate Soil scientists – University Ghent (ITC), 1993. 198 p.

SYS, C.; VAN RANST, E.; DEBAVEYE, J. **Land evaluation part I.: Principles in land evaluation and crop production calculations**. Agricultural publication n° 7. Brussels: International Training Centre for Post – Graduate Soil scientists – University Ghent (ITC), 1991. 273 p.

SYS, C.; VAN RANST, E.; DEBAVEYE, J. **Land evaluation part II.: Methods in land evaluation. Agricultural publication n° 7**. Brussels: International Training Centre for Post – Graduate Soil scientists – University Ghent (ITC), 1991. 198 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas Bacias Hidrográfica. 2. ed**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011. 266 p.

VOORTMAN, R. L.; SONNEVELD, B. G. J. S.; KEYZER, M. A. African Land Ecology: Opportunities and Constraints for Agricultural Development. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, 32(5):367-373. Published By: Royal Swedish Academy of Sciences DOI: <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-32.5.367> URL: <>. Acesso em: 15 de ago. 2015.

VOORTMAN, R. L.; SPIERS, B. **Angonia: landscape ecological survey and land evaluation for rural development planning Angonia District, Tete Province Vol. 4: landscapes and land units. Comunicado n° 33**. Maputo: INIA (Instituto Nacional de Investigação Agronômica/Séria Terra e Água), 1986. 169 p.

VOORTMAN, R. L.; SPIERS, B. **Angonia: landscape ecological survey and land evaluation for rural development planning Angonia District, Tete Province Vol. 5: Climate, agro-climatic zones and agro-climatic suitability. Comunicado n° 33**. Maputo:

INIA (Instituto Nacional de Investigação Agronômica/Séria Terra e Água), 1986. 83 p.

VOORTMAN, R.; BINDRABAN, P.S. Beyond N and P: Toward a Land Resource Ecology Perspective and Impactful Fertilizer Interventions in Sub-Saharan Africa. VFRC Report 2015/1. **Virtual Fertilizer Research Center, Washington, D.C.** 49 pp.; 15 tables; 17 figs.; 2 text boxes; 67 ref.

WESTERINK, R. M. **Evaluation os monthly precipitation data of Mozambique**, Série Terra e Água, nota técnica n° 69^a. Maputo: INIA, 1996. 156 p.

WIJNHOU, J. D. **Extended explanatory note on the national soil map of Mozambique (scale 1: 1. 000.000) typifying pedons and soil analytical data: part I – main report and annexes, comunicação n° 94a**. Maputo: INIA/DTA, 1998. 204 p.

WIJNHOU, J. D. **Guia de referencia para o inventário sistemático de solos em Moçambique: diretivas para o levantamento de solos; diretivas para produção de mapas, legenda e relatórios padronizados; armazenamento sistemático de dados, relatorios e mapas, Série Terra e Água, nota técnica n° 78**. Maputo: INIA, 1984, 129 p.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 211 p.

ZACHARIAS, A. A. **A Representação Gráfica das Unidades de Paisagem no Zoneamento Ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos/SP**. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, UNESP, Rio Claro. 200 p. 2006.

ZACHARIAS, A. A. **Metodologias convencionais e digitais para a elaboração de cartas morfométricas do relevo. 2001**. 166 f. Dissertação - (Mestrado em geociência - área de concentração em geociência e meio ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2001.

ZONNEVELD, I. S. **Land evaluation and land (scape) Science: lectures on land (scape) Science, land (scape) survery and land evaluation (pragmatic land classification)**. Enschede: International Institute for Aerial Survery and Earth Sciences (ITC) – Textbook of photo-interpretation, 1979. 134 p.

ZUQUETTE, L.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2004. 190 p.

APÊNDICE A - Legenda do mapa de solos de Moçambique, escala 1: 1. 000.000.

GEOLOGIA	MATERIAL PARENTAL	CRITÉRIOS DE DIFERENCIAÇÃO	FASE DO SOLO	SÍMBOLO
Zonas aluvionares e flúvio-marinhas	Sedimentos aluviais	Solos argilosos Solos arenosos Solos com camada turfosa	- - -	- FG - FS - FT
	Sedimento estuarino-marinhos	Solos argilosos	-	- FE
Bacia sedimentar	Dunas costeiras	Solos arenosos	-	- DC
	Cobertura arenosa e dunas interiores	Solos arenosos amarelados	-	- AA
			- Relevo dunar	- dAA
		Solos alaranjados	-	- AJ
			- Relevo dunar	- dAJ
		Solos arenosos brancos Solos não especificados	- - Relevo dunar - Hidromórficas	- AB - A - dA ⁹ - Ah
	Grés vermelhos	Solos arenosos	-	- G
	Sedimentos de Mananga	Solos com cobertura arenosa de <50 cm Solos com cobertura arenosa 50 – 100 cm Solos argilosos de coluviões Solos não especificados	- - - -	- MM - MA - MC - M
		Sedimentos de Post – Mananga	Solos com textura grossa Solos com textura fina e média	- -
	Deposito de seixos rolados	Solos de profundidade moderada Solos superficiais, <30 cm	- - Lítica	- SC - SI
Solos calcárias sedimentares	Solos vermelhos Solos castanhos	- -	- WV - WK	
Outras rochas sedimentares	Solos profundos Solos de profundidade moderada	- -	- WM - WP	
	Zonas de rochas vulcânicas	Riolítos	Solos de profundidade < 30 cm Solos de profundidade > 30 cm	- Lítica -
Basaltos		Solos de profundidade < 30 cm	- Lítica	- BI
		Solos de profundidade > 30 cm	- Solos pretos - Solos vermelhos - Solos coluviais	- - -
Soco Precâmbrico	Rochas ácidas	Solo superficiais	-	- I

⁹ A fase do relevo dunar dos solos não especificados (**da**) não foi incluída na legenda da carta de solos 1:1. 000.000 publicada pelo INIA/DTA em 1995 mas que Souirji (1997) e Wijnhoud (1998) incluem esta categoria de solos nas suas publicações.

		Solos vermelhos	- Textura grossa	- - Districa	- VA - Vap
			- Textura média	- - Óxica - Districa	- VM - Vmo - VMp ¹⁰
			- Textura fina	- - Óxica - Districa	- VG - Vgo - VGp
		Solos castanhos	- Textura grossa	- - Manchada - Districa	- KA - Kag - Kap
			- Textura média	- - Óxica	- KM - Kmo
			- Textura fina	- - Óxica	- KG - Kgo
		Solos coluviais	- Textura grossa	-	- CA
			- Textura média	-	- CM
			- Textura fina	-	- CG
	Rochas básicas	- Não especificado	-	- C	
		Solos vermelhos	Rocha mãe básica	VGb	
		Solos castanhos	Rocha mãe básica	KGb	

Fonte: INIA & UEM (1995); Souirji (1997); Wijnhoud (1998)

¹⁰ Na legenda da carta de solos 1:1.000.000 publicada pelo INIA/DTA em 1995 (Apêndice 4) esta fase do solo esta registada como **VMd** mas pensa-se que deve ter sido um erro de digitação uma vez que a fase districa é representada pela letra **p** minúscula e também fez-se as consultas em Souirji (1997) e Wijnhoud (1998).

APÊNDICE B – Relação de estações pluviométricas do Planalto de Angónia.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Precipitação	Tempo (Anos)	TIPO
Biri - biri	- 14 45	+ 34 33	1400	959	23	PLUVI
Cadjie	- 15 27	+ 34 26	1100	1414	8	PLUVI
Cauzuzo	- 15 14	+ 34 23	1400	1350	7	PLUVI
Chia	- 14 48	+ 34 10	1080	885	15	PLUVI
Chinhandje	- 15 26	+ 34 16	670	1121	20	PLUVI
Condedzi	- 15 31	+ 34 20	780	1059	17	PLUVI
Dedza	- 14 21	+ 34 22	1525	1103	30	METEO
Domué	- 14 30	+ 34 14	1350	1082	16	PLUVI
Entaca	- 14 29	+ 34 05	1380	1010	17	PLUVI
Furancungo	- 14 54	+ 33 36	1276	1174	27	METEO
Kasula	- 15 24	+ 33 38	597	1128	22	METEO
Lifidzi	- 14 33	+ 34 14	1270	927	19	PLUVI
Lizulo	- 14 32	+ 34 28	1475	908	13	PLUVI
Mapange	- 14 57	+ 34 31	1400	763	16	PLUVI
Massoco	-14 44	+ 33 53	1000	1375	8	PLUVI
Maue	- 14 45	+ 34 22	1189	906	19	METEO
Metengo Balame	- 14 51	+ 34 31	1370	766	14	PLUVI
Mulomba	-14 44	+33 53	1075	914	14	PLUVI
N'tcheu	- 14 49	+ 34 40	1100	1008	30	METEO
Poquera	- 14 40	+ 34 13	1212	1013	13	PLUVI
Tete	-16 11	+ 33 35	149	644	18	METEO
Tsangano	- 15 10	+ 34 34	1600	1140	14	PLUVI
Ulongué	- 14 44	+ 34 22	1270	921	20	METEO
V. Ulónguè Velha	- 14 35	+ 34 16	1300	922	13	METEO

APÊNDICE C – Relação de animais selvagens do planalto de Angónia.

Nome vernáculo Cheua e Português	Nome Científico	Habitat	Frequência
N'khandwe Chacal de Sela	<i>Canis mesomelas</i>	Bosques abertos. É um animal noturno e se alimenta de lebres, aves, ovelhas etc.	Abundante
Chango da Montanha	<i>Redunca fulvorufula</i>	Áreas montanhosas com afloramentos rochosos e capim. Se ameaçado, o animal refugia-se em áreas mais elevadas. Alimenta-se de capim e folhas.	Muito raro. Provavelmente em montanhas altas de Dómuè e Tsangano
Chita	<i>Acinomix jubatus</i>	Vive em savanas abertas, é diurno e alimenta-se de macacos, antílopes etc.	Muito raro. Provavelmente no sul da área de estudo ou desapareceu
Huluku Gazela	<i>Nesotragus moschatus</i>	Vive em savanas abertas, é noturno e alimenta-se de folhas de arbustos, raízes e grama.	Comum
Vungo African Civet Civeta	<i>Viverra civetta</i>	Vive em floresta aberta, é noturno, alimenta-se de aves.	Não muito comum
Kaligwinya Doninha de cheiro	<i>Ictomys striatus</i>	Savana aberta a áreas montanhosas, é noturno, e alimenta-se de roedores, répteis, pássaros e insetos.	Não muito comum
Njovu Elefante	<i>Lexodonta africana</i>	Savana aberta do sudoeste da área de estudo e se alimenta de folhas de arbustos e grama.	Muito raro
Gologolo Esquilo	<i>Paraxerus palliatus</i>	Floresta, diurno e alimenta-se de frutas, ovos, pássaros, lagartos, insetos. Invasor de campos de cultivos.	Comum
Naphiphi Esquilo volante	<i>Anomalurus derbia</i>	Vive em bananeiras, teto de casa, rochas, é noturno e alimenta-se de frutas, folhas e insetos.	Não muito comum
Lipango Facocero	<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	Área de várzeas, próxima da água, diurno e alimenta-se de grama, tubérculos e raízes.	Comum
Paka wan'chile	<i>Felis libyca</i>	Floresta aberta;	Não muito comum

Nome vernáculo Cheua e Português	Nome Científico	Habitat	Frequência
Gato bravo		noturno; carnívoro.	
Mvuu Hipopótamo	<i>Hipopotamus amphibius</i>	Pântanos e margens dos rios e alimenta-se grama, tubérculos e raízes.	É muito raro
Mbira Hirax das rochas	<i>Heterohyrax brucei</i>	Vive nas rochas e é diurno. Alimenta-se de frutas, folhas e raízes.	Comum
Bushbucks kewel Imbabala	<i>Tragelaphus scriptus</i>	Floresta densa e de galeria; noturno; alimenta-se de frutas, folhas e raízes.	Raro
Nyala	<i>Tragelaphus angasi</i>	Floresta densa seca e margem dos rios; noturno e diurno; alimenta-se de grama.	Muito raro
Changa Galogo, Jagara	<i>Galogo senegalensis</i>	Vive em árvores, na floresta; noturno; alimenta-se do milho no celeiro de camponeses.	Comum
N'kango Leão	<i>Panthera leo</i>	Floresta aberta do sul da área de estudo.	Muito raro
Kalulu Lebre de montanha	<i>Pronolagus crassicaudatus</i>	Rochas e ravinas em áreas montanhosas; noturno.	Comum
Kambuku Leopardo	<i>Panthera pardus</i>	Floresta densa e de galeria; alimenta-se de macacos e animais de pequeno porte.	Raro
Loutra	<i>Lutra maculicollis</i>	Vivem em rios, charcos de áreas montanhosas; noturno; alimenta-se de peixes e animais que vivem na água.	Raro
N'khandwe Mabeco	<i>Lycaon pectus</i>	Floresta aberta; diurno; alimenta-se de animais de pequeno porte, ratos, pássaros.	Raro
Nyiani Macaco cinzento	<i>Ceropithecus pygerythrus</i>	Floresta aberta; alimenta-se de frutas, folhas, sementes, insetos e culturas de camponeses.	Não muito comum
Gudu Matagaiça	<i>Hippotragus equinus</i>	Savana, <i>Dambos</i> , próximo da água; alimenta-se da grama.	Muito raro
Ngoma Namegoma	<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	Floresta, floresta aberta, nas montanhas e próximo da água; Alimenta-se da grama.	Muito raro
Njati Ongonhe	<i>Connochaetes taurinus</i>	Savana seca e alimenta-se de grama; foi visto na foz de Lifidzi a 10 ano.	Provavelmente desapareceu

Nome vernáculo Cheua e Português	Nome Científico	Habitat	Frequência
Mbalare Cabrito das pedras	<i>Oreotragus oreotragus</i>	Vive nas áreas montanhosas e alimenta-se de grama, arbustos e raízes.	Raro
Inhametave	<i>Ouribia ourebi</i>	Vegetação de várzeas, floresta aberta, próximo da água e alimenta-se de grama.	Muito raro
Phalaphala Palapala	<i>Hippotragus niger</i>	Floresta, savana, próximo de cursos d'água. É herbívoro	Muito raro
Nguluwe Porco bravo	<i>Potamochoerus porcus</i>	Floresta densa e altitude; noturno.	Comum
Nungo Porco espinho	<i>Hystrix africae australis</i>	Savana aberta e próxima de campos de cultivo comendo mandioca; noturno.	Pouco comum
Fisi Quizumba malhado	<i>Crocuta crocuta</i>	Savana aberta e próxima de povoados e comendo gado de camponeses	Comum
Bwampini Rato gigante	<i>Cricetomys gambianus</i>	Margens dos rios, hortas; noturno e herbívoro.	Pouco comum
Simba Simba	<i>Genetta mossambicana</i>	Floresta densa; noturno; onívoro.	Raro
Katumbu Texugo de mel	<i>Mellivora capensis</i>	Floresta densa; noturno; alimenta-se de raízes, frutas, abelhas, mel.	Pouco comum
Nsere Urso formigueiro	<i>Orycteropus afer</i>	Próximo de morros de muchém em savana aberta; Noturno	Comum
Nchenzi Vondo	<i>Thryonomis gregarianus</i>	Savana aberta, vegetação de várzeas; alimenta-se de grama, arbustos, frutas e culturas.	Comum
Mphoyo Xipene grisalho	<i>Raphicerus sharpei</i>	Pedregulhos da floresta densa e savana	Pouco comum
Zoro Elefante-megera	<i>Petrodromus tetradactylus</i>	Floresta; Diurno; Insetívoro.	Comum
Pusy Macaco azul	<i>Cercopithecus mitis</i>	Floresta aberta e de galeria, campos de cultivo; noturno; alimenta-se de milho.	Raro
Manyembe Raficero-comum	<i>Raphicerus campestris</i>	Savana aberta.	Provavelmente desapareceu
Kanungu/Nsoni Ouriço sul africano	<i>Erinaceus frontalis</i>	Floresta aberta, campos de cultivo; noturno; alimenta-se de caramujos, insetos, vermes, ervas e frutas.	Pouco comum

APÊNDICE D - Relação de pássaros do Planalto de Angónia.

Nome vernáculo Cheua e Português	Nome Científico	Habitat	Frequência
Chinzunzu Hamerkop (Inglês)	<i>Scopus umbretta</i>	Áreas dos cursos dos rios calmos. Alimenta-se de rãs. É uma ave semi-noturna. Faz ninho gigante nas árvores.	Não comum
Kakowa Garça pequena	<i>Egretta garzetta</i>	Pântanos (<i>Dambos</i>) e planície de inundação	Comum
Mpheta Cuco-de-peito-vermelho	<i>Cuculus solitarius</i>	Gramíneas, bosque e campos de cultivo.	Comum
Chinsansa African pochard (Inglês)	<i>Aythya erythrophthalma</i>	Cursos d'água, próximo de aldeias; calmos. Alimenta-se de insetos.	Comum
Mphungu Grifo do cabo, Grifo-de-dorso-branco	<i>Pseudo gyps africanus</i>	Sobre voa sobre campos a procura de carniça	Raro
Kantema Grey Kestrel (Inglês)	<i>Falcon ardosiaceus</i>	Savana aberta, campo de cultivo; vive em ninhos abandonados; alimenta-se de morcegos.	Comum
Mphamba wa ukuru Águia africana	<i>Hieraaetus spilogaster</i>	Savana aberta e distante das aldeias	Raro
Nkhwali Coqui francolin (Inglês)	<i>Francolinus coqui</i>	Campos de cultivo, floresta aberta, grama.	Comum
N'khawena Galinha-do-mato Helmeted guineafowl (Inglês)	<i>Numida meleagris</i>	Florestas e campos de cultivos abandonados	Comum
Chimeza Darter africano	<i>Anhinga rufa</i>	Nadador e cursos d'água, com pescoço e cabeça fora d'água.	Comum
Chindwa Serpentário	<i>Sagittarius serpentarius</i>	Gramíneas, florestas; destruidores de cobras venenosas e roedores.	Não comum
Njiwa Pomba-olhos-vermelhos	<i>Streptopelia semitorquata</i>	Floresta, hortas e campos de cultivos.	Comum
Njiwa Rola escura	<i>Streptopelia lugens</i>	Floresta ou altas altitudes.	Pouco comum
Njiwa Pomba de anel-no-pescoço	<i>Streptopelia capicola</i>	Campo de cultivo, florestas e aldeias.	Comum
? Malakite Kingfisher	<i>coryornis cristata</i>	Aldeias, corpos d'água com vegetação; alimenta-se de pequenos peixes e insetos.	Comum
Nagokhomola Pica-pau cinza africano	<i>Mesopicos goertae</i>	Savana aberta,; alimenta-se de larvas e insetos.	Comum

Nome vernáculo Cheua e Português	Nome Científico	Habitat	Frequência
Kadzidzi Eagle-owl (Inglês)	<i>Bubo bubo</i>	Vivem em florestas de galeria, florestas; noturno; dorme durante o dia; alimenta-se de roedores e cobras.	Raro
Kadzidzi Coruja manchada	<i>Bubo africanus</i>	Povoados, vertentes, ravinas, floresta aberta; noturno; alimenta-se de roedores, lagartos e pequenos pássaros.	Comum
Lumbe Standard-winged nightjar (Inglês)	<i>Macrodipteryx longipennis</i>	Floresta aberta, próximo d'água; alimenta-se de pássaros.	Comum
Lumbe Donaldson Smith's Nightjar (Inglês)	<i>Caprimulgus donaldsoni</i>	Floresta, próximo d'água; alimenta-se de insetos.	Pouco comum
Lumbe Pennant-winged nightjar (Inglês)	<i>Caprimulgus vexillarius</i>	Pedras das áreas montanhosas.	Localmente comum
Phupupu Poupa africano	<i>Upupa africana</i>	Floresta seca e campos de cultivo; noturno; alimenta-se de larvas.	Comum
Khwangwala Corvo do cabo	<i>Corvus capensis</i>	Campo aberto, ao longo de cursos d'água; é onívoro.	Pouco comum
Khwangwala Corvo malhado	<i>Corvus albis</i>	Migratória, campo aberto, ao longo de cursos d'água e próximo de aldeias; é onívoro.	Comum
Nanzeze Andorinha de celeiro	<i>Hirundo rustica</i>	Aparece no inverno, campo aberto, próximo d'água; pastagens, campo de cultivos; alimenta-se de insetos.	Comum
Nanzeze Black Saw-wing Swallow (Inglês)	<i>Psalidoprocne holomelaena</i>	Floresta aberta em pequenos grupos; alimenta-se de insetos.	Pouco comum
Nanzeze Andorinhão-cafre	<i>Apus caffer</i>	Parcialmente migrante; vive em pântanos e vegetação de várzeas.	Comum
? Oriole dourado africano	<i>Oriolus auratus</i>	Próximo de povoados e floresta aberta (topo das árvores).	Comum
Nanthenngu Picanco cuco preto	<i>Sampephaga sulphurata</i>	Próximo de povoados e florestas.	Comum
Nsodo Beija-flor-de-peito-escarlate	<i>Chalcomitra senegalensis</i>	Próximo de povoados e curso d'água, campos de cultivo, hortas; pássaro visitante.	Comum
Kakowa Garça do gado	<i>Bubulcus ibis</i>	Dambos, gramíneas, cursos d'água, campos de cultivos; alimenta-se de carrapato e moscas	Comum

		seguindo o gado.	
Mpheta Cuco-de-peito- vermelho	<i>Cuculus solitarius</i>	Gramíneas, bosque e campos de cultivo.	Comum

APÊNDICE D – Árvores recomendadas para plantio no Planalto de Angónia.

Espécie ¹¹	Utilização	Necessidades
<i>Cupressus lusitania</i>	Madeira de construção; madeira compensada; vedação contraventos, poeiras e erosão; poste; não resiste à termitas.	Solos ricos, chuva abundante, altas altitudes (acima de 1200 m).
<i>Cupressus torulosa</i>	Madeira de construção; madeira compensada; sombra; poste; ornamentação piramidal; vedação contraventos, poeiras e erosão.	Não em solos ricos, mas em áreas muito chuvosas; não tolera inundação; resistente a seca que <i>C. Lusitania</i> .
<i>Pinus taeda</i>	Madeira de construção; madeira compensada; vedação contraventos, poeiras e erosão; poste.	Solos bem drenados, abaixo de 1500 m de altitude e chuva regular.
<i>Pinus patula</i>	Igual	Solos bem drenados, acima de 1500 m de altitude e muita chuva.
<i>Pinus carboea</i>	Igual	Solos pobres, mas muita chuva em baixas altitudes. Cresce muito rapido.
<i>Pinus elliottii</i>	Madeira de construção; madeira compensada; poste.	Solos bem drenados em áreas secas que <i>P. Patula</i> , áreas pluviosas, abaixo de 1500 m de altitude. Evitar plantar em áreas recém-desmatadas por causa infecção de fungus.
<i>Pinus khasya</i>	Madeira de construção; madeira compensada; poste; vedação contraventos, poeiras e erosão.	Solos bem drenados e pobres, chuvas regulares e abaixo de 1500 m de altitude.
<i>Eucalyptus nitens</i>	Postes; lenha; vedação contraventos, poeiras e erosão; madeira serrada.	Áreas expostas em altas atitudes, acima de 1500 m.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Madeira de construção; postes (alta qaulidade); lenha.	Solos regulares e resiste inundações; 600 mm de chuvas.
<i>Eucalyptus tereticornis</i> <i>E. grandis</i> <i>E. saligna</i>	Postes; vedação contraventos, poeiras e erosão; mobília; carroças de boi; lenha.	Solos regulares em todas altitudes com mais de 800 mm de chuvas.
<i>Eucalyptus microcorys</i>	Madeira de construção e postes.	Solos regulares, mas bem drenados, abaixo de 1200 m de altitudes.
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Madeira de construção; postes de alta qualidade e lenha.	Bons solos, áreas quantes abaixo de 1000 m de altitude.
<i>Eucalyptus maculata</i>	Madeira de construção; postes; madeira serrada; lenha.	Bons solos, áreas quantes abaixo de 1200 m de altitude.
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Vedação contraventos, poeiras e erosão; postes; madeira serrada; lenha.	Bons solos, áreas quantes abaixo de 1200 m de altitude.
<i>Comelina arborea</i>	Madeira de construção; postes; lenha; sombra; vedação contraventos, poeiras e erosão.	Em muitas áreas quantes, não encharcados abaixo de 1000 m de altitude. Cresce rápido em bons solos.

¹¹ As sementes das espécies aqui apresentadas podem ser obtidas no Instituto de Pesquisa Florestal em Malawi ou Zâmbia, e no Centro de Pesquisa Florestal em Harare, Zimbabué.

<i>Cedrela toona</i>	Madeira de construção; lenha; sombra; vedação contraventos, poeiras e erosão.	Solos bem drenados, abaixo de 1500 m de altitude.
<i>Cassia siamea</i> <i>Cassia spectabilis</i>	Postes; lenha; vedação; ornamentação de ruas e quintais.	Cresce melhor em locais secos e em baixas altitudes
<i>Bambusa vulgaris</i>	Cerca de arbustos; cestas; postes de cabanas; caixas de grão; andaime.	Cresce melhor em áreas úmidas abaixo de 2000 m de altitude.
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Boa planta de ornamentação de ruas	Locais secos e solos bem drenados.
<i>Deloxia regia</i>	Igual	Solos e chuvas regulares, abaixo de 1500 m em áreas quentes.
<i>Machaerium tipu</i>	Igual	Locais regulares abaixo de 1500 me de altitude.
<i>Spathodea nilotica</i>	Igual	Bons solos e chuva abaixo de 2000 m de altitude.

APÊNDICE E - Glossário de plantas cultivadas no Planalto de Angónia.

Nome vernáculo (Cheua)	Nome científico	Nome português
Chimanga	<i>Zea mays</i>	Milho
M'punga	<i>Oryza sativa</i>	Arroz
Mawere	<i>Eleusine coracana</i>	Painço dedo
Mapira	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo
Nzimbe	<i>Saccharum</i>	Cana-de-açúcar
Kangedza	<i>Phoenix dactylifera</i>	Palma de tâmara
Chitowe	<i>Sesamum indicum</i>	Sésamo
N'tedza	<i>Arachis hypogaea L.</i>	Amendoim
Mpiru wotuwa	<i>Brassica napus</i>	Colza
Luni	<i>Cleome gynandra L.</i>	Cleome gynandra (Inglês)
Chisachonga cha n'juchi	<i>Helianthus annuus L.</i>	Girassol
Nyemba zoela	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão branco
Mpodza	<i>Vigna radiata</i>	Feijão-da-china ou feijão-mungo
Nyemba za chikasu	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão Pinto
Chimbamba	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão 'Roxo King' escalador
Nyemba za maa'nga-maa'nga	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Deuil Fin Precoce Beans (Inglês)
Nyemba za kuda	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão preto mexicano
Nyemba za khakhi	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão-cor-de-Rosa
Khobwe	<i>Canavalia ensiformis (L.)</i>	Feijão-de-porco
Khungudzu	<i>Phaseolus lunatus (L.)</i>	Feijão-manteiga
Kabaifa	<i>Pisum sativum (L.)</i>	Ervilha
Chimungulo/Batata ya chiboi	<i>Ipomoea batatas (L.) Lam.</i>	Batata doce
Batata ya chizungu	<i>Solanum tuberosum (L.)</i>	Batata reno
M'bwani	<i>Manihot esculenta</i>	Mandioca
Nkwani	<i>Cucurbita pepo (L.)</i>	Folhas de abóbora
Maungu	<i>Cucurbita pepo (L.)</i>	Abóbora
Chitungula	<i>Sechium edule</i>	Chuchu
Mphonda	<i>Lagenaria siceraria</i>	Cabaça
Kalotsi	<i>Daucus carota subsp. sativus</i>	Cenoura
Ntembere	<i>Luffa cylindrica</i>	Bucha
Dzungu	<i>Cucurbita moschata</i>	Abóbora
N'kwani	<i>Cucurbita moschata</i>	Folhas de abóbora
M'futso	<i>Cucurbita moschata</i>	Folhas de abóbora seca
Chiluwe	<i>Cucurbita moschata</i>	Flores de abóbora

Nome vernáculo (<i>Cheua</i>)	Nome científico	Nome português
Mwngasira	<i>Cucurbita pepo</i> (L.)	Abobrinha
Kayimbe	<i>Cucumis melo</i> (L.)	Melão rendilhado
Dzikanhanga	<i>Cucumis anguria</i>	Maxixe
Dzipuete	<i>Cucumis metuliferus</i>	Pepino africano
M'satsi	<i>Ricinus communis</i> (L.)	Mamona
M'kaka	<i>Cucumis sativus</i> (L.)	Pepino
Mawemde	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>lanatus</i>	Melancia
Matimati	<i>Solanum lycopersicum</i> (L.)	Tomate
Madwanzi	<i>Solanum melongena</i> (L.)	Beringela
Tsobola	<i>Capsicum annuum</i> (L.)	Pimenta verde
Chikasu	<i>Zingiber officinale</i>	Gengibre
Abichi	<i>Brassica oleracea</i>	Repolho
Lettuce	<i>Lactuca sativa</i> (L.)	Alface
Abichi ofira	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>	Couve Roxa
Spinechi	<i>Spinacia oleracea</i> (L.)	Espinafre
Therere	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.)	Quiabo
Aniensi	<i>Allium cepa</i> (L.)	Cebola
Adio	<i>Allium sativum</i> (L.)	Alho
Nanasi	<i>Ananas comosus</i> (L.)	Ananás
Sitobele	<i>Fragaria</i> (L.)	Murango
Mapulesi/Bulesi	<i>Morus nigra</i> (L.)	Amora
Apulo	<i>Malus pumila</i> (L.)	Maça
Piquessi	<i>Prunus persica</i> (L.)	Pêssego
Kotapeia	<i>Persea americana</i> (L.)	Abacate
M'pesa	<i>Vitis vinifera</i> (L.)	Uva
Mango	<i>Mangifera indica</i> (L.)	Manga
Papaya	<i>Carica papaya</i> (L.)	Papaia
N'thochi	<i>Mussa</i> spp.	Banana
Katsizi	<i>Musa acuminata</i> Colla	Banana dedo-da-dama
Ndimu	<i>Citrus aurantifolia</i>	Limão
Manderena	<i>Citrus reticulata</i>	Tangerina
Malalanje	<i>Citrus</i> × <i>sinensis</i>	Laranja
Mpiru tanaposi	<i>Brassica rapa</i> (L.)	Repolho chinês
Mpiru	<i>Brassica juncea</i>	Mostarda verde
Nandolo	<i>Cajanus cajan</i> (L.)	Ervilha

Nome vernáculo (<i>Cheua</i>)	Nome científico	Nome português
Chamba	<i>Cannabis sativa (L.)</i>	Maconha
Fodja	<i>Nicotina tabacum</i>	Tabaco
Thonje	<i>Gossypium hirsutum</i>	Algodão
Tirigu	<i>Triticum ssp</i>	Trigo
Kalonga	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pêra espinhosa

APÊNDICE F - Breve historial do mapeamento de solos em Moçambique.

Os primeiros trabalhos sobre a inventariação sistemática dos recursos pedológicos na República de Moçambique datam das primeiras décadas do século XX. A primeira Carta de Solos de Moçambique foi apresentada, em 1923, por Marbut, e surgiu da ampliação do Mapa de Solos da África, na escala de 1: 25.000.000. Segundo Gouveia e Azevedo (1949), nesta carta de solos, Marbut considerou cinco grupos de solos em Moçambique, descritos a seguir:

Classificação dos tipos de solos de Moçambique, segundo Marbut (1923).

Principais grupos de solos	Caracterização do solo
Solos vermelhos lateríticos (<i>lateritic red loams</i>)	Solos com 25% a 90% de constituintes lateríticos (óxidos mais ou menos hidratados de alumínio, ferro, titânio e manganês);
Solos vermelhos (<i>red loams</i>)	Solos contendo menos de 25% de constituintes lateríticos e elevada percentagem de silicatos de alumínio, encontrando-se a sílica, tanto combinada com outros elementos quanto sob a forma de quartzo e sendo raras as concreções ferruginosas;
Terras negras (<i>chernozem</i>)	Solos negros de textura pesada, com estrutura granulosa e com horizonte de acumulação de carbonatos que se encontra por vezes muito próximo da superfície do solo;
Solos claros de zonas das terras negras (<i>light-colored soils of the chernozem group</i>)	Grupo muito heterogêneo de solos de diferentes cores e texturas variáveis apresentando, normalmente, proporção considerável de carbonato de cálcio. Geralmente, ocorre em regiões de topografia mais acidentada que a das terras negras.
Aluviões (<i>alluvium</i>)	Solos formados a partir dos materiais carregados pelos cursos de água e depositados nas suas margens após as cheias.

Fonte: Adaptado de Gouveia e Azevedo (1949)

A segunda carta de solos de Moçambique é mais detalhada e foi apresentada por Schokalsky, em 1943. Foi publicada, originalmente, na escala 1: 20.000.000 e, posteriormente, foi feita uma ampliação parcial para a escala de 1:6.000.000 (GOUVEIA; AZEVEDO, 1949). Nesta carta, Schokalsky distinguiu dois grandes grupos de solos: Solos Pedalféricos e Solos Pedocálicos, descritos a seguir:

Classificação dos tipos de solos de Moçambique, segundo Schokalsky (1943).

Principais grupos de solos	Subgrupos de solos
Solos pedalféricos	Solos fracamente lavados em florestas e matas arbustivas, xerófitas; Solos vermelhos acastanhados em savanas tropicais das regiões alternadamente úmidas e áridas e; Solos vermelhos em florestas tropicais úmidas.
Solos Pedocálicos	Solos do grupo das terras negras das pradarias; Terras negras das savanas áridas; Solos castanhos das estepes áridas.

Fonte: Adaptado de Gouveia e Azevedo (1949)

Além disso, no mapa de Schokalsky, também estão caracterizadas as manchas de solos pantanosos e pântanos das regiões tropicais e solos aluvionares.

Gouveia e Azevedo (1949), pesquisadores do Centro de Investigação Científica Algodoeira (CICA), integrado ao Instituto de Algodão de Moçambique, realizaram várias interpretações em diferentes escalas dos mapas de solos existentes, com o objetivo de ter uma visão geral da distribuição geográfica dos grandes grupos de solos de Moçambique. Produziram, na escala de 1: 5.000.000, a terceira versão do mapa de solos de Moçambique, intitulado “Esboço Pedológico da Colónia de Moçambique” agrupando os solos em seis (6) principais categorias. A elaboração do mapa de solos foi baseada nos trabalhos de Marbut (1923) e Schokalsky (1943), da Carta provisória dos Solos do Sul de Save e de conhecimentos obtidos pelos pesquisadores do CICA, no decurso de trabalhos de reconhecimentos gerais realizados nos vários distritos da província entre 1944 e 1948, elaborou-se a legenda que se segue:

Classificação dos tipos de solos de Moçambique, segundo Gouveia e Azevedo (1949).

Principais grupos de solos	Subgrupos de solos
A – Solos pedalféricos	Solos vermelhos Solos de cor de laranja, alaranjados e amarelos Solos cinzentos Solos do planalto dos Macondes Solos vermelhos arenosos dos Urrongas Solos de faixa arenosa costeira
B – Solos Pedocálicos	Terras negras e cinzentas pedocálicas Solos castanhos Solos pardos, pardo-cinzentos e pardo-avermelhado das regiões áridas e semiáridas.
C – Solos calomórficos	
D – Solos halomórficos	
E – Solos hidromórficos	Machongos Solos <i>vlei</i> Solos dos dambos Solos argilosos das baixas
F – Solos aluvionares	

Fonte: Adaptado de Gouveia e Azevedo (1949)

Considerando que a formação e a evolução dos solos dependem da natureza da rocha-mãe, do clima, do relevo, dos organismos vivos e mortos, do regime hídrico do subsolo, da duração dos processos pedogenéticos e da intervenção humana, Gouveia e Marques publicaram a quarta carta de solos de Moçambique e apresentaram uma nova classificação dos solos de Moçambique em 1972, que refletiam os fatores da formação de solo distinguindo-se os seguintes tipos: solos pouco evoluídos, solos sialíticos, solos fersialíticos, solos ferralíticos e solos hidromórficos (FONSECA et al., 1964; MUCHANGOS, 1999):

Classificação dos tipos de solos, segundo Gouveia e Marques (1972).

Principais grupos de solos	Subgrupos de solos
Solos pouco evoluídos	Aluvionares Regosolos Litosolos Litólicos
Solos sialíticos	Vertisolos Áridicos
Solos fersialíticos	Fersialíticos Psamo - fersialíticos
Solos ferralíticos	Ferralíticos Para - ferralíticos Psamo - ferralíticos Psamo - paraferalíticos
Solos hidromórficos	Minerais Orgânicos Psamo - hidromórficos

Fonte: Adaptado de Fonseca et al. (1964) e Muchangos (1999)

De acordo com Dijkshoorn et al. (1993), INIA e UEM (1995), Souirji (1997) e Wijnhoud (1998) e em consonância com os critérios de classificação utilizados na Legenda da Carta Nacional de Solos (Apêndice 6), em seguida, passa-se a apresentar, de forma sumária, os principais grupos de solos identificados. Os solos de Moçambique foram agrupados em quatro grandes unidades geológicas e geomorfológicas: Zonas Aluvionares e Flúvio-marinhas, Bacia sedimentar, Zonas Vulcânicas e Soco Precâmbrico.

a) Solos das Zonas Aluvionares e Flúvio-marinha (Unidade F)

Nas Zonas Aluviais e Fluviais-marinhas ocorrem os solos formados a partir de deposição de sedimentos como consequência da ação, isolada ou conjugada, dos rios e do mar (DIJKSHOORN et al., 1993; INIA; UEM, 1995). Diferenciaram-se os seguintes agrupamentos de solos:

- Solos aluvionais, formados a partir de sedimentos argilosos, que predominantemente apresentam, pelo menos entre 50 e 100 cm de profundidade, texturas argilo-arenosa, argilo-limosa ou argilosa (FG);
- Solos aluvionais argilosos de textura média ou mais grosseira, que, em geral, apresentam estratificação e, entre 50 e 100 cm de profundidade, texturas franco-

argilo-arenosa ou mais grosseira (FS);

- Solos aluvionais com camadas turfosas (FT);
- Solos aluvionais, formados a partir de depósitos marinhos e estuarinos em áreas submersas por água salgada ou atingidas pelas marés (FE).

b) Solos da Bacia Sedimentar (Unidades D, A, G, M, P, S, W)

Na área correspondente à Bacia Sedimentar, encontram-se os solos derivados de rochas sedimentares, rochas sedimentares metamorfozadas e depósitos superficiais eólicos (DIJKSHOORN et al., 1993), conforme se segue:

- Solos formados em dunas costeiras amareladas do Holocênico (DC);
- Solos formados em coberturas arenosas amareladas do Pleistocênico (AA);
- Solos arenosos amarelados, fase dunar (dAA);
- Solos arenosos alaranjados (AJ);
- Solos arenosos alaranjados, fase dunar (dAJ);
- Solos arenosos brancos (AB);
- Solos arenosos não especificados (A);
- Solos arenosos hidromórficos (Ah);
- Solos formados em materiais de grés e areias vermelhas do Terciário (G);
- Solos derivados de sedimentos de Mananga, incluindo sedimentos coluviais de espessura variável. Abrangem os seguintes subtipos de solos:
 - ✓ Solos com cobertura arenosa, com menos de 50 cm de espessura (MM);
 - ✓ Solos com cobertura arenosa com 50 a 100 cm de espessura (MA);
 - ✓ Solos formados em materiais coluviais derivados de Mananga (MC)
 - ✓ Solos não especificados (M);
- Solos formados em sedimentos do Post-Mananga, ocupando presentemente as

encostas dos vales. Apresentam texturas argilo-arenosa a arenoso-franca e manchas de cores laranja a pardo-avermelhadas (DIJKSHOORN et al., 1993; WIJNHOUUD, 1998). Subdividem-se pelos seguintes agrupamentos:

- ✓ Solos de Post-Mananga de textura grosseira (PA);
 - ✓ Solos de Post-Mananga textura média a fina (PM);
 - ✓ Solos em plataformas de seixos rolados na base de Mananga. Solos formados sobre uma plataforma de seixos rolados, localizada a menos de 50 cm de profundidade;
 - ✓ Solos de coluviões sobre seixos rolados (SC);
 - ✓ Solos líticos sobre seixos rolados (SI);
- Solos derivados de rochas sedimentares do Karroo, Cretácio ou Terciário (SOUIRJI, 1997; WIJNHOUUD, 1998). Incluem os seguintes agrupamentos:
 - Solos argilosos vermelhos, derivados de rochas calcárias (WV);
 - Solos pouco profundos, derivados de rochas calcárias (WK);
 - Solos de textura média ou mais grosseira, derivados de outras rochas sedimentares não calcárias, com 50 a 100 cm de profundidade, ou para solos com menor espessura, na camada diretamente acima da rocha-mãe (WM);
 - Solos derivados de outras rochas sedimentares não calcárias, tendo predominantemente texturas franco-argilo-arenosa ou mais fina, entre 50 e 100 cm de profundidade ou, para solos com menor espessura, na camada diretamente acima da rocha-mãe (WP).

c) Solos das Zonas de Rochas Vulcânicas (Unidades R, B)

Solos formados a partir de materiais provenientes da alteração de rochas vulcânicas, designadamente (DIJKSHOORN et al., 1993; INIA;UEM, 1995):

- Solos formados em materiais provenientes da meteorização de riolitos:
 - ✓ Solos riolíticos líticos (RI);

- ✓ Solos riolíticos vermelhos (RV);
- Solos formados em materiais provenientes da alteração de rochas basálticas. Estes se subdividem pelos seguintes agrupamentos:
 - ✓ Solos basálticos pretos (BP);
 - ✓ Solos basálticos vermelhos (BV);
 - ✓ Solos basálticos coluviais argilosos castanhos (BC).

d) Solos das áreas do Soco Precâmbrico (Unidades V, K, C)

Solos formados sobre materiais provenientes da meteorização de rochas do Soco Precâmbrico, ácidas e básicas (DIJKSHOORN et al., 1993; SOUIRJI, 1997). Os solos que provêm das rochas ácidas subdividem-se em seguintes tipos de solos:

- Solos líticos (I) são solos com espessura inferior a 30 cm, típicos das zonas rochosas, fortemente escarpadas. São solos superficiais rochosos ou camada permanentemente endurecida ou ainda uma camada (> 25 cm de espessura), com uma grande quantidade de fragmentos de rocha e/ou nódulos (dominantes > 80%), em profundidade de 30 cm a partir da superfície (WIJNHOUDE, 1998).
- Solos vermelhos ou avermelhados, tendo predominantemente matiz Munsell de 5 YR ou mais vermelho, pelo menos entre 50 e 100 cm de profundidade, ou para menores profundidades, na camada imediatamente acima do contato lítico. Incluem os seguintes agrupamentos:
 - ✓ Solos arenosos vermelhos de textura grosseira (VA);
 - ✓ Solos arenosos vermelhos de textura grosseira distrícos (VAp);
 - ✓ Solos vermelhos de textura média (VM);
 - ✓ Solos vermelhos de textura média óxicos (VMo)
 - ✓ Solos vermelhos de textura média distrícos (VMp)
 - ✓ Solos argilosos vermelhos de textura fina (VG)

- ✓ Solos argilosos vermelhos de textura fina óxicos (VGo)
- ✓ Solos argilosos vermelhos de textura fina distrícos (VGp)
- Solos castanhos que, predominantemente, apresentam matiz Munsell de 7,5 YR ou mais amarelo, pelo menos entre 50 e 100 cm de profundidade, ou para menores profundidades, na camada imediatamente acima do contacto lítico, com os seguintes agrupamentos:
 - ✓ Solos castanhos de textura grosseira (KA)
 - ✓ Solos castanhos de textura grosseira mosqueada (KAg)
 - ✓ Solos castanhos de textura grosseira dístrica (KAp)
 - ✓ Solos castanhos de textura média (KM)
 - ✓ Solos castanhos de textura média óxica (KMo)
 - ✓ Solos castanhos de textura fina (KG)
 - ✓ Solos castanhos de textura fina óxica (KGo)
- Os solos que provêm das rochas básicas subdividem-se em sete tipos de solos. Solos derivados de materiais coluvionares em base de vertente, com os seguintes agrupamentos:
 - ✓ Solos coluviais de textura grosseira (CA);
 - ✓ Solos coluviais de textura fina (CG);
 - ✓ Solos coluviais de textura média (CM)
 - ✓ Solos coluviais, não especificados (C);
 - ✓ Os solos que provêm das rochas básicas subdividem-se em seguintes tipos de solos:
 - Solos vermelhos básicos (VGb);
 - Solos castanhos básicos (KGb).

APÊNDICE G – Relação de pessoas entrevistadas no Planalto de Angónia.

Nome	Função	Povoado	Data	Língua
Januário Filipe	Campones	Monequela	08/12/2015	Chinyanja
Christovão Inoque	Campones	Kaundo	20/12/2015	Chinyanja
Martinha Manuel Thebulo	Campones	Kaundo	20/12/2015	Chinyanja
Paulo António	Campones	Kaundo	20/12/2015	Chinyanja
Xavier Fabiano	Campones	Kaundo	20/12/2015	Chinyanja
Vitorino Demitério	Campones	Kaundo	20/12/2015	Chinyanja
Fernando Doda	SDPI	Ulóngue	26/11/2015	Português
Rosário Nimosso	SDAE	Ulóngue	26/11/2015	Português
Joaquim António Paulo Cherene	Administrador	Ulóngue	01/12/2015	Português
Jacinta Marcos Dama Rinze	Rainha	Folotia	30/11/2015	Chinyanja
Miguel Agnelo Patinho	Chefe Localidade	Vila Velha	07/12/2015	Português
Pragana Kutupilani Kulindji	Chefe Administrativo P.	Domué	07/12/2015	Português
Vitor Camera	Padre	Lifidzi	09/12/2015	Português
José Floriano Gino José	Seminarista	Lifidzi	09/12/2015	Português
David	Padre	Chabulo	09/12/2015	Português
Andrade	Irmão	Lifidzi	09/12/2015	Português
Carolina Basilio	Chefe de Associação	Folotia	20/12/2015	Chinyanja
Maneco Ngozo	Camponese	Folotia	18/12/2015	Chinyanja
T. H. Banda	Ministry of Agriculture	Dedza-Malawi	09/12/2015	Chinyanja
Xitcwa	Ministry of Agriculture	Dedza-Malawi	09/12/2015	Chinyanja
Miss Msulara	Ministry of Agriculture	Ntcheu-Malawi	10/12/2015	Chinyanja
Venâncio Patreque	Docente	Ulóngue	26/11/2015	Português
Macheza Phiri	Campones	Folotia	16/12/2015	Chinyanja
Eduardo Luabo	Juiz	Ulóngue	17/12/2015	Português
Manuel Cuezesa Fungulane	IIAM-Angónia	Ulóngue	19/11/2015	Português

APÊNDICE H - Imagem fusão 456 de Landsat 8.

