



**Universidade Estadual de Feira de Santana**  
**Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente**

## **DISSERTAÇÃO**

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE AGRÍCOLA NA REGIÃO DE  
PREDOMÍNIO DO BIOMA MIOMBO, AO NORTE DE MOÇAMBIQUE, COM  
ÊNFASE EM CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DO AMBIENTE**

Lucrêncio Silvestre Macarringue

Feira de Santana – Bahia

Junho de 2014

## LUCRÊNCIO SILVESTRE MACARRINGUE

**“ANÁLISE DA POTENCIALIDADE AGRÍCOLA PARA REGIÃO DE PREDOMÍNIO DO BIOMA MIOMBO AO NORTE DE MOÇAMBIQUE: COM ÊNFASE EM CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DO AMBIENTE.”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientada pela Prof. Dr. Edson Eyji Sano  
Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

**Data de aprovação: 30 de Junho de 2014**

### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Edson Eyji Sano  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (PPGM/EMBRAPA)

---

Prof. Dr. Oldair Del' Arco Vinhas Costa  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia(UFRB)

---

Prof. Dr. Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha  
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

---

Profª. Drª. Joselisa Maria Chaves  
Universidade Estadual de Feira de Santana (PPGM/UEFS)

## Ficha Catalográfica

Macarringue, Lucrêncio Silvestre. *Análise da potencialidade agrícola na região de predomínio do bioma miombo, ao norte de moçambique, com ênfase em características biofísicas do ambiente* / Lucrencio Silvestre Macarringue. – Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2014.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Feira de Santana.

Orientador: Prof. Dr. Edson Eyji Sano

Coorientadora: Profa. Dr<sup>a</sup>. Joselisa Maria Chaves

1. Fronteira agrícola 2. Geotecnologias 3. Modelagem 4. Miombo 5. Cerrado

*"A educação é a mais poderosa arma pela qual se pode mudar o mundo."*

*Nelson Mandela  
(1918 - 2013)*

*"A luta continua contra o analfabetismo, contra ignorância ... A luta continua para que sejamos todos homens iguais."*

*Samora Machel  
(1933 - 1986)*

*"Nunca permita que lhe roubem a esperança, como também não roube a esperança de ninguém; pelo contrário, sejamos portadores da esperança."*

*Papa Francisco  
(1936: - )*

*"Eu segurei muitas coisas em minhas mãos, e eu perdi tudo, mas tudo que deixei nas mão de Deus, eu ainda possuo."*

*Martin Luther King  
(1929 – 1968)*

*"O verde nos inspira a esperança de não desanimarmos e caminharmos confiantes, acreditando que mesmo diante de uma sociedade consumista, individualista, egoísta, violenta (...) devemos prosseguir com coragem e determinação."*

*Nilza Azevedo Cruz  
(1945: - )*

*"Momentos da vida passam rápido, e por vezes despercebidos. Porém, algo que os torna excitantes são as lembranças de um dia termos tido nossos sonhos realizados."*

*Momoca  
(1990: - )*

*Aos meus pais Silvestre e Mariana, em especial, à minha mãe que em nenhum momento permitiu que me faltasse amor e carinho; que pôde dar tudo que podia em sustento da minha vida, dos meus sonhos, que parte deles se realizam com o grau acadêmico que se conquista com este trabalho.*

*À minha esposa Alcília que, desde os tempos de adolescência, foi uma companheira presente, tendo acompanhado meus passos desde a graduação, assistido os meus fracassos e vitórias no âmbito social e acadêmico, e que tem enfrentado com sabedoria a minha ausência.*

*A eles, dedico esta dissertação.*

## **AGRADECIMENTOS**

Diante das circunstâncias que cobriram a realização deste trabalho, torna-se imprescindível manifestar meus sinceros agradecimentos às entidades que, de forma direta ou indireta, tornaram possível a realização deste sonho, sem os quais não teria sido possível a conquista do presente grau acadêmico.

A Deus, pela vida, por ser o zelador do meu bem-estar físico e espiritual.

Aos meus pais, irmãos e amigos que, de forma compensatória, estimularam-me a continuar com os estudos e fazer deles o meu maior orgulho.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia de Moçambique, pelo financiamento dos meus estudos através do Programa de Desenvolvimento de Recursos Humanos, Ciência e Tecnologia.

Ao Instituto de Formação em Administração de Terras e Cartografia (INFATEC) de Moçambique, pelo apoio técnico e institucional.

Aos coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) – Bahia, que tornaram possível o meu ingresso ao programa e por ter prestado todo apoio necessário para minha integração no programa.

À Assessoria Especial de Relações Institucionais (AERI), pelo apoio em diversas vertentes na qualidade de estudante de intercâmbio.

À Secretaria do PPGM, pelo apoio e colaboração relativa ao setor.

Aos meus orientadores e “pais acadêmicos”, Prof. Dr. Edson Eyji Sano e Profa. Dra. Joselisa Maria Chaves, que, com muita paciência, zelo e dedicação, supriram minhas dúvidas, souberam dar a devida orientação que levou esta pesquisa à sua fase final.

Ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), pelo apoio técnico e institucional no trabalho de campo realizado em Moçambique.

À Embrapa Monitoramento por Satélite de Campinas, na pessoa de Edson Bolfe e colaboradores, pelo apoio à pesquisa através da disponibilização de dados de Moçambique, fundamentais para esta pesquisa.

A todo corpo docente da UEFS/PPGM e colaboradores, em especial aos professores Elói Barreto, Ardemirio de Barros, Joselisa Maria Chaves, Edson Sano, Marjorie Nolasco, Elane Borges, Danusa da Purificação, Clóvis Caribé e Flávio Ponzoni, pelas aulas ministradas e partilha de conhecimentos.

À professora Elane Borges pela amizade, orientação, convivência durante as aulas de SIG, disponibilização de dados de sua tese e auxílio no processamento dos dados desta dissertação.

Aos meus colegas das turmas VI e VII, em especial, ao Juvenal, Juliana, Adson, Gabriel, Rafaela, Igor, Isaac, Soltan (cubano), Elaine e Lívia que, mais do que colegas, foram meus companheiros e irmãos.

Aos pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em especial, ao Flávio Ponzoni, Antônio Formaggio e Liana Anderson pela tenção e acolhimento durante os três meses de estadia no INPE.

À adorável e batalhadora dona Nilza e seu agregado, por me tornarem mais um membro da sua família.

À Magnitude Consultores, Lda, na pessoa de meu sócio e amigo Manuel Taque. Um sonho que me estimula a embarcar na pesquisa e encarar os desafios de Moçambique.

Àqueles que, de forma direta e/ou indireta, prestaram-me o apoio necessário.

A todos, vão os meus profundos e sinceros agradecimentos.

# ANÁLISE DA POTENCIALIDADE AGRÍCOLA NA REGIÃO DE PREDOMÍNIO DO BIOMA MIOMBO, AO NORTE DE MOÇAMBIQUE, COM ÊNFASE EM CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DO AMBIENTE

## Resumo

Moçambique encontra-se em processo de expansão agrícola, em especial, nas áreas de domínio do Bioma Miombo, localizadas, em sua maior extensão, ao norte do país, impulsionado pelo programa de cooperação trilateral envolvendo Moçambique, Japão e Brasil, denominado ProSAVANA. Alguns estudos já foram conduzidos por esse programa, por exemplo, relacionados com a adaptabilidade das sementes de milho e sorgo na região norte de Moçambique. Esse estudo procura analisar, sob ponto de vista biofísico, a favorabilidade à expansão agrícola da região de domínio do bioma Miombo ao norte de Moçambique (Corredor de Nacala) no âmbito do ProSAVANA, à luz da experiência do programa PRODECER do oeste da Bahia. Como materiais básicos, foram utilizados os modelos digitais de elevação da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) na geração de mapas de hipsometria e declividade, *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) na análise comparativa de dados de precipitação, dados do sensor MODIS/Terra (MOD13Q1) na comparação da estrutura da vegetação predominante nas duas regiões (oeste da Bahia e Nacala), além do banco de dados espaciais contendo dados sobre as bacias hidrográficas, reservas florestais e solos. Foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens e análise espacial disponíveis nos aplicativos ENVI 4.8 e ArcMap 10 e ferramentas de modelagem de dados geográficos. Para uma melhor análise dos dados EVI, usou-se o filtro Logística Dupla disponível no programa TIMESAT 3.x, que possibilitou a suavização dos ruídos presentes nesse tipo de dados. Os dados foram analisados com base em métodos estatísticos utilizando a regressão linear e análises de frequência e histogramas. Como resultados, obteve-se um mapa de áreas favoráveis à expansão agrícola sob ponto de vista fisiográfico, na região norte de Moçambique, avaliadas em cerca de 4.8 milhões de hectares (73% da área total), além de um banco de dados contendo informações sobre as condições físicas de ambas regiões. O método utilizado nesse estudo foi relativamente simples e pode ser estendida para outras pesquisas similares.

**Palavras-chave:** Fronteira agrícola, Geotecnologias, Modelagem, Miombo, Cerrado



# **ANALYSIS OF AGRICULTURAL POTENTIALITY IN THE REGION OF DOMINANCE OF MIOMBO BIOME, NORTH PART OF MOZAMBIQUE, WITH EMPHASIS ON BIOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE ENVIRONMENT**

## **Abstract**

Mozambique is in the process of agricultural expansion, particularly in the areas of predominance of Miombo Biome, mostly located in the northern part of the country, driven by the trilateral cooperation program (ProSAVANA) involving Mozambique, Brazil and Japan. Some studies were already conducted by this program, for instance, related to the adaptability of maize and soybean seeds in this area. This study aims to analyze, by the biophysical point of view, the favorability of the agricultural expansion in the northern part of Mozambique in the scope of ProSAVANA, based on the Japan-Brazil cooperation program (PRODECER) experiences in the western part of Bahia. As basic materials, digital elevation models from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) were used to generate hypsometric and slope maps from both sites, Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) to compare rainfall data from both sites, data from MODIS/Terra (MOD13Q1) sensor to compare the structure of the most representative biome from both regions. Spatial database containing watershed boundary, forest reserves and soils types were also considered. Techniques of digital image processing, spatial analysis and spatial modeling available in the ENVI 4.8<sup>TM</sup> and ArcMap<sup>TM</sup> 10 software packages were used. For the best performance of the EVI data, the Double Logistic filter available in the TIMESAT 3x<sup>TM</sup> software was applied. Data were analysed based on statistical methods of frequency, histogram and regression. As results, a map of suitability for agricultural expansion areas based on physiographic parameters were obtained over 4.8 million hectares (73 percent of the total area) as well as a database with information of the physical conditions of the both region. The method used here was relatively simple and can be reproduced for other similar researches.

**Keywords:** Agricultural frontier, Geotechnology, Modeling, Miombo, Cerrado.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS.....   | 12 |
| LISTA DE TABELAS.....   | 13 |
| LISTA DE QUADROS .....  | 13 |
| LISTA DE ANEXOS .....   | 13 |
| ACRÔNIMOS.....  | 14 |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 16 |
| 1.1 Justificativa.....  | 17 |
| 1.2 Objetivos .....   | 18 |
| 1.3 Hipótese .....  | 19 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....                                       | 20 |
| 2.1 Geoprocessamento, SIG e Sensoriamento Remoto.....             | 20 |
| 2.2 Satélites e Sensores.....                                     | 23 |
| 2.2.1. MODIS .....  | 24 |
| 2.2.2. Missão TRMM .....  | 28 |
| 2.2.3. Missão SRTM .....  | 30 |
| 2.3. Processamento de Imagens .....                               | 31 |
| 2.4. Geotecnologias e Modelagem .....                             | 33 |
| 2.5. Expansão Agrícola, Uso e Cobertura de Terra.....             | 35 |
| 2.6. Savanas tropicais do Brasil e Moçambique.....                | 36 |
| 2.7. Ocupação e uso dos recursos do bioma Cerrado e Miombo .....  | 42 |
| 2.8. Moçambique, aspectos físicos e socioeconómicos.....          | 44 |
| 2.8.1 Situação agrária de Moçambique .....                        | 48 |
| 2.9. Processo histórico da expansão agrícola no oeste baiano..... | 50 |
| 3. ÁREA DE ESTUDO .....   | 55 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODO .....                                       | 57 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                   | 65 |
| 5.1 Índice de Vegetação Realçado (EVI).....                       | 65 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.2. Precipitação.....   | 67  |
| 5.3. Relevo.....   | 70  |
| 5.4 Solos .....  | 74  |
| 5.5. Áreas potencialmente agrícolas na região do Corredor de Nacala..... | 81  |
| 5.6. Similaridades e desassimilidades.....                               | 83  |
| 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                                       | 86  |
| Referências.....   | 87  |
| Anexos.....  | 101 |

## LISTA DE FIGURAS

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Figura 2.1:  | Arquitetura de um geoprocessamento e de um SIG.   | 21 |
| Figura 2.2:  | Níveis de coleta de dados   | 22 |
| Figura 2.3:  | Ilustração da obtenção de dados pelo sensoriamento remoto   | 23 |
| Figura 2.4:  | Classificação dos sistemas sensores   | 24 |
| Figura 2.5:  | Diagrama do processamento de TRMM e produtos  | 29 |
| Figura 2.6:  | Etapas e técnicas de processamento de imagens   | 33 |
| Figura 2.7:  | Distribuição da Savana no mundo   | 37 |
| Figura 2.8:  | Tipologias da vegetação mostrando o domínio do Miombo em Moçambique (à esquerda) e biomas do Brasil (à direita).  | 38 |
| Figura 2.9:  | Ilustração da abrangência dos paralelos 13° e 17° de latitude sul nas áreas de estudo   | 38 |
| Figura 2.10: | Fitofisionomias do Cerrado  | 41 |
| Figura 2.11: | Miombo denso (a), médio (b) e pobre (c).  | 42 |
| Figura 2.12: | Mapa de localização de Moçambique no contexto regional  | 45 |
| Figura 2.13: | Mulheres moçambicanas envolvidas na atividade agrícola  | 47 |
| Figura 2.14: | Campos agrícolas de pequeno porte (A) desenvolvido pelo agregado familiar; de médio porte (B), desenvolvido por famílias associadas e de grande porte (C) e (D) desenvolvido por empresas agrícolas | 49 |
| Figura 2.15: | Mesorregião do Oeste da Bahia   | 51 |
| Figura 3.1:  | Localização das áreas de estudo em Moçambique e Brasil  | 55 |
| Figura 4.1:  | Fluxograma metodológico do estudo   | 57 |
| Figura 4.2:  | Localização das amostras de pixels do MODIS EVI correspondentes à Cerrado denso (Oeste da Bahia) e floresta sempreverde (Moçambique)  | 62 |
| Figura 4.3:  | Diagrama ilustrando os diversos momentos e ferramentas de processamento dos dados até à geração do mapa de potencial agrícola.  | 64 |
| Figura 5.1:  | Variação do EVI no período de 2002 a 2011 para as regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e Oeste da Bahia (Brasil).   | 65 |
| Figura 5.2:  | Relação entre o EVI determinado para a Cerrado denso na região Oeste da Bahia (Brasil) e Floresta sempreverde na região do Corredor de Nacala (Moçambique)  | 66 |
| Figura 5.3:  | Variação da precipitação no período de 2002 a 2011 para as regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e Oeste da Bahia (Brasil)   | 67 |
| Figura 5.4:  | Precipitação média mensal (mm) no período de 2002 a 2011 (A); e precipitação média anual (mm) (B) para as áreas do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).                       | 68 |
| Figura 5.5:  | Distribuição da precipitação nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).  | 69 |
| Figura 5.6:  | Variação altimétrica do relevo nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).  | 71 |
| Figura 5.7:  | Distribuição das classes altimétricas (em metros) nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).   | 72 |
| Figura 5.8:  | Variação da declividade nas nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).   | 73 |
| Figura 5.9:  | Distribuição dos tipos de solos de acordo com as classificações da  | 75 |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
|              | Embrapa (para oeste da Bahia) e FAO (Para Moçambique)   |    |
| Figura 5.10: | Relação proporcional dos tipos de solos nas áreas de Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil). | 77 |
| Figura 5.11: | Variação textural dos solos na região do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).             | 79 |
| Figura 5.12: | Distribuição das áreas potencialmente agrícolas na região do Corredor de Nacala.                                | 82 |

### **LISTA DE TABELAS**

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabela 2.1: | Número de estabelecimentos agrícolas e sua área cultivada em Moçambique.                                 | 48 |
| Tabela 5.1: | Análise de frequências para os dados EVI   | 66 |
| Tabela 5.2: | Proporções das classes texturais na região do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil). | 80 |

### **LISTA DE QUADROS**

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Quadro 2.1: | Alguns produtos do MODIS e suas características | 25 |
| Quadro 2.2: | Características dos produtos da TRMM            | 29 |

### **LISTA DE ANEXOS**

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Anexo 1: | Dados de precipitação da área do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil). | 101 |
|----------|---|-----|

## ACRÔNIMOS

|           |   |
|-----------|---|
| BM        | Banco Mundial   |
| CAR       | Companhia de Desenvolvimento de Ação Regional                   |
| CENACARTA | Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção                   |
| CODEVASF  | Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco           |
| DUAT      | Direito de Uso e Aproveitamento de Terra                        |
| EMATER    | Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural      |
| EMBRAPA   | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                     |
| EVI       | Enhanced Vegetation Index                                       |
| FMI       | Fundo Monetário Internacional                                   |
| GPS       | Global Positioning System                                       |
| IBGE      | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                 |
| IIAM      | Instituto de Investigação Agrária de Moçambique                 |
| INE       | Instituto Nacional de Estatística – Moçambique                  |
| JICA      | Agência Japonesa de Cooperação Internacional                    |
| LAI       | Leaf Area Index   |
| MAE       | Ministério da Administração Estatal                             |
| MDE       | Modelo Digital de Elevação                                      |
| MICOA     | Ministério Para a Coordenação da Ação Ambiental                 |
| MME       | Ministério de Minas e Energia – Brasil                          |
| MINAG     | Ministério da Agricultura                                       |
| MNT       | Modelo Numérico de Terreno                                      |
| MODIS     | Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer                   |
| MRT       | Modis Reprojection Tool   |
| PCT       | Programa de Cooperação Triangular                               |
| NASA      | National Aerospace and Space Administration                     |
| NDVI      | Normalized Difference Vegetation Index                          |
| OMSM      | Organizações e Movimentos Sociais de Moçambique                 |
| ONU       | Organização das Nações Unidas                                   |
| PCT       | Projeto de Cooperação Triangular                                |
| PDI       | Processamento Digital de Imagens                                |
| PRODECER  | Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos |

|           |   |
|-----------|---|
|           | Cerrados  |
| ProSAVANA | Programa de Cooperação Triangular para o Desenvolvimento da Agricultura das Savanas Tropicais de Moçambique |
| RM        | República de Moçambique   |
| SADC      | Comunidade Para o Desenvolvimento dos Países da África Austral  |
| SENAR     | Serviço Nacional de Aprendizagem Rural  |
| SIG       | Sistemas de Informação Geográfica   |
| SRTM      | Shuttle Radar Topography Mission  |
| TRMM      | Tropical Rainfall Measuring Mission   |
| UA        | União Africana  |
| USGS      | United States Geological Survey   |
| WFP       | World Food Programme  |
| WGS-84    | World Geodetic System 1984  |

## 1. INTRODUÇÃO

A terra em Moçambique é propriedade do Estado, não podendo ser vendida, alienada ou hipotecada (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2002). Contudo, ela pode ser utilizada em regime de concessão pelos cidadãos nacionais ou estrangeiros. Esta concessão pode ser por um período de até 50 anos, renováveis por igual período, mediante o cumprimento dos requisitos previstos na Lei de Terras, que culmina com a concessão do Direito de Uso e Aproveitamento da Terra (DUAT) (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2002).

A existência de vasta área de predomínio do bioma Miombo na região norte de Moçambique, com características aparentemente similares aos do Cerrado do oeste baiano e com clima e solos aptos à agricultura, favoreceu a criação de um programa de cooperação triangular para o desenvolvimento da agricultura das savanas tropicais de Moçambique (ProSAVANA). Esse programa foi assinado em Tóquio em 18 de março de 2010, envolvendo Moçambique, através do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), órgão tutelado pelo Ministério da Agricultura de Moçambique, Brasil, através da Agência Brasileira de Cooperação (ABC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), e Japão, através da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) (IIAM, 2010). O programa será implementado numa primeira fase em cerca de 14 distritos (três províncias) do país.

O ProSAVANA foi concebido com o pressuposto de existências de similaridades biofísicas, por um lado favorecidas pela localização geográfica da região de predomínio do bioma Miombo, coincidente com a região do Cerrado brasileiro entre as faixas 13° e 17° de latitude sul. Uma vez que este ecossistema é determinada fundamentalmente em função da latitude e do clima (COLINVAUX, 1993), e por outro lado, estes estabelecerem relações com solos e relevo, acredita-se que as regiões de Miombo e Cerrado apresentam características similares sob ponto de vista biofísico (PCT, 2011). Deste modo, a experiência do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER) que revolucionou a produção de grãos no Brasil, tornou-se inspiração para o ProSAVANA, daí pensar-se na transferência desse modelo para Moçambique.



Várias ações já foram desenvolvidas para viabilizar este projeto, tais como a disponibilização de terras por parte de Moçambique (cerca de 6 milhões de hectares). O Brasil tem enviado técnicos para a região onde está inserido o projeto, desenvolvendo testes com sementes de algodão, soja, milho, sorgo e feijão do Cerrado brasileiro para adaptá-las às condições do norte de Moçambique nas duas estações. O Japão já disponibilizou fundos para dar início à etapa de análise de informação (IIAM, 2010; PCT, 2011).

À primeira vista, existem fortes possibilidades de adaptação de culturas agrícolas sob o ponto de vista edáfico e climático, dada a similaridade das duas regiões em alguns aspectos geográficos. Porém, tratando-se de um projeto inovador e de grande vulto, tem gerado inquietações por parte de vários agentes envolvidos no projeto, principalmente por parte dos camponeses que têm levantado a necessidade de compreender como será desenvolvido o projeto e que implicações trará (OMSM, 2013). Mediante esses pressupostos, há necessidade de intervenção por parte dos agentes políticos e acadêmicos com vistas a desmistificar a implementação do mesmo. Uma contribuição por parte de acadêmicos é proposta nesta pesquisa, que procura analisar, sob o ponto de vista fisiográfico, o potencial agrícola na região norte de Moçambique, e identificar, a partir da modelagem, as áreas potencialmente agrícolas face à implementação do ProSAVANA.

## **1.1 Justificativa**

O governo de Moçambique concebeu um programa de desenvolvimento agrícola rural (ProSAVANA) com o objetivo de melhorar a competitividade do setor agrícola rural da região norte, tanto em matéria de segurança alimentar a partir da organização e do aumento da produtividade no âmbito da agricultura familiar, como na geração de excedentes exportáveis a partir do apoio técnico à agricultura orientada para o agronegócio (PCT, 2011).

Através do ProSAVANA, prevê-se a transferência de técnicas e tecnologias usadas pela EMBRAPA em áreas de Cerrado brasileiro, podendo ser adaptadas à realidade da região de Miombo moçambicano (que se acredita ser similar ao Cerrado), tendo em vista aspectos biofísicos, sociodemográficos, econômicos e políticos da região.

Técnicos brasileiros, moçambicanos e japoneses têm-se encontrado em Moçambique realizando estudos sobre solos e adaptabilidade de sementes com o propósito de verificar a viabilidade do projeto sob ponto de vista edáfico. Contudo, estudos comparativos que levam em consideração os aspetos biofísicos fundamentais no desenvolvimento da agricultura em áreas de Miombo e que procuram identificar as áreas aptas para o desenvolvimento de agricultura intensiva ainda não foram realizados. Por outro lado, com baixos custos, o desenvolvimento agrícola é mais do que desejado dada a existência de focos de fome em várias regiões de Moçambique. Porém, torna-se necessário que esse desenvolvimento seja sustentável, daí a necessidade de estudos de diversas áreas afins e de diversos profissionais com vistas a garantir que o projeto seja implementado atendendo aos interesses dos principais atores de desenvolvimento (as comunidades locais).

Este estudo é relevante, pois em consideração às condições físicas da região do oeste da Bahia onde o agronegócio está implementado, irá trazer e discutir, sob ponto de vista biofísico, elementos relevantes para a análise da potencialidade agrícola da região moçambicana. Este estudo servirá de base para novas abordagens dentro deste contexto de implementação do ProSAVANA.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral desse estudo é analisar, sob ponto de vista biofísico, a potencialidade agrícola da região de predomínio do bioma Miombo ao norte de Moçambique (Corredor de Nacala) no âmbito do programa de expansão agrícola nas savanas tropicais (ProSAVANA), à luz da experiência do programa PRODECER do oeste da Bahia. Como objetivos específicos, tem-se:

- Elaborar uma base de dados cartográficos da área de estudo (Moçambique) por meio da análise dos dados dos sensores *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (Terra/MODIS).
- Caracterizar, sob ponto de vista biofísico, as áreas de predomínio de Miombo na região norte de Moçambique e de Cerrado na região oeste Bahia.
- Identificar as áreas favoráveis à expansão agrícola no Corredor de Nacala (norte de Moçambique) na perspectiva do modelo brasileiro de expansão.

### **1.3 Hipótese**

O presente trabalho baseia-se na seguinte hipótese: existem similaridades fisiográficas entre as regiões do Cerrado brasileiro e Miombo moçambicano que favoreçam a expansão agrícola na região moçambicana.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Geoprocessamento, SIG e Sensoriamento Remoto

O conceito de geoprocessamento tem experimentado vários significados no decurso dos anos em diversos idiomas, podendo ser conhecido por geomática, termo que diz respeito a instrumentos e técnicas para a obtenção de dados espaciais, bem como teorias relativas à automação aplicada na obtenção de informações espaciais (MOURA, 2000). Em muitos casos, ele tem sido confundido com SIG, pelo fato de ambas as ciências terem, como princípio, a manipulação de dados georreferenciados em sistemas computacionais, gerando produtos diversos (MOURA, 2000; COUTO, 2009). Contudo, existem diferenças significativas entre estas duas ciências.

Lazzarotto (2002), em sua definição de geoprocessamento, colocou quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento de informação espacial, nomeadamente:

- i. Técnicas para coleta de informação espacial (cartografia, sensoriamento remoto, *Global Positioning System* (GPS), topografia convencional, fotogrametria, levantamento de dados alfanuméricos);
- ii. Técnicas de armazenamento de informação espacial (banco de dados orientado-a-objetos, relacional, hierárquico, etc.);
- iii. Técnicas para tratamento e análise de informação espacial, como modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes; e
- iv. Técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os *Geographic Information Systems* (GIS), *Land Information System* (LIS), *Automated Mapping/Facilities Management* (AM/FM) e *Computer-Aided Drafting and Design* (CADD).

Por outro lado, Burrough (1986) afirmou que: os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou (GIS) são uma componente muito forte na disponibilidade e visualização de dados geográficos, integrando um sistema de *hardware*, *software*, dados, pessoas e arranjos institucionais designados para suportar a captura, armazenamento, atualização, integração, manipulação, análise e visualização de dados

referenciados. Os SIGs correspondem a uma espécie de suporte para solucionar problemas complexos de planejamento e gestão.

Igual ao termo geoprocessamento, o termo SIG tem sido concebido de forma diferenciada por vários autores. Silva (2003) mencionou algumas razões para tal como o crescimento vertiginoso de sistemas computacionais que suportam os SIGs que geram figuras de retórica e neologismo e também o debate acadêmico, envolvendo qual seria o enfoque principal dos SIGs. O geoprocessamento é muito mais amplo que os SIGs, embora estes últimos também englobem aspectos já abordados na definição de geoprocessamento. Agregam-se ainda a estes, os aspectos institucionais, de recursos humanos e, principalmente, a aplicação específica a que se destina (Figura 2.1) (BURROUGH, 1998; MAGUIRE et al., 1991).

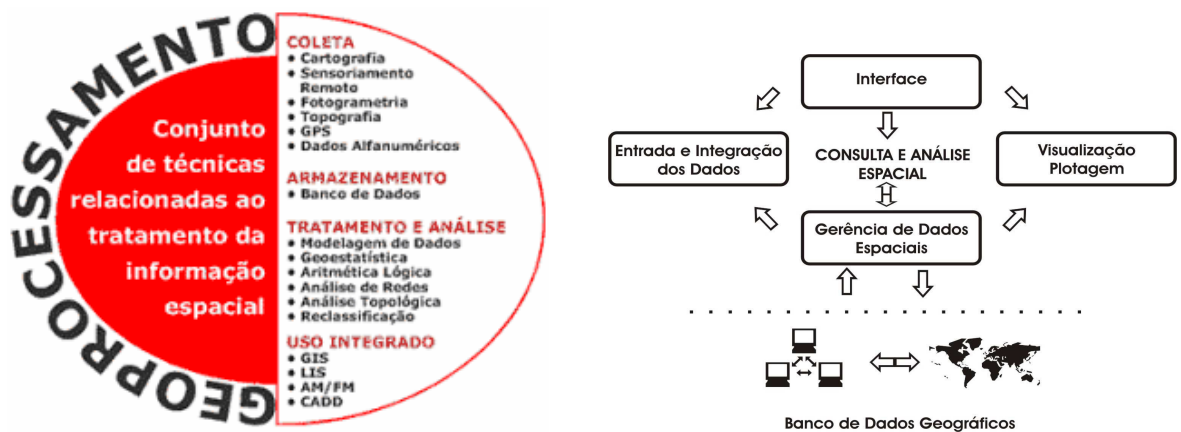


Figura 1.1: Arquitetura de um geoprocessamento e de um SIG. Fontes: CÂMARA e MEDEIROS (1998) e LAZZAROTTO (2002).

De acordo com Moura (2000), o geoprocessamento, segundo a maioria dos autores da área, engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas informativos geográficos, sendo estes últimos, a sua principal ferramenta.

Um conceito mais amplo de sensoriamento remoto pode ser encontrado em Novo (2008) que o definiu como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves ou outras plataformas, com objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra a partir do registro e da análise das

interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

Esta definição pressupõe a divisão do sensoriamento remoto em duas partes: a de aquisição de dados e a de produção de informações. Enquanto o primeiro refere-se ao satélite, fonte de radiação, sensor e estação de recepção e processamento de dados, o segundo refere-se à calibragem dos dados, processamento das imagens e geoprocessamento (NOVO, 2008). A coleta dessas informações pode ser de nível orbital (plataformas espaciais), suborbital (aeronaves, helicópteros, aves, etc.) e terrestre (radiômetros de campo, torres) (Figura 2.2) (JENSEN, 2009).

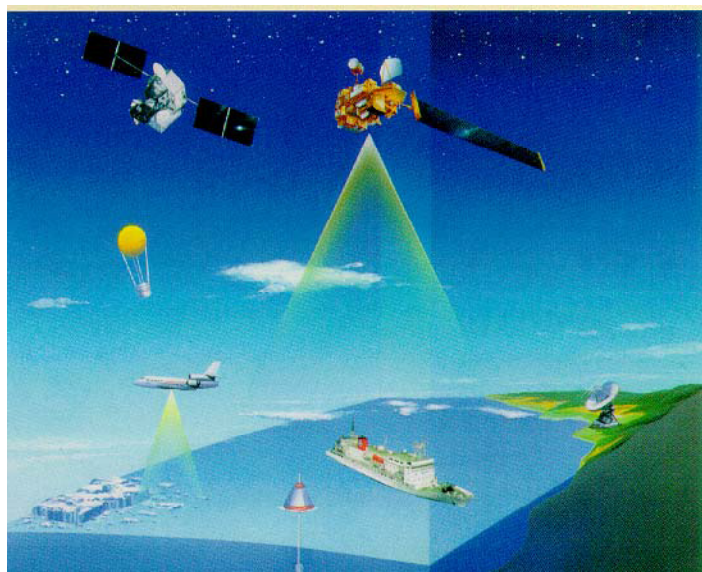


Figura 2.2: Níveis de coleta de dados. Fonte: Moreira (2001).

Autores como Jensen (2009) e Meneses (2012) apontaram a fonte, o alvo e o sensor como elementos essenciais de um processo de aquisição de dados de sensoriamento remoto. A interação entre esses elementos ocorre por meio da radiação eletromagnética que, ao incidir sobre os alvos, parte dela pode ser refletida, absorvida ou transmitida (Figura 2.3). Ainda de acordo com estes autores, o sensoriamento remoto pode ser entendido como uma ciência, técnica ou mesmo uma arte, porém, nesta pesquisa, será visto como uma técnica na medida em que ele será usado como suporte para tomada de decisão.

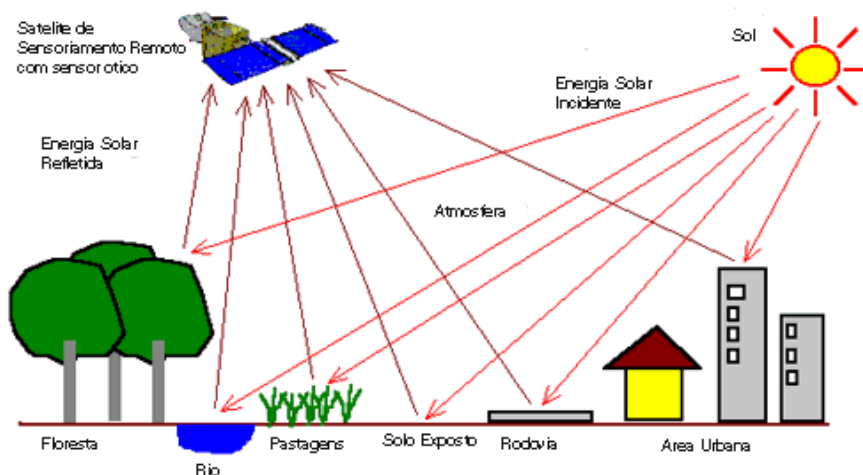


Figura 2.3: Ilustração da obtenção de dados pelo sensoriamento remoto. Fonte: <http://people.ufpr.br/~felipe/apostilasr.pdf>.

## 2.2 Satélites e Sensores

Como se viu nos tópicos anteriores, o sensoriamento remoto usa diversos níveis de coleta de dados para extrair informações sobre a superfície terrestre. Um desses níveis é o orbital. O termo satélite será entendido aqui como engenhos desenvolvidos pelo homem (artificiais) que giram em torno de planetas (geralmente a Terra) ou até mesmo de um satélite natural (MOREIRA, 2001). Esses engenhos transportam sensores que, de acordo com o mesmo autor, são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinadas faixas do espectro eletromagnético e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, na forma de imagem, gráfico ou tabelas. Os sistemas sensores podem ser classificados quanto à categoria, tipo de produto e fonte de radiação.

Os satélites são concebidos para responder a um determinado objetivo e, em função disso, vai depender da sua altitude, do plano orbital, da região de captura de informação, etc. Igualmente os satélites podem ser subdivididos em dois grupos: os que respondem aos fins militares e os que respondem aos fins civis (JENSEN, 2009). As principais funções dos satélites civis se dividem em: os designados para testes biológicos e para pesquisas de recursos naturais (Vanguard, Sputnik 3, Explorer, Landsat, Radarsat, etc.) (CORRÊA, 2010).

De um modo geral, Moreira (2001) classificou os sistemas sensores de acordo com categoria, tipo de produto e fonte de radiação, conforme o esquema apresentado na Figura 2.4.

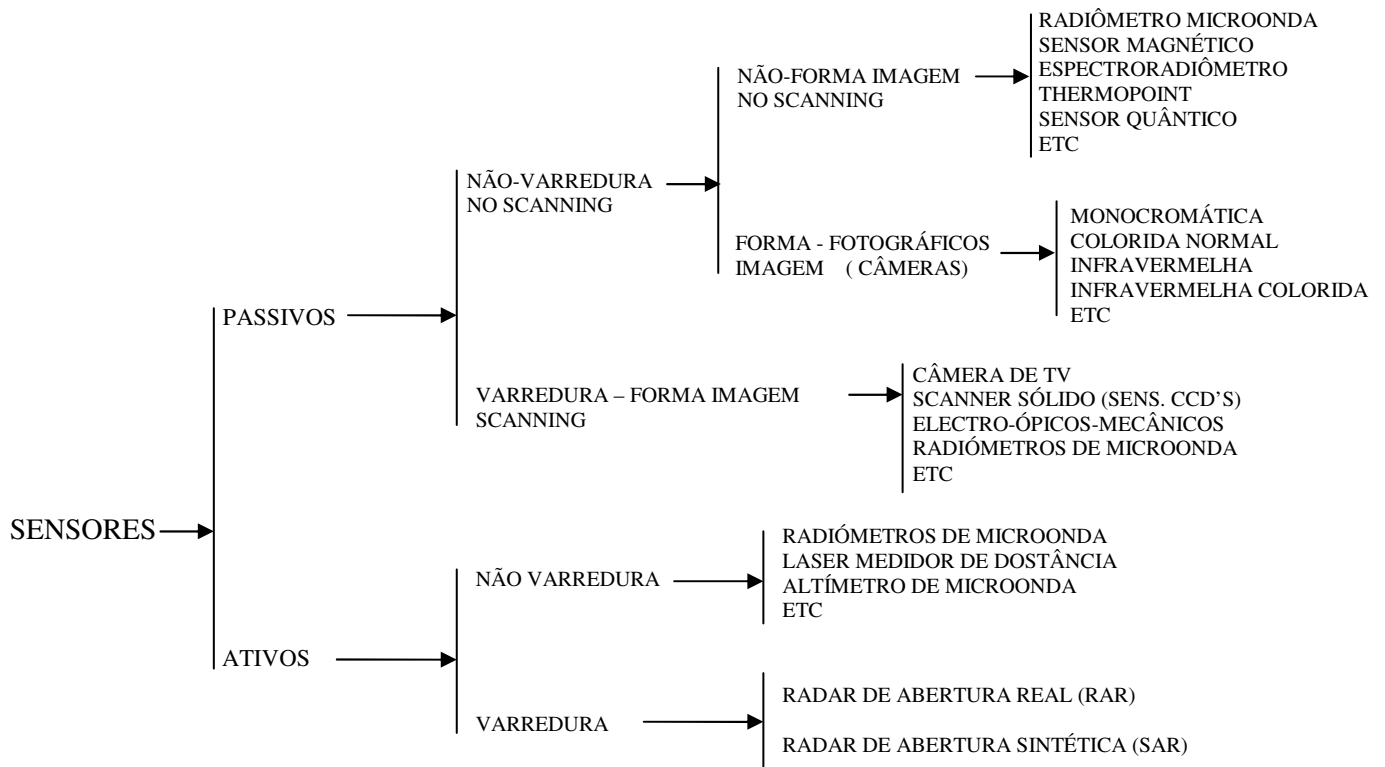


Figura 2.4: Classificação dos sistemas sensores. Fonte: MOREIRA (2001).

A seguir, são apresentados mais detalhes sobre os sensores MODIS (Aqua/Terra), missão SRTM e missão TRMM.

### 2.2.1. MODIS

É um dos sensores a bordo das plataformas TERRA, lançado em 18 de dezembro de 1999, cuja primeira imagem foi disponibilizada em fevereiro de 2000 e a AQUA, lançado em maio de 2002. A primeira imagem do MODIS/AQUA foi disponibilizada em junho do mesmo ano (RUDORFF et al., 2007). O sensor MODIS foi projetado para fornecer observações globais da superfície terrestre, oceano, criptofera e atmosfera, nas regiões compreendidas entre 0,4 e 14,4  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético, com resoluções espaciais de 250 m, 500 m e 1 km, e subdivisão em 36 bandas espectrais, destinadas a diferentes aplicações e subdivididas em 44 produtos prontos



para serem utilizados (*ready-to-use*) (Quadro 2.1) (FERRÃO, 2005; RUDORFF et al., 2007).

Quadro 2.1: Alguns produtos do MODIS e suas características.

| <b>Produto</b>  | <b>Nome</b>  | <b>Resolução</b>   | <b>Frequência</b>        |
|-----------------|--|--------------------|--------------------------|
| MOD09/MYD09     | Reflectância de superfície – Bandas 1-7            | 250/500/1000m      | Diária, 8 dias           |
| MOD11/MYD11     | Temperatura da superfície/emissividade             | 1000/5600m         | Diária, 8 dias, mensal   |
| MOD12           | Tipo/Dinâmica de Cobertura da Terra (Terra/Aqua)   | 500/1000/5600m     | Anual                    |
| MOD13/MYD13     | Índices de Vegetação                               | 250/500/1000/5600m | 16 dias, 16 dias, mensal |
| MOD14/MYD14     | Anomalias Termais, Fogo e Queima de Biomassa       | 1000m              | Diária (5min), 8 dias    |
| MCD15A2         | Índice de Área Foliar/FPAR (Terra/Aqua)            | 1000m              | 8 dias                   |
| MOD17A2/MYD17A2 | Fotossíntese Líquida e Produtividade primária      | 1000m              | 8 dias                   |
| MCD43A3         | BRDF/Albedo (Terra/Aqua)                           | 500/1000/5600m     | 16 dias                  |
| MOD44B          | Campos contínuos de vegetação                      | 500m               | Anual                    |
| MOD44W          | Mascaras de corpos de água na superfície terrestre | 250m               |                          |
| MCD45A1         | Áreas queimadas (Terra/Aqua)                       | 500m               | Mensal                   |

Fonte: Rudorff et al. (2007).

Os produtos MODIS são identificados através da convenção adotada pela NASA, conforme exemplificação a seguir para a data 01/01/2012.

MOD13Q1.A2012001.h21v10.005.2012019104107.hdf

Onde: *MOD* = identificação da plataforma MOD-Terra; *I3Q1* = número do produto (índice de vegetação, 16 dias, 250 m); A2012001 = data de aquisição, ano de 2012, dia juliano 001; *h21v10* = quadrante (*tile*) horizontal 21 vertical 10; 005 = coleção ou versão de processamento; 2012019104107 = data de processamento: ano 2012 dia juliano 019, horário 10h41min07seg (USGS, 2012).

O MODIS é um dos mais completos sensores que operam na faixa óptica do espectro eletromagnético e possui bandas passíveis de serem correlacionadas com o ETM+/Landsat 7, ampliando o campo de aplicação de seus produtos. Os dados MODIS encontram-se disponíveis no formato *Hierarchical Data Format* (HDF) e na projeção sinusoidal de difícil manipulação na maioria dos *softwares* de processamento de imagens. Por isso, a NASA disponibilizou uma ferramenta de conversão de projeção e outros parâmetros designada *MODIS Reprojection Tools* (MRT) (ARAGÃO et al., 2009).

De acordo com Justice et al. (1998), Ferrão (2005) e Rudorff et al. (2007), os níveis de processamento variam de 0 a 4, sendo que o nível 0 caracteriza-se por possuir dados brutos na resolução total, sem as informações de comunicação; o nível 1 corresponde aos dados do nível 0 que foram calibrados por meio de coeficientes radiométricos e geométricos e informações de geolocalização; no nível 2, foram incluídas as variáveis geofísicas derivadas na mesma resolução e localização dos dados de nível 1; no nível 3, as variáveis mapeadas encontram-se em grades regulares, com preenchimento consistente; e o nível 4, corresponde a saídas de modelos ou resultados de análises de dados de níveis mais baixos.

Dos 44 produtos disponíveis, o MOD13 contém os índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI), produzidos em escala global nas resoluções de 1 km, 500 m e 250 m em composições de imagens ou mosaicos de 16 dias. Os índices produzidos pelo MOD13 permitem realizar estudos temporais e espaciais, sobre as condições da cobertura vegetal, descrevendo e reconstituindo dados de variações fenológicas e discriminando variações interanuais na vegetação nas escalas global e regional (RUDORFF et al., 2007).

Em relação ao NDVI e o EVI, é importante ressaltar que o NDVI é mais sensível à presença de clorofila e outros pigmentos da vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho, enquanto que o EVI é mais sensível à variação na

estrutura do dossel, incluindo o *Leaf Area Index* (LAI), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (HUETE et al., 2002). Ainda a esse respeito, Carvalho Júnior et al. (2006) afirmaram que o EVI minimiza as interferências relativas às variações do ângulo solar e dos efeitos atmosféricos observados em dados multitemporais, e uma vez incorporando em sua fórmula o efeito de correção dos solos, é adequado para ambientes de Cerrado que apresentam fitofissionomias relativamente mais abertas. Para esta pesquisa, procurou-se analisar a cobertura vegetal (tamanho e estrutura do dossel) e, por isso, centrou-se no EVI.

O EVI pode ser calculado através da equação 2.1 (JUSTICE et al., 1998; HUETE et al., 2002; MATSUSHITA et al., 2007):

$$\mathbf{EVI} = \mathbf{G} * \frac{\mathbf{IVP-V}}{\mathbf{IVP+C1*V-C2*A+L}} \quad (2.1)$$

Onde: IVP = banda do infravermelho próximo; V = banda do vermelho; A = banda do azul; L = fator de ajuste para o solo; C1 e C2 = coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis na atmosfera, e G = fator de ganho.

Os valores dos coeficientes utilizados pelo algoritmo do EVI são: L = 1, C1 = 6, C2 = 7,5 e G = 2,5 (HUETE et al., 1997; 2002; JUSTICE et al., 1998; RISSO et al., 2009). Os produtos MODIS podem ser adquiridos gratuitamente no *site* da NASA em: <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>.

O EVI é adimensional e varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de zero o valor encontrado significa uma situação de fraca cobertura ou fraca densidade vegetal e quanto mais próximo de um, forte densidade de cobertura vegetal (HUETE et al. 2002).

O produto MOD13Q1 integra, além dos dados sobre os índices mencionados nos parágrafos anteriores, os seguintes dados: NDVI Quality, EVI Quality, Reflectância aparente nas bandas do Vermelho, Azul, Infravermelho-próximo e Infravermelho-médio, ângulo zenital de visada médio, ângulo solar zenital médio e ângulo de azimute relativo médio (JUSTICE et al., 2002).

Nesta pesquisa, dado ao fato de procurar-se comparar as condições temporal e espacial da vegetação ao longo do tempo em distintas regiões, trabalhou-se com os dados MOD13Q1, EVI, série temporal (2002-2011), composição de 16 dias, que

relativamente a dados de outros sensores como o TM do landsat, são produtos já prontos e atendem as necessidades da pesquisa, minimizando tempo no processamento.

### 2.2.2. Missão TRMM

*Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) é um projeto integrado que envolve a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA-EUA) e a *National Space Development Agency* (NASDA-Japão), lançado no dia 28 de novembro de 1997 (PURI et al., 2011), e tem sido usado para estimativas de precipitação, configurando-se em um instrumento de muita importância em locais onde não há estações meteorológicas. Como o próprio nome indica, TRMM foi originalmente concebida principalmente para o estudo das precipitações tropicais. No entanto, ao longo dos anos, TRMM tem provado ser um valioso recurso em outras áreas de aplicação, tais como o monitoramento de inundação e seca em vários países como nos Estados Unidos (KUMMEROW et al., 1998; FUNK et al., 2007).

TRMM cobre uma área no terreno que se estende bem além dos trópicos, isto é, uma faixa entre 38° N e 38° S. Utilizando dados de satélites adicionais, os produtos de TRMM fornecem uma cobertura que se estende entre 50° N a 50° S. TRMM torna esses dados disponíveis em tempo quase real (KUMMEROW et al., 1998; FUNK et al., 2007). Os principais instrumentos do sistema TRMM são o *TRMM Microwave Imager* (TMI), o *precipitation radar* (PR) e o *Visible and Infrared Radiometer System* (VIRS). Além destes, a missão TRMM transporta dois instrumentos relacionados a *Earth Observing System* (EOS), a *Clouds and Earth's Radiant Energy System* (CERES) e o *Lightning Imaging System* (LIS) (KUMMEROW et al., 1998).

Estudo feito por Massagli et al. (2011) que visava a comparação entre precipitação medida em estações pluviométricas e a estimada pela missão TRMM mostrou, em média, resultados relativamente similares em escala de tempo decenal e mensal. Assim, a utilização de dados de precipitação do TRMM para períodos superiores a dez dias pode ser uma alternativa em regiões com escassez de dados observacionais, que muitas vezes são de difícil acesso ou têm uma cobertura espacial inadequada. O diagrama a seguir ilustra as etapas de processamento e produtos da TRMM (Figura 2.5).

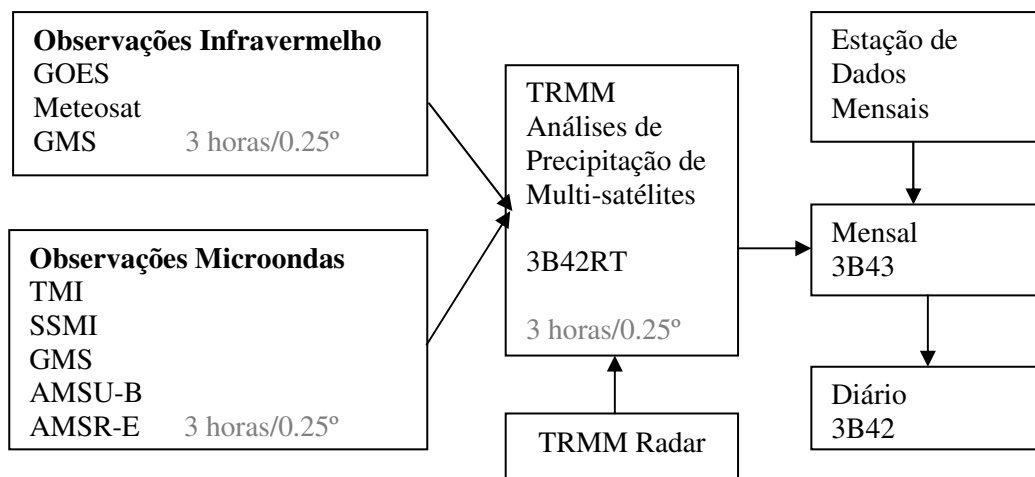


Figura 2.5: Diagrama do processamento de TRMM e produtos. Fonte: Funk et al. (2007).

Os produtos do TRMM servem para variados fins. Nesta pesquisa, foi direcionado para aplicações em monitoramento da seca (especialmente 3B43), cujas características são apresentadas na Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Características dos produtos da TRMM.

| <b>TRMM 3B42-RT Características</b> |   |
|-------------------------------------|---|
| Cobertura Temporal                  | Data de início: 1998-01-01; Fim: -              |
| Cobertura Geográfica                | Latitude: 60°S - 60°N; Longitude: 180°W - 180°E |
| Resolução Temporal                  | 3-Horas   |
| Frequência de Disponibilização      | 3 Horas   |
| Atraso na Publicação                | 6 horas 40 minutos                              |
| Resolução Horizontal                | 0.25° x 0.25°; nlat = 480, nlon = 1440          |
| Tamanho Médio do Arquivo            | Compactado: ~285 KB; Original: ~4.5 MB          |
| Tipo de Arquivo                     | HDF   |
| <b>TRMM 3B42 Características</b>    |   |
| Cobertura Temporal                  | Data de início: 1998-01-01; Fim: -              |
| Cobertura Geográfica                | Latitude: 50°S - 50°N; Longitude: 180°W - 180°E |
| Resolução Temporal                  | 3-Horas   |
| Frequência de Disponibilização      | Mensal  |
| Atraso na Publicação                | ~1 mês  |
| Resolução Horizontal                | 0.25° x 0.25°; nlat = 400, nlon = 1440          |
| Tamanho Médio do Arquivo            | Compactado: ~285 KB; Original:                  |

|   |   |
|---|---|
|   | ~4.5 MB   |
| Tipo de Arquivo   | HDF   |
| <b>TRMM 3B43 Características</b>                                      |   |
| Cobertura Temporal  | Data de início: 1998-01-01; Fim: -              |
| Cobertura Geográfica  | Latitude: 50°S - 50°N; Longitude: 180°W - 180°E |
| Resolução Temporal  | Mensal  |
| Frequência de Disponibilização  | Mensal  |
| Atraso entre o tempo de observação e o da disponibilização do produto | ~1 mês  |
| Resolução Horizontal  | 0.25° x 0.25°; nlat = 400, nlon = 1440          |
| Tamanho Médio do Arquivo  | Compactado: ~4.5 MB; Original: ~4.5 MB          |
| Tipo de Arquivo   | HDF   |

Fonte: Funk et al. (2007).

Estes dados podem ser adquiridos gratuitamente através dos seguintes endereços:

<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>

<ftp://edcftp.cr.usgs.gov/pub/edcuser/fewsips/global/>

<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>

### 2.2.3. Missão SRTM

*Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) corresponde ao nome de uma missão (FARR e KOBRICK, 2000; RABUS et al., 2003), realizada em conjunto com a NASA, a *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e as agências espaciais alemãs (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* - DLG) e italiana (*Agenzia Spaziale Italiana* - ASI) em fevereiro de 2000, para mapear o relevo da área continental da Terra com interferometria de radar de abertura sintética (InSAR), entre 60° de latitude norte e 54° de latitude sul, o que corresponde a aproximadamente 80% das áreas emersas do planeta.

Os dados brutos foram processados pela NASA e, apesar de obtidos com resolução espacial de 1 segundo de arco (aproximadamente 30 m na linha do equador), estão disponíveis com este nível de detalhe apenas para a área dos Estados Unidos. Para os outros países, houve uma reamostragem dos dados para 3 segundos de arco,

(aproximadamente 90 m) de resolução espacial, e 16 bits de resolução radiométrica. O produto final possui precisão vertical global de  $\pm 16$  m e horizontal de  $\pm 20$  m (FARR e KOBRICK, 2000; RABUS et al., 2003). Para a América do Sul, a precisão vertical é de 6,2 m e a horizontal de 9,0 m (RODRIGUEZ et al., 2006). O produto é georreferenciado para o datum WGS-84 em coordenadas geográficas decimais, e pode ser obtido via Internet no sítio: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>.

Os dados para o território brasileiro processados pela EMBRAPA (MIRANDA, 2005) estão disponíveis segundo a articulação das folhas topográficas em escala 1:250.000 (BARROS e CRUZ, 2007). Valeriano e Albuquerque (2010) através do projeto TOPODATA, fizeram uma reamostragem destes dados para sua resolução espacial original (1 segundo de arco, ou seja 30 metros) para todo o território brasileiro e podem ser acessados gratuitamente através do seguinte endereço: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.

Barros e Cruz (2007), advertiram que deve-se levar em conta que o resultado das técnicas empregadas na missão SRTM é a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) não os Modelos Digitais de Terreno (MDTs), pois os sinais de radar são refletidos, por exemplo, pelo dossel das árvores em áreas densamente florestadas e não pelo terreno subjacente. Os termos Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Numérico de Terreno (MNT) devem ser reservados para casos onde o modelo é produzido a partir de valores de altitude do nível do solo, obtidos, por exemplo, em mapas topográficos (curvas de nível), levantamentos por GPS ou por altimetria a laser (LiDAR).

### **2.3. Processamento de Imagens**

A área de processamento de imagens está incorporada dentro do conceito de sensoriamento remoto (NOVO, 2008), que, por sua vez, incorpora fundamentos de várias ciências como Física, Computação e Matemática. Conceitos como Ótica, Física do Estado Sólido, Projeto de Circuitos, Teoria dos Grafos, Álgebra, Estatística, dentre outros, são comumente requeridos no projeto de um sistema de processamento de imagens. Existe também uma intersecção forte entre o processamento digital de imagens (PDI) e outras disciplinas como Redes Neurais, Inteligência Artificial, Percepção Visual e Ciência Cognitiva (QUEIROZ e GOMES, 2001).

O PDI consiste na execução de operações matemáticas dos dados, visando as suas transformações em imagens de melhores qualidades espectrais e espaciais e que sejam mais apropriadas para uma determinada aplicação. Esse fato, de acordo com Meneses e Almeida (2012), significa que o processamento de imagens de sensoriamento remoto é orientado para cada tipo de problema. Por exemplo, uma técnica que é eficaz na remoção de ruídos presentes em uma imagem, da qual interessa apenas a sua textura e não tanto a identificação de bordas, não é eficaz para identificar as altas frequências que caracterizam as mudanças de padrões em áreas urbanas. Para Ferrão (2004), as tecnologias empregadas no processamento digital, além de permitirem a análise de uma imagem nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitam a integração de vários tipos de outros dados, devidamente georreferenciados.

Para Ferrão (2004), o processamento digital de imagens apresenta duas fases: pré-processamento e processamento final. Já para Meneses e Almeida (2012), existem três fases: pré-processamento, realce ou processamento e classificação ou interpretação. Soares-Filho (2000) acrescentou uma etapa àquelas duas, a de aquisição da imagem. Essas fases são desenvolvidas de forma sequencial, podendo-se pular um dos passos, de acordo com as condições do produto e as necessidades do usuário. Existem produtos que são disponibilizados já com correções geométricas. Na Figura 2.6, está apresentado esquema das etapas e técnicas de processamento de imagens.



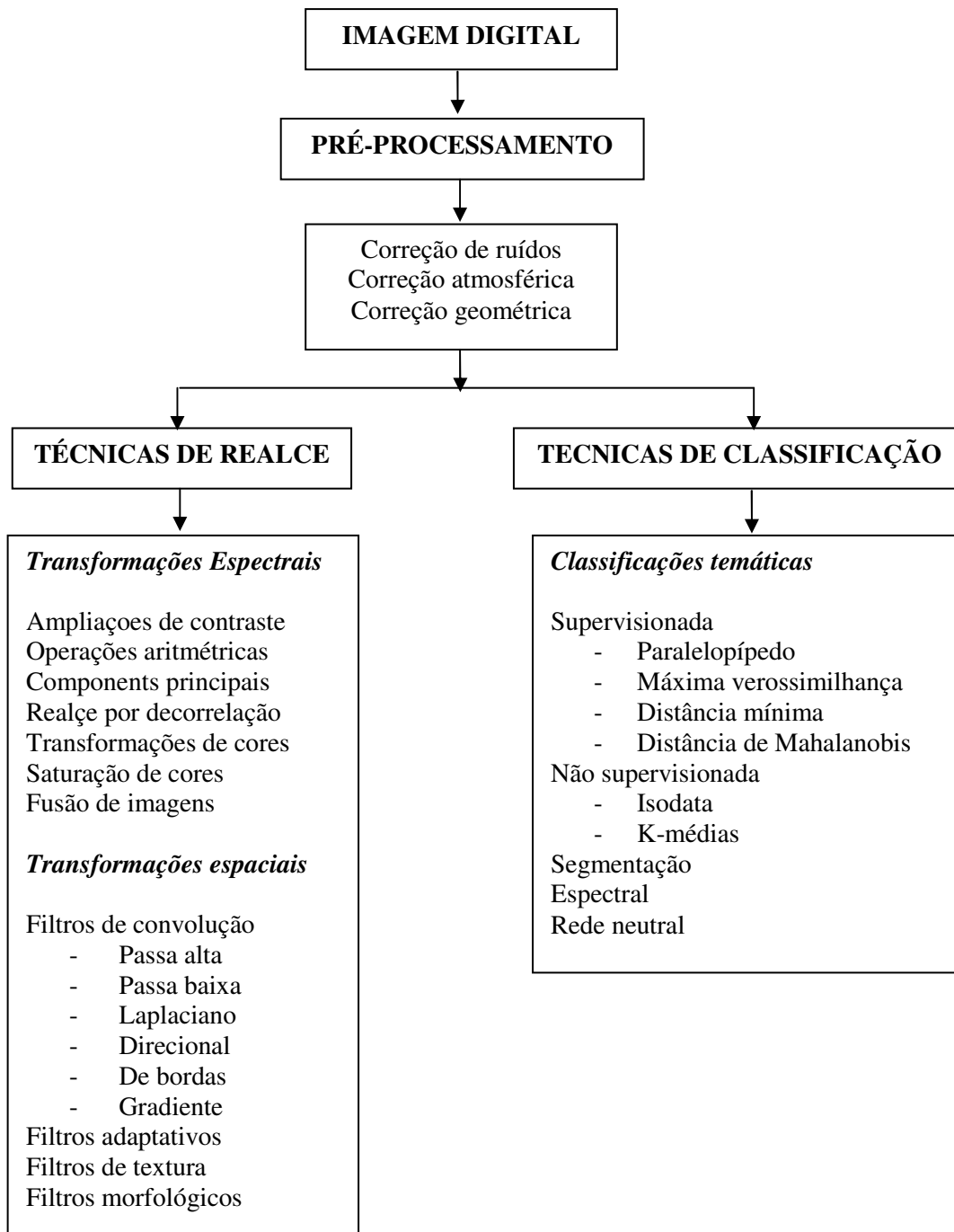


Figura 2.6: Etapas e técnicas de processamento de imagens. Fonte: Meneses e Almeida (2012).

## 2.4. Geotecnologias e Modelagem

De acordo com Souza-Filho e Crósta (2003), geotecnologias correspondem ao conjunto de ciências e tecnologias relacionadas à aquisição, armazenamento em bancos

de dados, processamento e desenvolvimento de aplicações utilizando informações geo-referenciadas (ou geo-informações). Portanto, engloba, de forma isolada ou em conjunto, o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Digital, os Sistemas de Informações Geo-Referenciadas, a Aerogeofísica e a Geoestatística.

Coelho et al. (2009), afirmaram que as geotecnologias, convertidas em ferramentas de sistematização do conhecimento, auxiliam no desenvolvimento de pesquisas, pois permitem o gerenciamento de dados geográficos, referentes à distribuição geográfica dos recursos naturais, uso e ocupação do solo, dados referentes a levantamento de campo em meio digital, permitindo a sobreposição destas informações, o que potencializa as possibilidades de análise e interpretação de suas interações. É importante enfatizar que as aplicações de geotecnologias começam no levantamento e construção de bancos de dados, organizados em um sistema único ou não.

A modelagem foi definida por Soares-Filho (1998) como:

“...processo de pesquisa que leva à geração do modelo (representação) de um sistema. Este processo se desenvolve, então, através da definição de um conjunto de hipóteses ou previsões, que poderão ser comparadas com medidas do mundo real. Dependendo da concordância entre o observado e o resultado gerado, o modelo será aceito, rejeitado ou modificado de alguma maneira, para novamente ser testado”. (SOARES-FILHO, 1998, p. 55).

Pressupõe a existência da necessidade, por parte do modelador, de especificar a estrutura e o comportamento do modelo idealizado (BERTALANFFY, 1968) e portanto, um mesmo modelo pode ser representado de várias maneiras.

Por outro lado, Chorley e Hagget (1967) referiram que modelos são nada mais que uma apresentação formal de uma teoria que usa os instrumentos de lógica, da teoria estabelecida e da matemática. Eles podem ser uma teoria, uma lei, uma hipótese, uma ideia estruturada, uma relação, uma função, uma equação, uma síntese de dados ou argumentos do mundo real.

Verburg et al. (2002) mencionaram três abordagens distintas que são usualmente utilizadas para quantificar as relações entre uso da terra e suas forças determinantes adotadas: (i) teorias de processo e leis da física; (ii) métodos empíricos, especialmente, análise de regressão; e (iii) conhecimento de especialistas. Branco et al. (2008) apontaram uma série de métodos que podem ser aplicados na modelagem espacial (*boolean logic, fuzzy, index overlay, weighth of evidence, etc.*), sendo que, para esta pesquisa, usou-se o método de sobreposição de mapas (*overlay*).

## 2.5. Expansão Agrícola, Uso e Cobertura de Terra

O termo expansão agrícola está relacionado à revolução agrícola que deu seus primeiros passos nos séc. XVIII e XIX com um grande salto na produção, encerrando um longo período de escassez de alimentos (LUZ, 2006). Após a II Guerra Mundial, intensificou-se o uso do padrão químico, motomecânico e genético, denominado de agricultura convencional, formando as bases para o surgimento, na década de 1970, da chamada Revolução Verde com a difusão do modelo tecnológico que poderia solucionar o problema da fome. Embora tenha sido responsável pelo grande crescimento da produção de alimentos na década de 1980, despertou preocupação em virtude dos seus prejudiciais efeitos socioeconômicos e, principalmente, ambientais.

Turner et al. (1995), de forma mais simples, definiram a cobertura de terra e uso de terra nos seguintes termos:

“Land cover is the biophysical state of Earth’s surfaces and immediate subsurface” and “land use involves both the manner in which the biophysical attributes of the land are manipulated and the intend underlying that manipulation – the purpose for which land is used” (TURNER et al., 1995, p. 20).

Meyer e Turner (1992) chamaram atenção à distinção dos conceitos de uso e de cobertura da terra nos seguintes termos:

“Land cover denotes the physical, chemical, or biological categorization of the terrestrial surface, for example, grassland, forest, or concrete, whereas, land use refers to purposes associated with the cover-raising cattle, recreation or urban living” (MEYER e TURNER, 1992, p. 15).

Esta distinção esclarece que um uso singular corresponderá a uma classe de cobertura, porém, uma classe singular de cobertura poderá ter vários usos. Briassoulis (2000, 2003, 2007), em seu trabalho sobre os fatores que influenciam na mudança de uso e cobertura de terra, apontou dois grupos distintos: os biofísicos (clima, temperatura, topografia, tipo de solo, águas superficiais, umidade, vegetação e fauna) e sociais (população, tecnologia, organização socioeconômica, cultural e institucional e

mudanças políticas) sendo estes últimos os mais responsáveis pelas mudanças<sup>1</sup>. Contudo, não devem ser vistos de forma isolada, mas sim, interligados a outros numa perspectiva temporal e espacial.

Esta questão é preocupante, pois Lambin et al. (2001) referiram que as mudanças no uso e cobertura da terra são tão penetrantes que, quando agregados globalmente, podem afetar de forma significativa os aspectos-chaves do funcionamento dos sistemas terrestres. Pacheco e Ribas (1998) revelaram que o levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente.

IBGE (2006) salientou que o levantamento do uso e da cobertura da terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando a sua classificação e espacialização através de cartas. Comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão.

Por outro lado, o uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à preservação do recurso natural solo e à agricultura correta sustentável. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica, de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem - para seu melhor uso e benefício - e preservados para gerações futuras (LEPSCH et al., 1991).

## **2.6. Savanas tropicais do Brasil e Moçambique**

De acordo com Colinvaux (1993), biomas são regiões de grande extensão onde se desenvolveram, predominantemente, um determinado tipo de vida, as quais são, em grande parte, distribuídas pela superfície do planeta em função do clima. O termo Cerrado é também usado para referir-se às savanas tropicais. Do ponto de vista de

---

<sup>1</sup> Busca de matéria-prima para diversos fins: recreação, construção, plantas medicinais, extração mineira, satisfação espiritual, dentre outras.

Goedert et al. (2008), as savanas tropicais são caracterizadas pela presença de uma camada contínua de vegetação herbácea e um dossel descontínuo de arbustos e árvores. Ocupam quase  $\frac{1}{4}$  da superfície do globo terrestre, sem considerar a área dos oceanos e representam uma longa história de uso humano (ENCYCLOPEDIA OF THE BIOSPHERE, 2000). Estão distribuídas em todos os continentes e em mais de 30 países e recebem um nome específico, dependendo da área de ocorrência. Por exemplo, em Moçambique, recebe o nome de Miombo, palavra que deriva de uma das línguas da região e, no Brasil, de Cerrado (Figura 2.7).

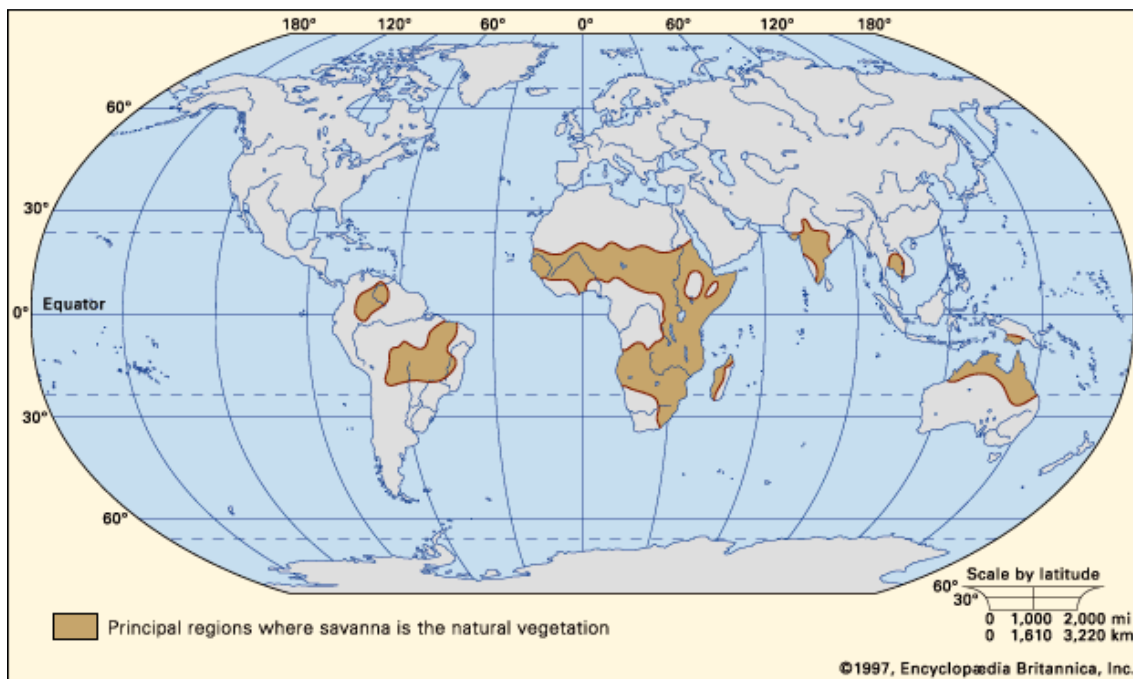


Figura 2.7: Distribuição da Savana no mundo. Fonte: <http://media-2.web.britannica.com/eb-media>

O Miombo consitui uma subclasse das florestas xerófilas caducifólia, e é o principal tipo florestal de Moçambique e ocupa aproximadamente  $\frac{2}{3}$  da superfície total, estendendo-se desde o extremo norte do país, do Rio Rovuma ao Rio Limpopo, sendo mais predominante no norte do país, cobrindo extensas áreas da província de Niassa, Nampula e Cabo Delgado (Figura 2.8) (SITOE et al., 2012). No Brasil, o Cerrado estende-se continuamente por todo o Planalto Central do Brasil (Figura 2.8), nos estados de Goiás, Tocantins e no Distrito Federal, parte dos estados da Bahia (precisamente a Oeste), Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas

Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e faz fronteira com os biomas da Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal e Caatinga (AQUINO e AGUIAR, 2007).



Figura 2.8: Tipologias da vegetação mostrando o domínio do Miombo em Moçambique (à esquerda) e biomas do Brasil (à direita). Fontes: MICOA (2007); IBGE (2008).

A área do bioma em causa neste estudo encontra-se entre os paralelos 13 e 17 graus de latitude Sul, abrangendo, do lado de Moçambique, a parte Norte (Corredor de Desenvolvimento de Nacala) e, da parte do Brasil, a parte central abrangendo parte da região oeste do Estado da Bahia (BATISTELLA e BOLFE, 2010; IIAM, 2010) (Figura 2.9).

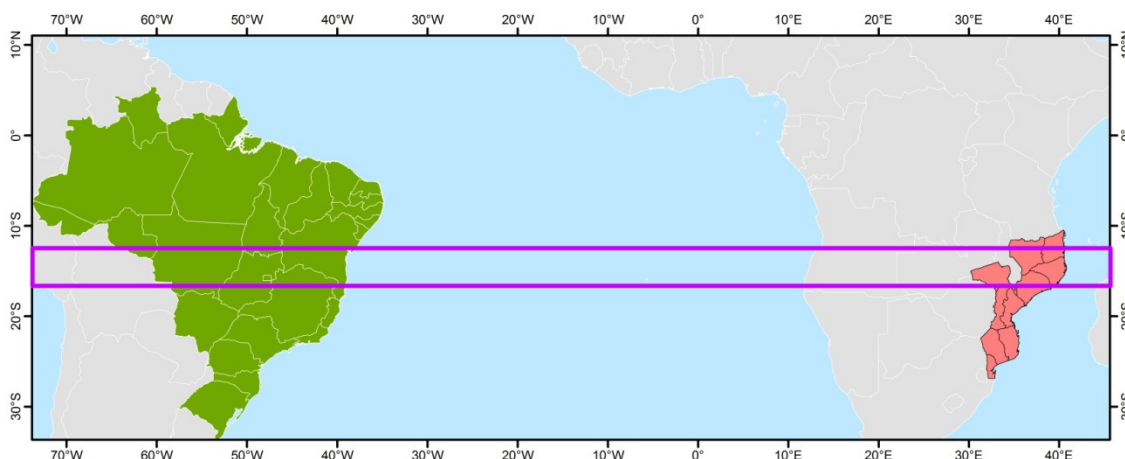


Figura 2.9: Ilustração da abrangência dos paralelos 13° e 17° de latitude sul nas áreas de estudo (na cor lilaz). Fonte: Banco de dados da ESRI (acessada em maio de 2014).

O fator principal determinante deste ecossistema é, segundo Goedert et al. (2008), o padrão de distribuição anual de chuvas, com duas estações distintas, seca e

chuvosa. Para Oliveira (2009), além do clima, o solo também é um importante fator de distribuição dos biomas e estabelece a relação causa e efeito nessa distribuição, pois os fatores solo, clima e vegetação se inter-relacionam intimamente, um afetando o outro.

Rizzini (1963, 1997) e Eiten (1983, 1986), mencionaram controvérsias existentes no que se refere às terminologias aplicadas para os biomas Cerrado e Savanas (africanas), afirmando a existência de diferenças entre estes dois biomas. Para estes autores, as savanas africanas, por exemplo, costumam ser caducifólias durante a estação seca, enquanto o Cerrado é apenas semi-decíduo, nunca ficando inteiramente desfolhado. Além disso, os solos do Cerrado não se dessecam abaixo de 2 m de profundidade, havendo aí sempre disponibilidade de água para as vastas raízes.

O Cerrado é comumente macrófilo, enquanto que as folhas na vegetação das Savanas africanas são bem menores. Por outro lado, no que diz respeito à estratificação, o estrato graminoso é menos desenvolvido em densidade e altura, e o estrato arbóreo também é menos elevado e esparsos no Cerrado. As árvores de lenho suculento, a deciduidade e a ocorrência de ervas anuais indicam que a Savana africana é um ambiente xérico, características estas que são observadas na Caatinga brasileira, e por conta disso, reforçam as diferenças entre Cerrado e as Savanas africanas (RIZZINI, 1963; EITEN, 1986).

Essas diferenças levaram com que esses autores afirmassem que o termo Savana só deveria ser empregado para indicar Cerrado quando for urgente enquadrá-lo no âmbito das formações universais. Porém, por outro lado, Aubréville (1961), citado por Walter (2006), afirmou que, apesar de tantas diferenças entre estes biomas, existem Savanas que são semelhantes ao Cerrado no que se refere à fisionomia e à estrutura. Às vezes, o Cerrado apresenta-se como uma Savana arborizada ou uma Savana arbustiva, podendo vir a ser um simples campo sujo, com apenas arbustos poucos desenvolvidos e dispersos sobre o estrato herbáceo-subarbustivo dominante (RIZZINI, 1963).

O Miombo está inserido no contexto das florestas xerófilas caducifólias, que podem ser fechadas ou abertas, cuja vegetação é predominantemente xerofítica e desfolhada em períodos secos. Possui 1 ou mais estratos, a produtividade é relativamente baixa e localizam-se em áreas com períodos secos que variam entre 5 a 7.5 meses, precipitações pluviométricas anuais entre 700 a 1000 mm e temperatura média anual entre 23 e 28° C (FROST, 1996; RIBEIRO et al., 2002).

Em termos de composição, o número de espécies pode variar entre 12-24, e a maioria delas são decíduas e ectomicorrizas (COSSA, 1995 apud FROST, 1996) e podem estar associadas a outras espécies.

Em termos de estrutura, o miombo apresenta geralmente 2 a 3 estratos. Os estratos inferiores, em geral, compõem-se de uma mistura de arbustos, árvores em regeneração, árvores jovens oprimidas pelas copas das árvores maiores, gramíneas, espécies forrageiras (por exemplo: *Digitaria sp.*, *Eragrostis sp.*, *Andropogon sp.*, *Hyparrhenia sp.* etc.) e fetos (no miombo húmido). A densidade das plantas (excluindo a camada herbácea) varia entre 1500-4100 plantas/ha. A densidade das árvores (com mais de 2 metros de altura) varia entre 380-400 árvores/há (CAMPBELL, 1996; RIBEIRO et al, 2002).

A maioria dos solos deste ecossistema, apresenta textura franco-arenosa e a taxa de argila cresce substancialmente com o aumento da profundidade. Em geral, são pobres em nutrientes, maioritariamente ácidos (pH entre 4-6), com baixa disponibilidade de fósforo e baixa capacidade de troca catiónica. A maioria dos nutrientes incorporados no solo, provém da decomposição das folhas que caem no solo. As árvores dos género mais predominante são todas ectomicorrizais, característica importante para elas puderem aproveitar a matéria orgânica directamente do húmus e dessa foram compensarem a baixa fertilidade dos solos (RIBEIRO et al, 2002).

Sano et al. (2007) mencionaram a existência de dois sistemas de classificação da vegetação do Cerrado: (i) o do IBGE (1992), que divide o Cerrado propriamente dito em quatro subgrupos de formação, nomeadamente: Savana Florestada (Sd), Savana Arborizada (Sa), Savana Parque (Sp) e Savana Gramíneo-Lenhoso (Sg); (ii) e o proposto por Ribeiro e Walter (1998), onde as formações florestais do Cerrado foram subdivididas em Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; as formações savânicas, em Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Veredas; e as formações campestres, em Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Campestre.

A classificação proposta por Ribeiro e Walter (1998) foi considerada por Sano et al., (2007) como sendo adequada para trabalhos de mapeamento detalhados ou semi-detalhados. Contudo, tratando-se, nesta pesquisa, de questões comparativas, foi usada a classificação adotada por Coutinho (1978) apud Souza et al. (2008), Bernardes et al. (2011), Pivello (2013) que classificaram o Cerrado de acordo com a fitofisionomia, em cinco classes, a saber (Figura 2.10):



- ✓ *Campo Limpo* – forma pura de vegetação herbácea sub-arbustiva;
- ✓ *Campo sujo* - vegetação arbustiva e arbórea com predomínio de herbáceas;
- ✓ *Campo cerrado* - forma adensada de espécies lenhosas;
- ✓ *Cerrado stricto sensu* (s.s.) – último estágio fitofisionômico savânico; e
- ✓ *Cerradão* – forma florestal do Cerrado, sem o estrato herbáceo subarbusivo

## CERRADÃO

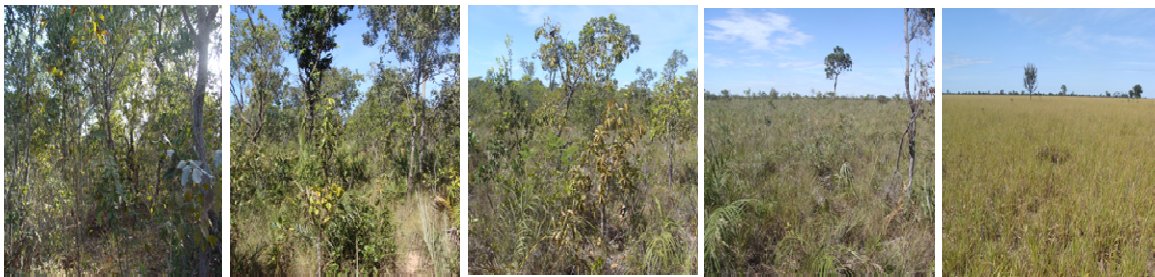


Figura 2.10: Fitofisionomias do Cerrado. Fonte: Grafico (Pivello, 2013); Fotos de campo Borges (2012).

A precipitação no Cerrado situa-se entre 800 mm e 2.000 mm, as reservas de água no solo a 20 m de profundidade ou mais correspondem às precipitações médias de três anos; e a vegetação é dividida em três grupos: o das plantas permanentes que apresentam raízes profundas, o das espécies efêmeras com raízes superficiais e o das gramíneas que podem ser efêmeras ou permanentes, sendo que as árvores que compõem a vegetação permanente são muito peculiares, com troncos tortuosos, cobertos por uma cortiça grossa, cujas folhas são geralmente grandes e rígidas (FERRI, 1977).

O Miombo pode ser classificado de acordo com a precipitação, sendo úmido e seco. A variação úmida é pouco expressiva em Moçambique em relação a outros países de África (oeste da Angola, norte da Zâmbia, etc.), porém, sendo o mais rico sob ponto de vista florístico em relação ao seco. De acordo com as variações do clima, solos e altitude, o Miombo pode ser dividido em três tipos, a saber:

- ✓ *Miombo denso* - constituído por árvores de 15 a 22 metros de altura, com copas juntas e sobrepostas e pouco capim no solo, cobrindo zonas com altitudes superiores a 1.000 m e precipitação ao redor de 1.200-1.800 mm, como é o caso do Miombo das terras altas de Manica e Zambézia;
- ✓ *Miombo médio* - ocorre em zonas com altitudes acima dos 500 m e precipitação entre 900 e 1.400 mm/ano, apresentando árvores com uma altura média de 10 a 15 m e com densidade menor que a anterior. Este tipo de Miombo pode ser encontrado em Pindanyanga- Manica; e
- ✓ *Miombo pobre* - ocorre em zonas com altitude entre 50-800 m e regime de chuva entre 800-900 mm/ano. As árvores estão dispersas, formando florestas abertas cuja altura média varia entre 7 e 12 m. Encontra-se na província de Tete e nas zonas de influência do rio Zambeze, mas também ocorre em algumas zonas da província de Inhambane e Gaza, com precipitação entre 400-800 mm, mas que se transforma em savana arbórea à medida que avança em direção ao sul do país (Figura 2.11) (MUCHANGOS, 1999; RIBEIRO et al., 2002).



Figura 2.11: Miombo denso (a), médio (b) e pobre (c). Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite (2010).

Na área de estudo deste trabalho as classes de Cerrado e de Miombo apresentadas, são expressivas, podendo variar em termos proporcionais ao longo da área.

## 2.7. Ocupação e uso dos recursos do bioma Cerrado e Miombo

A ocupação humana das áreas brasileiras de predomínio do Cerrado data, segundo alguns autores (SCHMITZ, 1989, 1990; BARBOSA e NASCIMENTO, 1990; GUIDON, 1992; *apud* DIAS, 2008) há mais de 12 mil anos atrás, marcada pelo

aparecimento dos grupos caçadores-coletores da tradição Itaparica. Este marco registra igualmente a incidência de ações antrópicas nessa região, gerando impactos ambientais desconsideráveis pela baixa densidade populacional e uso de tecnologias rudimentares.

As ações antrópicas intensificaram-se no período após 1500 com a chegada dos europeus e escravos africanos, gerando formas de uso caracterizadas pela atividade de extrativismo mineral (garimpos de ouro e diamante), vegetal (drogas do sertão) e animal (caça e pesca) e criação extensiva de gado bovino em pastagens nativas (TAUNAY, 1975). Nesse período, os impactos ambientais foram tendo relevância, porém, variando de acordo com a forma de uso dos recursos naturais, associada à densidade das populações.

A intensificação das ações antrópicas preocupantes sob ponto de vista de preservação ambiental data nos últimos 50 anos (a partir de 1950), período que se registrou aumento significativo da população aliado à intensificação de atividades industriais, surgimento e crescimento das áreas urbanas (construção de Brasília nos anos 1960) (DIAS, 2008). A região do oeste da Bahia não ficou de fora desses fenômenos. Foi precisamente neste período que, depois de longos séculos de permanência como um espaço de ocupação econômica extremamente dispersa e de baixa densidade populacional e de características tipicamente rurais, passou a ser uma das fronteiras agrícolas de referência do país, focado na produção de grãos de soja, milho, sorgo, etc. (BAHIA, 1993).

Bernardes et al. (2011) referiram que, nos últimos anos, a dinâmica populacional, o aumento de sua contribuição à produção agropecuária nacional, por meio de incorporação de novas áreas, da adoção de tecnologias modernas, e da implantação de uma infraestrutura, viabilizaram os aspectos de crescimento e desenvolvimento da região do cerrado, contribuindo para acentuar os desequilíbrios internos ao desenvolvimento do espaço rural.

Com respeito ao Miombo, Mutanga (2009) afirmou que os recursos do Miombo têm sido amplamente utilizados desde os tempos históricos servindo às comunidades locais, de diversas formas como prestação de serviços como sombra, comida, lenha, água e funções do ecossistema mais amplo, como o sequestro de carbono.

Para Campbell e Luckert (2002), Kowero et al (2003), milhões de pessoas dependem das florestas para uma série de serviços ambientais diferenciadas; sistemas

agrícolas tradicionais itinerantes dependem das florestas para os nutrientes; as florestas são a fonte de forragem para o gado, dentre outras.

Para Desanker et al. (1995), durante séculos, as florestas de miombo estiveram preservados por suas características intrínsecas de baixa fertilidade do solo, falta de infra-estrutura e a presença de doenças, mas nas últimas décadas, esse cenário tem mudado. O estado de acidez e baixo conteúdo de fósforo do solo podem ser fixas com técnicas agrícolas conhecidas e rentáveis. Mosca tsé-tsé foi eliminado na maior parte da área. A taxa elevada de crescimento da população humana em áreas de Miombo tem vindo a pressionar a expansão da área cultivada, uma vez que não há recursos suficientes para uma intensificação geral da agricultura (SOLOMON et al. 1993; SCHOLES et al 1996).

Em Moçambique, as mudanças no uso da terra e cobertura florestal nos últimos 20 anos não podem, segundo Siteo et al. (2012) ser dissociadas dos principais acontecimentos históricos dos últimos 30 anos, caracterizados por guerras, incluindo a luta de libertação nacional e a guerra civil logo depois da Independência. Durante a guerra civil, de 1976 a 1992, na altura da assinatura dos acordos de paz, o acesso às zonas rurais foi sempre deficiente, resultando numa pequena taxa de desmatamento, localizada apenas nas poucas zonas relativamente seguras. Depois de 1992, encorajado pelas novas políticas de desenvolvimento, as áreas rurais mereceram uma maior atenção para o desenvolvimento da agricultura, exploração florestal, desenvolvimento de infra-estrutura e mineração. Este processo poderá ter resultado numa taxa particularmente elevada de desmatamento e de degradação de florestas quando medido para o período 1990-2000, tal como é reportado no inventário florestal nacional realizado por Marzoli (2007).

Siteo et al. (2012) afirmaram que uma série de causas do desmatamento e degradação tem recebido destaque na literatura, as quais vão desde causas diretas, tais como a expansão de áreas agrícolas de pequena escala e da pobreza, às causas mais indiretas, como as políticas de Estado e interesses empresariais dentro e fora do setor florestal. Poderosos incentivos económicos parecem estar por trás das causas mais relevantes, agindo muitas vezes em combinação.

## **2.8. Moçambique, aspectos físicos e socioeconómicos**

Moçambique é um país africano localizado na região sudeste, voltado para o Oceano Índico, com uma extensão territorial de cerca de 799.380 km<sup>2</sup>, dos quais 786.380 km<sup>2</sup> são área terrestre e 13.000 km<sup>2</sup> correspondem a águas interiores. Moçambique divide fronteira com os seguintes países: África do Sul, Zimbabwe, Malawi, Zâmbia, Swazilândia e Tanzânia (Figura 2.12). Após longos séculos de exploração imperialista por Portugal, logrou sua independência em 1975, seguindo o regime comunista. Com a assinatura dos acordos de paz em 1992 referentes aos 16 anos de guerra civil, Moçambique se filiou ao regime democrático. As primeiras eleições multipartidárias ocorreram em 1994. Em termos de divisão político-administrativa, obedece a seguinte ordem: País, Províncias, Distritos, Postos Administrativos, Localidades, Povoados, Aldeias e Cidades e Vilas (MAE, 2005; INE, 2012).

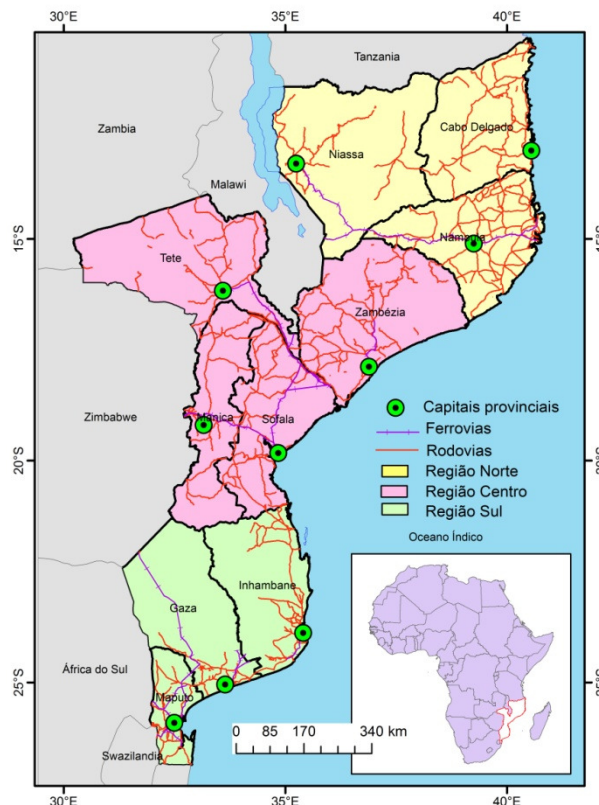


Figura 2.12: Mapa de localização de Moçambique no contexto regional. Fonte: CENACARTA (2010).

Em termos ambientais, Moçambique possui topografia composta por planícies costeiras, altiplanos no centro, planaltos no noroeste e montanhas a oeste. Os rios Rovuma, Zambeze, Save e Limpopo são os principais rios do país. Eles nascem em países vizinhos e desaguam no Oceano Índico. O clima é, na maior parte, tropical a subtropical, com período de chuvas que se estendem de outubro a abril. A precipitação

anual varia desde menos de 400 mm até mais de 2.000 mm, enquanto que a temperatura média anual varia desde menos de 18 °C até mais de 26 °C (MUCHANGOS, 1999).

A cobertura vegetal de Moçambique inclui 56 % de florestas densas, 41% florestas abertas, 2% as abertas em áreas inundadas e 1% são manguezais (MARZOLI, 2007). Cerca de 42% estão localizadas nas províncias da região norte do país (Cabo Delgado, Niassa e Nampula), região onde será implantado o ProSAVANA. O tipo de vegetação mais comum é a savana chamada ‘miombo’ e ‘mopane’ (MINAG, 2007) também chamada por floresta de Miombo (SITOE, et al, 2012) por apresentar fisionomia com estrato arbóreo que varia entre os 10 e 20 metros de altura, quando maduro e não degradado.

As áreas protegidas ocupam 19% do território nacional. Existem cerca de 5.500 espécies relatadas de flora e fauna, das quais 4.800 são compostas de vegetação alta e 4.271 são compostas por insetos, aves, mamíferos, répteis e anfíbios (MICOA, 2007).

Moçambique é dotado de recursos minerais tais como carvão, titânio, gás natural, tântalo e grafite. Os solos, de fertilidade relativamente baixa, como Arenosols e Lixisols, são amplamente presentes no país, seguidos por Acrisols, Ferralsols, Fluvisols e Luvisols (MINAG, 2010). Por causa de fenômenos naturais e, em parte, devido às mudanças climáticas, Moçambique é propenso a ciclones, inundações e secas (MICOA, 2007).

Concernente a questões socioeconômicas, Moçambique tem como principal setor de atividades, o agrário, que constitui a base do sustento da população e ocupa mais de 80% da população economicamente ativa e com uma contribuição no Produto Interno Bruto (PIB) em 2011 de cerca de 32%, segunda maior contribuição depois do setor de serviços (43,8%) (CONSULAI, 2013). Na vida econômica do país, a mulher, apesar de não ser conotada como tal, tem tido um papel muito importante por ser a zeladora do lar. Na maioria dos casos a mulher é a responsável pela renda familiar sobretudo nas zonas rurais onde a base para a sobrevivência é a atividade agrícola (até 2 ha da área explorada) e o pequeno comércio desenvolvidos fundamentalmente pelas mulheres (Figura 2.13).



Figura 2.13: Mulheres moçambicanas envolvidas na atividade agrícola. Fonte: Batistella e Bolfe (2010).

Após a independência, o Governo tem vindo a adotar uma série de estratégias para alavancar o desenvolvimento do país, algumas delas as seguintes:

- i. Como estratégia base para o desenvolvimento agrícola nacional, Moçambique está dividido em 10 zonas de potencial agro-ecológico com diferentes aptidões, definidas com base no clima e tipo de solos. Estas zonas podem ser agrupadas em 3 macro-zonas, norte, centro e sul, sendo que a macro-zona com alto potencial é a norte (SITOE, 2005).
- ii. Outra estratégia adotada foi a divisão do país em Corredores, os chamados Corredores de Desenvolvimento, definidos com base em segmentos de sistemas de transporte (rodoviário, ferroviário, lacustre, marítimo) interligando pólos (regiões privilegiadas). Esta divisão permitiu a flexibilização de intercâmbio de bens e mercadorias nas regiões norte, centro e sul do país. São eles o Corredor de Nacala (ao norte), Corredor da Beira (no centro) e o Corredor de Maputo (ao sul do país) (FONSECA, 2003; BATISTELLA E BOLFE, 2010).
- iii. Outro marco importante está ligado à Política e Lei de terras, as quais dão às comunidades locais autonomia de gestão sob práticas costumeiras, ou seja sem necessidade de obter o registo da mesma através do Direito de Uso e Aproveitamento da Terra (DUAT). Isso possibilitou que a maioria desfavorecida tivesse posse a terra e pudesse desenvolver alguma atividade para o sustento (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2002).
- iv. Definiu o distrito como “Pólo de desenvolvimento” ou seja a unidade base para o direcionamento de diversas atividades em prol do desenvolvimento. Esse fato

está inserido no contexto de descentralização do Poder e por conseguinte, essa unidade administrativa passou a ter sua própria estrutura administrativa e autonomia financeira, se beneficiando de orçamento, dentre outras vantagens (MAE, 2005).

### 2.8.1 Situação agrária de Moçambique

A agricultura é o maior setor econômico de Moçambique. Apesar de vários investimentos e programas desenvolvidos no sentido de melhorar a situação agrária moçambicana, esta, ainda deixa muito a desejar. A relação entre os estabelecimentos agropecuários e área cultivada pode ser observada a partir dos dados da Tabela 2.1, e a ilustração de cada tipo de estabelecimento através da Figura 2.14.

Tabela 2.1 - Número de estabelecimentos agrícolas e sua área cultivada em Moçambique.

|   | Pequeno             | Médio            | Grande          | Total                |
|---|---------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| Estabelecimentos agrícolas (%)            | 3.801.259<br>(99,3) | 25.654<br>(0,7)  | 884<br>(0,0)    | 3.827.797<br>(100,0) |
| Área cultivada (ha) (%)                   | 5.428.571<br>(96,4) | 130.651<br>(2,3) | 74.628<br>(1,3) | 5.633.850<br>(100,0) |
| Área cultivada média (ha/estabelecimento) | 1,43                | 5,09             | 84,4            | 1,47                 |

Fonte: Censo Agrícola de 2009-2010 do INE (2011a).



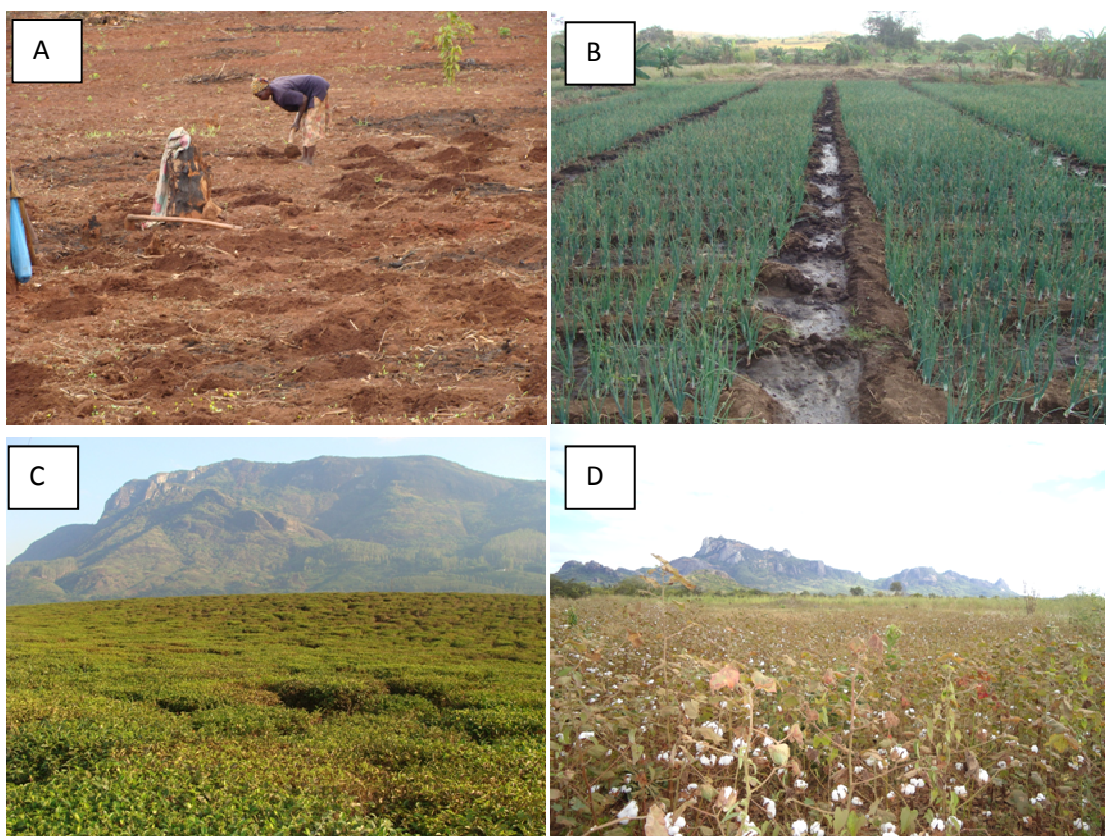


Figura 2.14: Campos agrícolas de pequeno porte (A) desenvolvido pelo agregado familiar; de médio porte (B), desenvolvido por famílias associadas e de grande porte (C) e (D) desenvolvido por empresas agrícolas. Fonte: Embrapa – Campinas.

Ainda que, de um modo geral, as condições de segurança alimentar em Moçambique estejam estáveis nos últimos anos, algumas áreas afetadas por períodos secos e enchentes localizadas, famílias pobres e urbanas, especialmente na região sul que é uma área de constante deficiência alimentar, são vulneráveis. Desse grupo, estima-se que 34% da população ainda esteja enfrentando uma fome crônica (WFP, 2010). As principais culturas alimentares incluem milho, mapira (sorgo), mandioca, trigo, arroz, feijão, amendoim e batata (culturas de subsistência); e outras de rendimento como algodão (fibra), cana-de-açúcar, semente de mamona, de girassol e de gergelim, coco, castanha de caju (com casca) e tabaco (FAOSTAT, 2007). Contudo, existem disparidades regionais no que diz respeito à produção de alimentos, sendo que as províncias de Tete, Zambézia e Nampula são as mais estáveis.

De um modo geral, a produção agrícola é praticada por aproximadamente 3,6 milhões de pequenos e médios empreendimentos, dos quais 99% são pequenas

propriedades, muitas com menos de dois hectares (INE, 2011a) e não utilizam tecnologia moderna. Esse fato corrobora para que o setor enfrente desafios para aumentar a produtividade e a competitividade agrícola.

Devido a esse cenário, o Governo de Moçambique tem buscado parcerias de diversas ordens, o que tem resultado na concepção e implementação de políticas, estratégias, programas e projetos com o objetivo de melhorar o desempenho do setor agrícola como é o caso do Programa Nacional de Desenvolvimento da Agricultura (PROAGRI I e II), o Programa Estratégico para Desenvolvimento do Setor Agrícola (PEDSA) e, mais recentemente, o ProSAVANA, cujo objetivo é de melhorar a competitividade do setor rural da região, tanto em matéria de segurança alimentar a partir da organização e do aumento da produtividade no âmbito da agricultura familiar, como na geração de excedentes exportáveis a partir do apoio técnico à agricultura orientada para o agronegócio (PCT, 2011), que se aliam a outros como o Programa para Redução da Pobreza Absoluta (PARPA I, II).

O principal órgão responsável pela pesquisa e desenvolvimento é o Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) tutelado pelo Ministério da Agricultura (MINAG). Desde o estabelecimento da paz em 1992, esse órgão tem buscado progressos principalmente na pesquisa adaptativa que trata da distância entre boas práticas em nível de pesquisa e a prática real nas propriedades. Embora alguns resultados estejam já evidentes, este setor de pesquisa tem enfrentado problemas como: (1) falta de pessoal administrativo e de pessoal científico qualificado; (2) poucos recursos financeiros, não disponíveis em algumas épocas; (3) precária infraestrutura de pesquisa; (4) fraca gestão de pesquisas; e (5) planejamento, definição de prioridades e participação de interessados na pesquisa inadequados (SITOE, 2005).

## **2.9. Processo histórico da expansão agrícola no oeste baiano**

A região oeste da Bahia é uma região integrante das 15 regiões<sup>2</sup> econômicas do estado. Esta delimitação permitiu, à Companhia de Desenvolvimento de Ação Regional (CAR), subdividir a região em três sub-regiões: Rio Grande, Rio Corrente e a sub-

---

<sup>2</sup> Esta regionalização difere com a que é usada pelo IBGE para fins de levantamento censitário, portanto tais diferenças não permitem que nos estudos sociodemográficos sobre a área sejam consideradas como idênticas (BAHIA, 2000).

região dos Cerrados (esta última, núcleo deste trabalho) (Figura 2.15) (BAHIA, 1993; BAHIA, 2000).

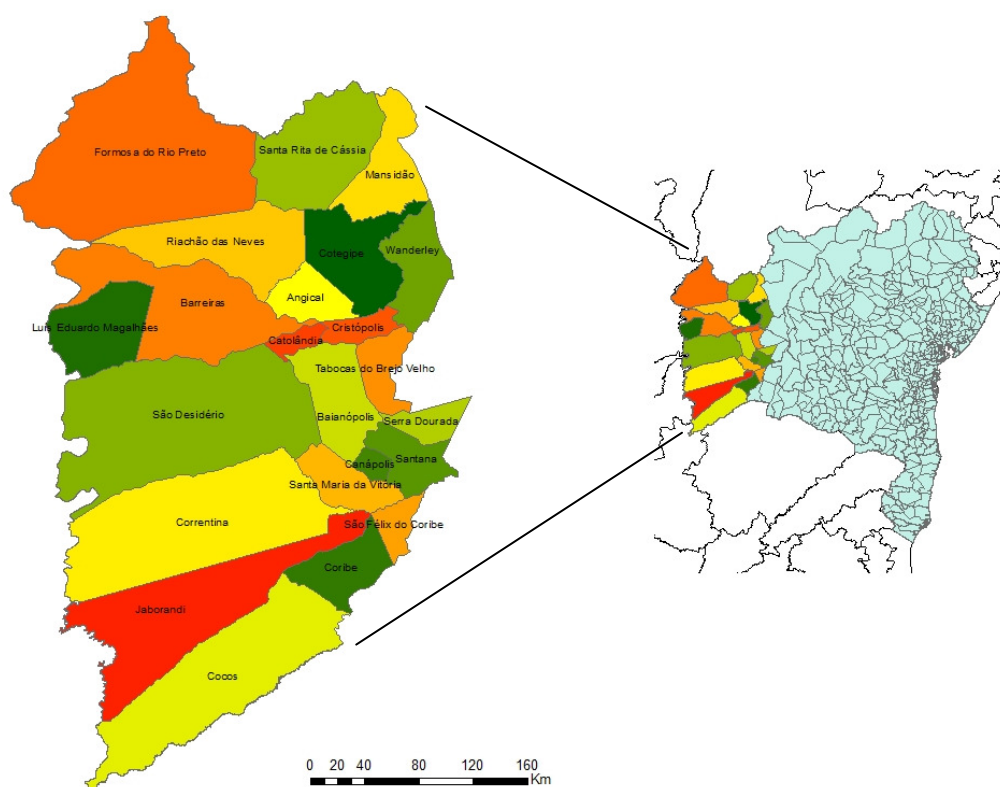


Figura 2.15: Mesorregião do Oeste da Bahia. Fonte: SEI-Bahia (2003).

Contando com 23 municípios<sup>3</sup>, constitui a mais extensa das regiões econômicas do estado, com uma área de 114.873 km<sup>2</sup>, equivalente a 20,51% do território baiano, embora com uma população relativamente menor, se comparado à sua extensão. Esta região foi, desde longos séculos, de pouca influência, pois permaneceu durante muitas décadas como um espaço de ocupação econômica extremamente dispersa e de baixa densidade populacional e de características tipicamente rurais. Fazia parte de uma ampla região que era denominada como Sertão do Rio São Francisco, cujos grandes traços culturais são marcados diretamente pelos vínculos com o rio São Francisco e seus afluentes (rios Corrente e Grande Preto), por uma estreita relação com os fenômenos

<sup>3</sup> Angical, Baianópolis, Barreiras, Canópolis, Catolândia, Cocos, Coribe, Correntina, Cotejipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Jaborandi, Wanderley, Tabocas do Brejo Velho, Serra Dourada, Santa Maria da Vitória, Riachão das Neves, Mansidão, São Félix do Coribe, São Desidério, Santa Rita de Cássia e Santana.

naturais e por leituras e visões de mundo com forte inspiração na religião católica (BAHIA, 1993; CAR, 1995; SANTOS, 2000; SANTOS et al., 2012).

A sua primeira ocupação remonta ao séc. XVIII, época que, sob ponto de vista econômico, a pecuária se constituiu na principal fonte de renda, superando o seu equivalente agrícola. O rio São Francisco foi o principal indutor do espaço regional, seja pela fertilidade de solos de suas margens seja pela facilidade de escoamento de excedente gerado (BAHIA, 1993).

Após a década de 1940, ocorreram mudanças técnicas em seu território que aumentaram o seu valor econômico e impulsionaram, conseqüentemente, seu valor simbólico. O que era antes o “Além São Francisco”, passou a compor, junto com o sul do Piauí e do Maranhão, o novo Nordeste, região promissora com um grande desempenho econômico e acentuadas desigualdades sociais (SANTOS-FILHO e RIOS-FILHO, 2008).

Sob ponto de vista geoambiental, constituiu-se em um espaço vasto e heterogêneo, constituído pela presença de grandes variedades de ecossistemas, inclusive manchas de florestas e diversificados tipos de solos, clima e relevo, condições estas que favoreceram a diversificação de atividades econômicas, incrementando a produção e produtividade (BAHIA, 1993). Essas condições respondem, decisivamente, pelo que vem ocorrendo nos últimos anos: uma tendência à diversificação produtiva na agropecuária e a ampliação das atividades econômicas urbanas que, sem dúvida, são componentes importantes, embora não exclusivos, da sustentabilidade do crescimento regional.

Ainda de acordo com BAHIA (1993), a observância desses aspectos constitui um dos fatores fundamentais no processo de desenvolvimento e na determinação da ocupação econômica da região, exigindo o estabelecimento de uma política de controle na ocupação e utilização criteriosa dos recursos naturais. Não obstante, o crescimento demográfico na região dos anos 1980 foi impulsionado pela imigração associada ao processo de expansão das fronteiras agrícolas na área. Este fenômeno mudou completamente os padrões de povoamento e de ocupação na região (BAHIA, 2000).

O surgimento de várias atividades econômicas novas, além da dinamização de outras mais triviais como o comércio varejista e a criação de gado, fez com que a região tivesse um comportamento atípico na sua dinâmica populacional, enquanto no país e no nordeste se registrava significativa redução de taxas de crescimento (BAHIA, 2000).

A incorporação desta região na base produtiva caracteriza-se pelo fenômeno da (des)(re)territorialização que, segundo Haesbaert (1996), significa o processo dialético pelo qual sofre o espaço, quando ocorrem, em seu entorno, transformações técnicas, culturais e sociais que evidenciam uma mudança de identidade em seu território. Teve seu marco nos anos 1970, momento em que o processo de modernização da agricultura se acentuou e a ocupação do Oeste ganhou novo vigor com o início da produção de grãos (principalmente soja, arroz e milho) na região.

A existência de terras em grandes extensões e a preços baixos, em contraponto aos baixos estoques das áreas disponíveis e supervalorizadas nos cerrados do eixo sul-sudeste, já densamente cultivados, condições climáticas mais amenas, sem os riscos de enchentes, secas ou geadas capazes de prejudicar as áreas produtoras, além do crédito subsidiado e incentivos fiscais, foram alguns dos fatores que atraíram o capital privado e a consequente incorporação da região numa base produtora (SANTOS, 2000; SANTOS-FILHO e RIOS-FILHO, 2008).

Essa fase mais dinâmica da ocupação do Oeste, a rigor, a partir do aproveitamento dos Cerrados, até meados dos anos 1980, se desenrolou distante da capital do Estado e sob o comando de lideranças de fora (grupos empresariais, cooperativas, agricultores isolados de São Paulo e sul do país), que dentre outras atividades difundiram as relações sociais, técnicas de produção e de circulação tipicamente capitalistas, alterando os cenários socioeconômicos existentes (BAHIA, 1993). Quando o Estado se apercebeu que o processo estava dando certo, reforçou as medidas para flexibilização deste processo de modernização da agricultura através de seus órgãos municipal, estadual e federal (SANTOS-FILHO e RIOS-FILHO, 2008).

Nesse processo, a CODEVASF<sup>4</sup> exerceu um papel de destaque pela introdução da tecnologia irrigada na região através de perímetro de irrigação São Desidério/Barreiras Sul. O volume de capital privado aplicado na região avançou rapidamente, sobretudo a partir dos meados da década de 1980, permitindo que o processo de desenvolvimento adquirisse uma dinâmica mais rápida, de tal forma que o retorno também fosse igualmente de forma intensa (SANTOS et al. 2012).

Por outro lado, o PRODECER II na Bahia, financiado pelo governo japonês através da JICA em meados da década de 1980, contribuiu para a implantação do cooperativismo em bases empresariais na região, conferindo-lhe estímulos especiais. Os

---

<sup>4</sup> Diretoria Regional da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

empreendimentos foram desde então pioneiros, audaciosos e inovadores. Conquanto a região estivesse deficiente em infraestruturas sociais e econômicas, o otimismo do progresso dominava a região e ela caminhava para ser a mais moderna da Bahia e provavelmente a mais desenvolvida do Nordeste. Os efeitos deste processo se materializaram no grande número de núcleos urbanos surgidos nos últimos 10 anos (BAHIA, 1993).

Dado ao fato de as transformações terem acontecido de maneira veloz e em um curto período de tempo, era de se esperar que as repercussões não tardassem a acontecer. Problemas já existentes se ampliaram e a eles foram se somando a outros emergentes em função do novo perfil produtivo da região, da mesma forma que novas oportunidades foram surgindo, trazendo impactos e vantagens para o crescimento regional. Essas repercussões incidiram na base produtiva, na oferta dos serviços sociais básicos e na preservação do Meio Ambiente (SANTOS, 2007). Definiu os contornos para a integração da região à economia nacional, expandindo-se de modo concentrado em determinados espaços como Barreiras, Santa Maria da Vitória, Correntina e São Desidério, proporcionando, num primeiro momento, o desenvolvimento das cidades e criação de novos municípios, como o caso do município de Luís Eduardo Magalhães, devido ao grande dinamismo da agricultura, com repercussão nos demais setores socioeconômicos, proporcionou seu desmembramento de Barreiras (SOUZA et al., 2010).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a região de predomínio do bioma Miombo ao norte de Moçambique (14 distritos<sup>5</sup>), uma região designada por Corredor de Nacala, onde se pretende implementar o programa de expansão agrícola, e a região de predomínio do bioma Cerrado no oeste da Bahia<sup>6</sup> - Brasil (nove municípios), onde o processo de expansão agrícola encontra-se consolidado (SANTOS et al. 2012) (Figura 3.1).

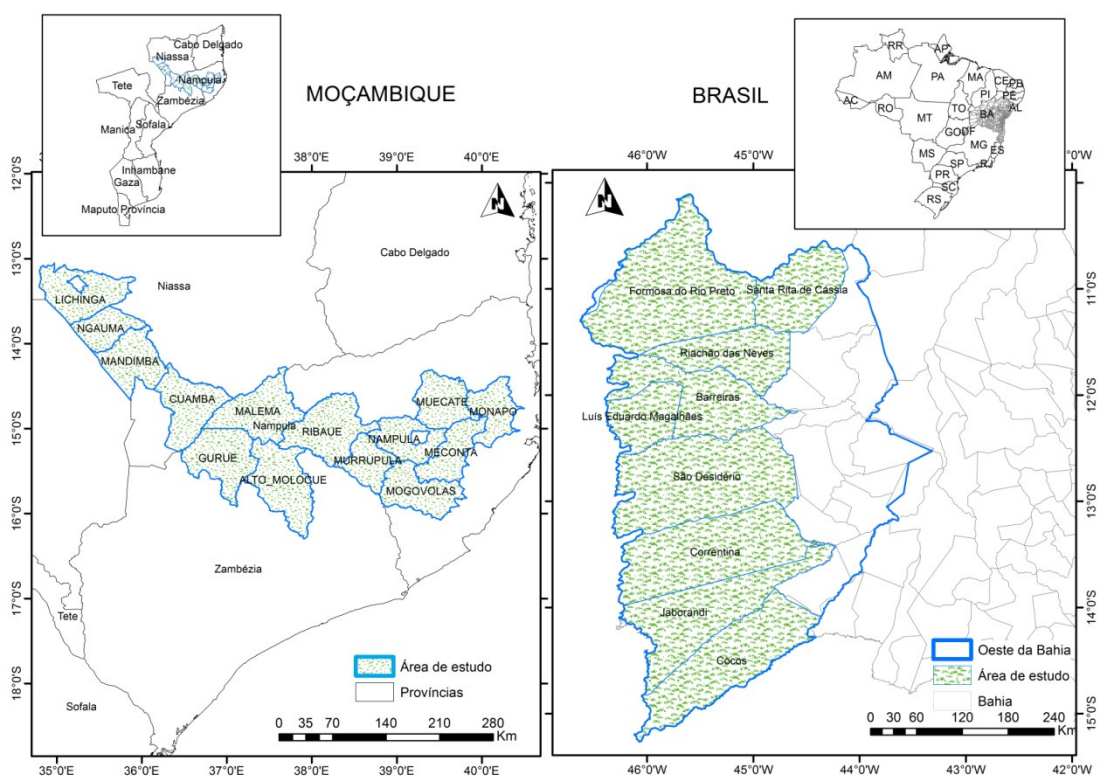


Figura 3.1: Localização das áreas de estudo em Moçambique e Brasil. Fontes: SEI-Bahia (2003) e CENACARTA (2010).

A parte moçambicana se estende ao longo do Corredor de Nacala, partindo de leste no distrito de Nacala até o limite com o Malawi e Zâmbia, compreendendo as seguintes coordenadas: 13° 03' 09" e 16° 17' 55,32" de latitude sul e 34° 47' 41,86" e 40° 28' 40,91" de longitude este, cobrindo uma área de 6.590.740 hectares cerca de

<sup>5</sup> Nampula-Rapale, Malema, Ribáuè, Murrupula, Meconta, Muecate, Mogovolas Monapo, na província de Nampula; Mandimba, Cuamba, Ngauma, Lichinga na Niassa; Guruè e Alto Molocué, na Zâmbézia.

<sup>6</sup> Formosa do Rio Preto, Santa Rita de Cássia, Riachão das Neves, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras, São Desidério, Correntina, Jaborandi e Cocos.

8,7% de todo o território. É uma região de clima tropical úmido com duas estações distintas: uma chuvosa e quente que normalmente se inicia em outubro e termina em abril e outra fresca e seca, compreendida entre maio e setembro (MUCHANGOS, 1999; MAE, 2005; BOLFE et al., 2011). As temperatura media anual varia de 25°C a 26°C na área costeira (Monapo por exemplo) e tende a decair à medida que se caminha para o interior chegando a atingir 22°C (Lichinga). Em termos de máximos e mínimos a temperatura oscila entre 32°C e 20°C na parte costeira, e na área do interior, chega a oscilar entre 27°C e 16°C (MUCHANGOS, 1999).

Possui uma população de cerca de 3.73 milhões de habitantes de acordo com o Censo realizado em 2007, integrante à população das duas províncias mais populosas de Moçambique (Nampula e Zambézia) com aproximadamente 37% de toda a população (INE 2012). A principal atividade económica nas áreas do interior é agricultura e nas áreas próximas à costa, a pesca.

A parte brasileira encontra-se compreendida entre as seguintes coordenadas: 10° 06' 28,79" e 15° 15' 52,85" de latitude sul e 46° 37' 01,37" e 44° 06' 30,86" de longitude oeste, estendendo-se em toda a faixa norte-sul do extremo oeste da Bahia, cobrindo uma área de 8.648.170 hectares, também com duas estações distintas (quente e chuvosa e outra fresca e seca) (COELHO e SOARES, 2001; BATISTELLA, 2002). As temperaturas máximas e mínimas variam de 26°C e 20°C respetivamente. A pluviosidade varia de leste a oeste com tendência crescente e a umidade média do ar é de 70%, sendo a máxima de 80% registada no mês de dezembro e a mínima 50% registada em agosto (BATISTELLA et al., 2002).

A população é de cerca de 354.281 habitantes (IGBE, 2010) muito abaixo da população da região do Corredor de Nacala, embora maior extensão territorial seja da região oeste da Bahia, o que implica uma baixa densidade demográfica nesta região. No que diz respeito aos recursos hídricos, a maioria das cidades da região estão sobre as margens dos rios como por exemplo o município de Barreiras, São Desidério, Santa Rita de Cássia, dentre outras. A principal atividade econômica na região é a agropecuária.

Outras características das áreas de estudo foram mencionadas em outros capítulos: o do referencial de teórico e o de resultados, uma vez que parte dos objetivos desta pesquisa consiste em caracterizar e comparar sob ponto de vista biofísico as duas regiões.



#### 4. MATERIAIS E MÉTODO

Na realização desta pesquisa foi necessário um conjunto de dados orbitais e ainda consultas em bancos de dados digitais da Embrapa e IBGE para a região brasileira, IIAM, MICOA e CENACARTA para a região moçambicana. Os dados em questão são apresentados a seguir:

1. Regime de chuvas, baseado na análise de séries temporais dos dados do Aqua/TRMM (2002-2011);
2. Topografia, baseado na análise de dados do modelo digital de elevação (MDE) do SRTM;
3. Sazonalidade da vegetação, baseado na análise das séries temporais do MODIS EVI (índice de vegetação realçado) (2002-2011); e
4. Dados de solos.

O fluxograma da Figura 4.1, mostra de forma resumida as etapas fundamentais para a realização desta pesquisa.

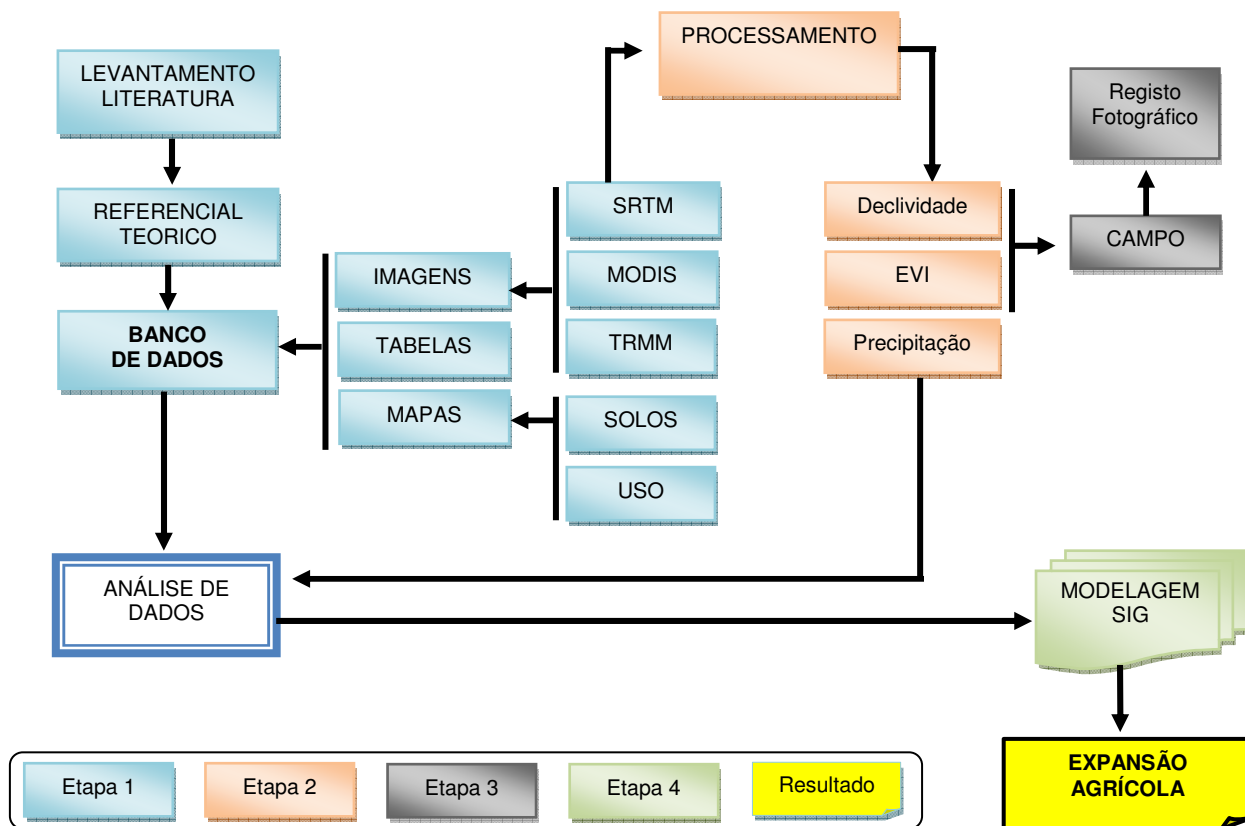


Figura 4.1: Fluxograma metodológico do estudo.

#### **4.1 Regime de chuvas com base em TRMM/AQUA**

Os dados TRMM, são relativos ao produto 3B43, série temporal de 10 anos, na resolução espacial de 0,25° (FUNK et al., 2007). São dados globais fornecidos por banda e cada banda corresponde a um mês, no entanto cada banda serviu para ambas as áreas de estudo. Por isso foram considerados para este estudo as bandas 49 (janeiro de 2002) a 168 (dezembro de 2011), que correspondem a 10 anos (2002-2011). Estes dados foram obtidos no endereço electrónico: <http://mirador.gsfc.nasa.gov/>. Os dados encontram-se no sistema de coordenadas geográficas, datum WGS-1984.

Foram utilizados dados deste sensor, pois não foi possível obter outros dados que apresentasse mesmas condições para as duas áreas em análise e não se considerou outros parâmetros climáticos como temperatura, evapotranspiração, pelas dificuldades na aquisição de dados relativos a área moçambicana.

Com relação ao método, inicialmente procedeu-se a rotação das bandas, pois, em seu formato original, os dados apresentam problemas de orientação cardinal (NASA, 2013). Posteriormente, fez-se o recorte das áreas de estudo, e as operações de bandas que consistiram em cálculos da precipitação média mensal e anual para toda a série. A precipitação média mensal foi a posterior mapeada, o que permitiu saber a distribuição espacial da precipitação nas duas áreas de estudo. Gerado esse dado fez-se a reclassificação de forma arbitrária nas seguintes classes:  $\leq 1.000$  mm; 1.000 - 1.200 mm; 1.200 - 1.400 mm; 1.400 - 1.600 mm.

#### **4.2 Topografia baseado em SRTM**

Os dados SRTM foram obtidos no formato *GeoTIFF*, em graus decimais e na projeção geográfica, data WGS-84 e EGM96, horizontal e vertical, respectivamente, derivados da *United States Geological Survey* (USGS) e da *National Aerospace and Space Administration* (NASA). O processamento preliminar das imagens adquiridas para esse estudo foi realizado pela *Consultative Group for International Agricultural Research* (CGIAR), onde foi possível realizar o *download* através do seguinte endereço electrónico: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. Os dados

encontravam-se na resolução espacial de 90 metros, precisão vertical global de  $\pm 16$  m e horizontal de  $\pm 20$  m (RABUS et al., 2003).

Mesmo existindo esse dado com melhor resolução espacial (30 m) para o território brasileiro, foi utilizada a resolução espacial de 90 m, dado ao fato da área moçambicana não possuir este dado na mesma resolução que a do dado brasileiro.

Desse dado foram gerados os modelos numéricos de elevação (MDE), trabalhando-se com a hipsometria e declividade pelo fato destes produtos contribuírem para o alcance dos objetivos da pesquisa.

Em relação ao método, os dados foram inseridos no ambiente SIG, utilizando o *software* ArcMap 10x. Inicialmente fez-se o mosaico de imagens com o intuito de abranger toda a área de interesse. Em seguida, fez-se o recorte da área de interesse. Usando ferramentas de SIG (*surface*) que consiste na geração de superfícies, foram gerados: o mapa hipsométrico e o de declividade. Porém, antes da geração das superfícies, os dados foram reprojatados para os sistemas de projeção UTM, *datum* WGS-84, zona 23 Sul para a região oeste da Bahia e 36 Sul para a região norte de Moçambique, para facilitar as análises subsequentes tais como cálculos de áreas e reclassificação das superfícies. A hipsometria foi reclassificada por livre critério em intervalos de 200 metros.

A declividade, que pode ser fonte de informações das formas do relevo, das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana, entre outros (SILVA e RODRIGUES 2009), foi reclassificada em seis classes: Classe A, Plano (0-3%); Classe B, Suave ondulado (3-8%); Classe C, Moderadamente ondulado (8-13%); Classe D, Ondulado (13-20%); Classe E, Forte ondulado (20-45%) e Classe F, Montanhoso ou escarpado (acima de 45%) conforme Embrapa (1999), porém, devido aos objetivos desta pesquisa, fez-se um ajuste nas classes C e D que passaram a ter as seguintes valores: Classe C (8-12%), Classe D (12-20%), pois de acordo com De Biase (1992), o limite máximo para o emprego de mecanização agrícola é de 12% de declividade e por outro lado, o ProSAVANA tem em vista a implantação de uma agricultura mecanizada.

### **4.3 Sazonalidade da vegetação baseada no EVI/MODIS**

Os dados MODIS são referentes ao produto MOD13Q1, série temporal de 10 anos (2002-2011) adquiridos no endereço <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>, na resolução espacial de 250 metros e na composição de 16 dias *tiles* h13v10 e h21v10, nível 2 de pré-processamento para as regiões do Brasil e Moçambique, respectivamente (RUDORFF et al., 2007). Desse produto, foi utilizado o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) que, em relação ao NDVI, é mais sensível à variação na estrutura do dossel, à fisionomia da planta e à arquitetura do dossel (HUETE et al., 1997; 2002) e minimiza as interferências relativas às variações do ângulo solar e dos efeitos atmosféricos observados em dados multitemporais (CARVALHO-Jr. 2006). Foi usado um total de 230 imagens para cada área, totalizando 460 imagens, sendo que cada ano contém 23 imagens. As imagens referentes a região oeste da Bahia foram adquiridas já processadas (BORGES, 2014)<sup>7</sup>.

Os dados MODIS, uma vez disponibilizados no formato *Hierarchy Data Format* (HDF) em nível de quantização de 12 bits (ARAI e FREITAS, 2007) e nas projeções *Integerized Sinusoidal* ou *Sinusoidal*, foram pré-processados por meio do programa *MODIS Reprojection Tool* (MRT), obtido gratuitamente no endereço eletrônico <http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>. Este pré-processamento consistiu na reprojeção para a projeção geográfica, *datum* WGS-84 e para o formato de dados Geotiff, tidos como mais usuais de acordo com as recomendações de Anderson (2004). Uma vez reprojitados, os valores de EVI ainda se encontravam na escala de 0 a 10.000, portanto foi necessário realizar operação de bandas de modo a encontrar valores que variasse conforme o EVI (0 – 1) e, em seguida, o recorte da área de estudo. Excepcionalmente, para os dados MODIS, foi considerada toda a região oeste da Bahia (não o recorte apresentado no capítulo 3) para poder encontrar um mosaico mais heterogêneo das feições de uso e cobertura do solo.

Uma vez que os dados de séries temporais podem apresentar pixels com baixa qualidade radiométrica devido a vários fatores como interferência de nuvens, ângulo de iluminação ou outro tipo de ruído (ROY et al., 2002, EKLUNDH et al. 2007), estes necessitam ser suavizados com base no emprego de certos filtros (BRADLEY et al., 2007; FREITAS et al. 2011; COUTO Jr. et al. 2012). Nessa pesquisa, recorreu-se ao filtro logística dupla do TIMESAT (JÖNSSON e EKLUNDH, 2004). Esse filtro foi o

---

<sup>7</sup>Dados de Tese de doutorado (2014) fornecidos pela autora: Elane Fiúza Borges.

que apresentou melhor desempenho para suavizar as séries temporais do EVI/MODIS para Oeste da Bahia (BORGES, 2014) as quais foram utilizadas para comparação com os dados da região moçambicana.

O filtro logística dupla é dada pela expressão matemática da equação 4.1 e corresponde a uma função harmônica polinomial, em que  $g(t, x)$  determinam a forma da base da função, os parâmetros  $X_1$  e  $X_2$  determinam respectivamente a posição do ponto de inflexão esquerdo e a taxa de variação. De igual modo,  $X_3$  e  $X_4$  determinam respectivamente a posição do ponto de inflexão do lado direito e a taxa de variação nesse ponto (JÖNSSON e EKLUNDH, 2004).

$$g(t; x_1, \dots, x_4) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{x_1 - t}{x_2}\right)} - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{x_3 - t}{x_4}\right)} \quad (4.1)$$

Havendo sido gerados os dados filtrados, coletou-se 4 amostras de uma classe de uso representativa na área de estudo donde se tirou a média. Para o caso da região Oeste da Bahia, coletou-se amostras da classe Cerrado denso e seu equivalente em Moçambique, a Floresta sempreverde com base nos mapas de uso de solo gerados por Borges (2014) e CENACARTA (2010) nas escalas 1:1.250.000<sup>8</sup> e 1:250.000 para Oeste da Bahia e Moçambique, respectivamente (Figura 4.2). Desses dados, foram gerados histograma e diagrama de dispersão.

---

<sup>8</sup> O mapa de uso da região Oeste da Bahia foi elaborado com base nas séries temporais do MODIS - EVI com base numa interpretação supervisionada e com auxílio de imagens rapideye de resolução espacial de 5 metros. Borges (2014) afirmou que o uso de imagens nonotemporais para discriminação da vegetação tem-se mostrado ineficiente se comparado com o uso de dados multitemporais, isso devido à acentuada sazonalidade climática e elevada dinâmica espaço-temporal de uso agrícola. Por outro lado, estudos como o de Nascimento e Sano (2010), Hermuche e Sano (2011) têm mostrado que o uso simultâneo de um conjunto de imagens obtidas em diferentes épocas do ano possui maior potencial para discriminar classes de cobertura vegetal representativas de um bioma.

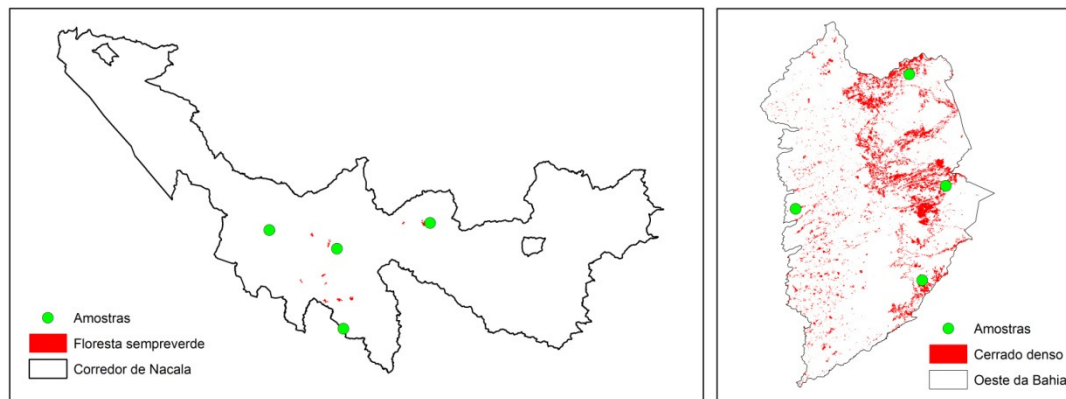


Figura 4.2: Localização das amostras de pixels do MODIS-EVI correspondentes à Cerrado denso (Oeste da Bahia) e Floresta sempreverde (Moçambique). Fontes: CENACARTA (2010) e Borges (2014).

#### 4.4 Solos

Para dos dados de solos, utilizou-se os dados disponíveis nos bancos de dados da Embrapa e do IIAM, na escala 1:1.000.000. Para esses dados, trabalhou-se com as classificações da FAO e do SiBCS, primeiro nível categórico, pelo fato de a partir desta obter-se informações substanciais sobre os processos que deram origem ao solo.

De acordo com a Embrapa (2006) no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) as classes no 1º nível categórico são separadas pela presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que são passíveis de serem identificadas no campo mostrando diferenças no tipo e grau de desenvolvimento dos processos que atuaram na formação do solo. Portanto, são considerados neste nível 13 classes a saber: Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvisolo, Neossolo, Litossolo, Organossolo, Planossolo, Plintossolo e Vertissolo.

Para a classificação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), das 27 classes de solos 16 são consideradas em Moçambique nomeadamente: Acrisols, Arenosols, Calcisols, Cambisols, Chernozems, Ferralsols, Fluvisols, Gleysols, Leptosols, Lixisols, Luvisols, Nitisols, Phaeozems, Regosols, Solonchaks, Vertisols (FAO/UNESCO, 1988; INIA, 1997).

Além desta variável, trabalhou-se com a textura pelo fato desta permitir medir e capacidade de retenção de água pelo solo, um dos elementos importantes no planejamento de atividades agrícolas e de fácil comparação dado ao seu conceito. Com

respeito à textura, ela foi agrupada em três categorias quanto à sua capacidade de retenção de água assim descritos: do Tipo 1, com teor de argila maior que 10 e menor ou igual a 15%; do Tipo 2, com solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia; e do Tipo 3, com solos com teor de argila maior que 35% conforme as recomendações do modelo de zoneamento agrícola e risco climático brasileiro (MAPA, 2008).

#### **4.5 Potencialidade agrícola com base no ambiente biofísico**

Na análise da potencialidade agrícola foram usados os seguintes dados: precipitação acumulada medida a partir de dados TRMM, declividade extraída a partir do SRTM, mapa de reservas florestais, recursos hídricos e de uso e cobertura de terra. Estes dados são apenas referentes à região moçambicana por esta ser, alvo do processo de expansão. Não foram utilizados outros dados como temperatura, balanço hídrico, por questões de inacessibilidade, porém admitir-se que tais seriam importantes para este estudo. Outra causa, está relacionada ao fato do modelo de expansão nas áreas de Cerrado brasileiro, a que se inspira o ProSAVANA, não considerar tais parâmetros como relevantes.

Os dados de precipitação, de declividade, reservas florestais foram reclassificados, gerando-se produtos booleanos. Os produtos foram: precipitação acima de 1.000 mm com valor 1, declividade até 12% com valor 1, áreas com reservas florestais com valor 1. Em relação aos recursos hídricos, criou-se uma área de proximidade de 50 metros de acordo com a legislação vigente em Moçambique (Lei 19/97). Do mapa de uso de uso e cobertura de terra obteve-se as seguintes classes: Lagos/lagoas, Floresta de baixa altitude aberta, Floresta de baixa altitude fechada, Floresta sempreverde, Formação herbácea, Moita (arbustos baixos), Matagal aberto, Cultivo de sequeiro, Área habitacional não urbanizada, Área habitacional semi urbanizada, Plantações, Matagal alto, Solo sem vegetação, Matagal médio, Formação herbácea arborizada, Formação herbácea inundada, Formação herbácea com árvores anãs emergentes e Zona de produção e transporte.

Dessas classes as classes relativas a floresta, área habitacional, lagos e zona de produção, tiveram valor 0 (zero). Nos mapas booleanos o valor 1 significa sim/verdadeiro e o 0 (zero) não/falso e nesse caso significaram: 1 potencial e 0, não potencial.

Estes procedimentos foram executados usando ferramenta de cálculo de dados *raster* do ArcGIS. Porém, inicialmente os dados foram reprojitados para o sistema de coordenadas UTM, *datum* WGS-84, e em seguida foram convertidos para *raster*. Daí fez-se as operações matemáticas usando o operador multiplidior.

O fluxograma da Figura 4.3, detalha as operações executadas no processamento dos dados até à determinação das áreas potencialmente agrícolas.

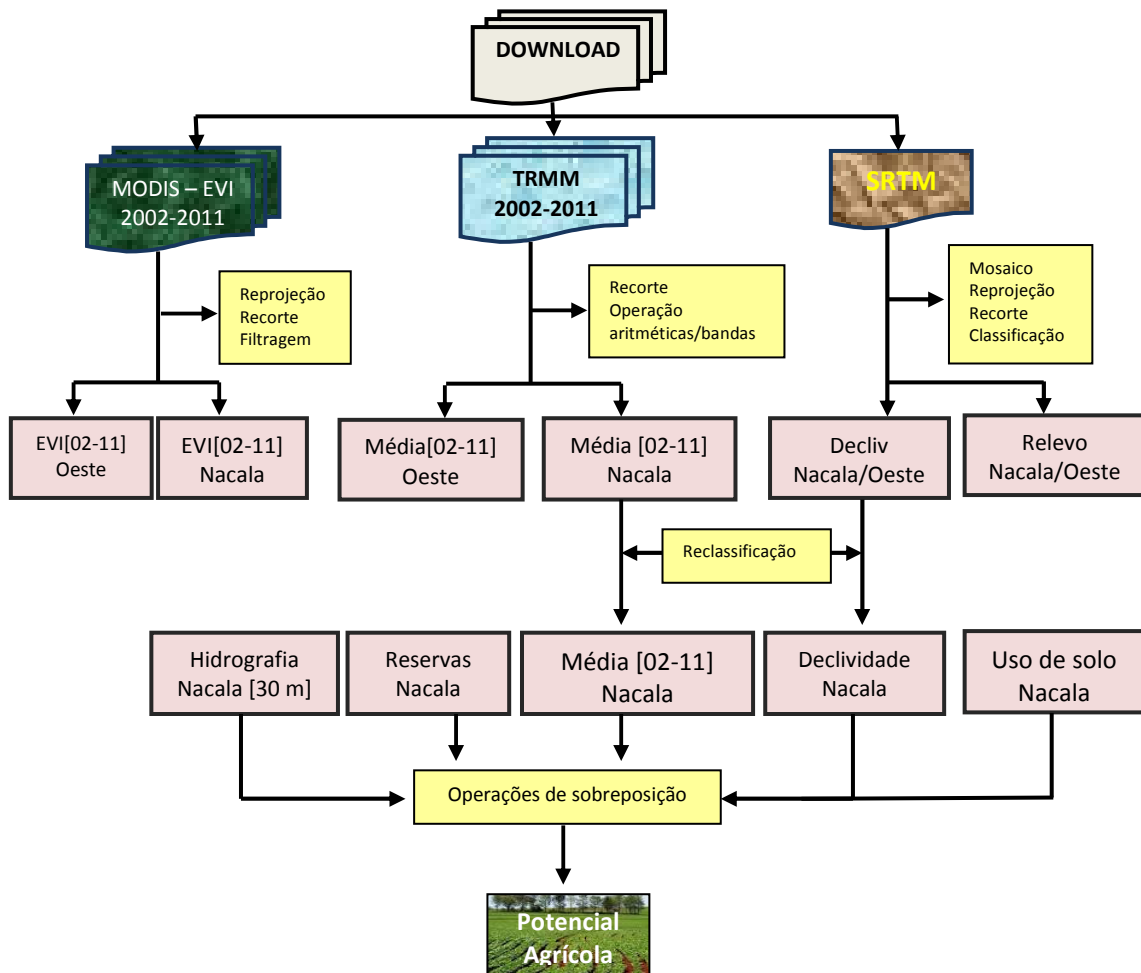


Figura 4.3: Diagrama ilustrando os diversos momentos e ferramentas de processamento dos dados até à geração do mapa de potencial agrícola.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Índice de Vegetação Realçado (EVI)

Os dados do EVI mostram a dinâmica da vegetação ao longo do período em análise para ambas regiões. Observou-se períodos cíclicos em que esta atinge seu estado máximo vegetativo para ambas as regiões e vai diminuindo no período subsequente (Figura 5.1). Esta tendência do comportamento da vegetação está relacionada com o clima das regiões que apresenta duas estações bem definidas (seca e chuvosa) considerando as relações existentes entre o clima e o comportamento da vegetação (GOEDERT et al. 2008, OLIVEIRA, 2009). Em termos absolutos, observa-se uma ligeira diferença dos valores do EVI, observando-se valores relativamente elevados para a Floresta sempreverde, na região do Corredor de Nacala. Os picos são observados em grande medida na estação chuvosa (outubro a abril) o que significa que nesse período a estrutura da vegetação analisada atinge seu pico.

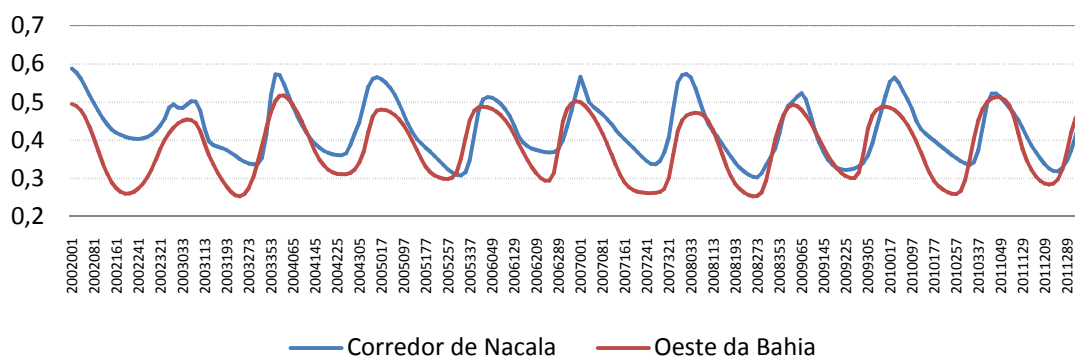


Figura 5.1: Variação do EVI no período de 2002 a 2011 para as regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e Oeste da Bahia (Brasil).

A partir da análise de regressão, observa-se que os dados obedecem uma tendência linear (Figura 5.2) estabelecendo uma correlação forte positiva com  $R^2=0,65$  e  $r = 0,81$  (CALLEGARI-JACQUES, 2003<sup>9</sup>). Os valores encontram-se bem distribuídos ao longo da reta, mostrando ser próximos, donde se pode inferir que as amostras da

<sup>9</sup> [0 – 0,30], Fraca correlação linear; [0,30 – 0,60], Moderada correlação linear; [0,60 – 0,90] Forte correlação linear; [0,90 – 1], Correlação linear muito forte.

Floresta sempreverde e Cerrado denso fazem parte de ambientes ecossistemáticos similares.

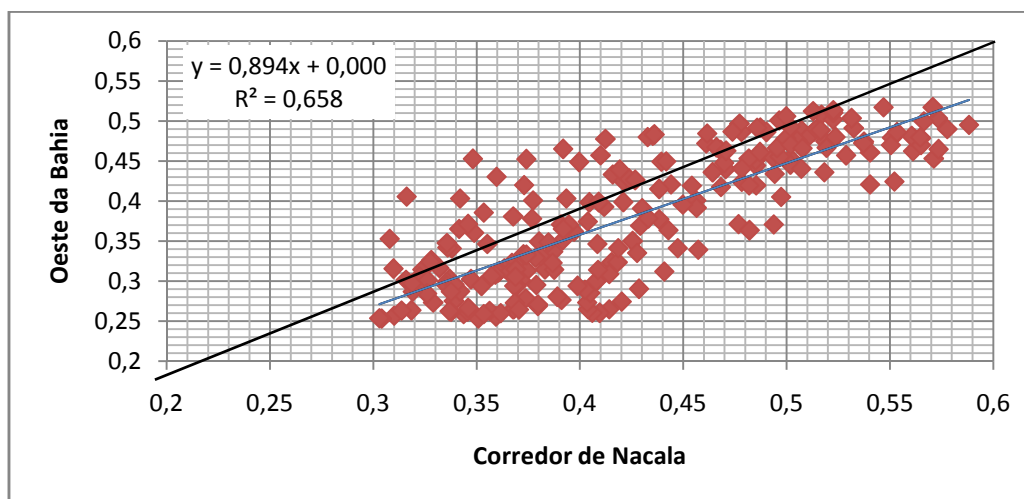


Figura 5.2: Relação entre o EVI determinado para a Cerrado denso na região Oeste da Bahia (Brasil) e Floresta sempreverde na região do Corredor de Nacala (Moçambique).

Por outro lado, a análise do histograma de frequências revelou predomínio de EVI na ordem de 0,4 na área moçambicana com 100 observações (43,48%) e de 0,5 na área brasileira com 92 observações (43,5%). Não obstante, os dados indicam menor amplitude do EVI no Corredor de Nacala se comparado com oeste da Bahia onde se constataram valores do EVI na ordem de 0,3 (22,2%). Na área do Corredor de Nacala observa-se ausência do EVI na ordem de 0,3 (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Análise de frequências para os dados EVI.

| Corredor de Nacala |                   |                  |              | Oeste da Bahia |                   |                  |              |
|--------------------|-------------------|------------------|--------------|----------------|-------------------|------------------|--------------|
| <i>EVI</i>         | <i>Frequência</i> | <i>Acumulada</i> | <i>%</i>     | <i>EVI</i>     | <i>Frequência</i> | <i>Acumulada</i> | <i>%</i>     |
| 0,4                | 100               | 43,48%           | 43,5         | 0,5            | 92                | 40,00%           | 40,0         |
| 0,5                | 84                | 80,00%           | 36,5         | 0,4            | 76                | 73,04%           | 33,0         |
| 0,6                | 46                | 100,00%          | 20,0         | 0,3            | 51                | 95,22%           | 22,2         |
| 0,3                | 0                 | 100,00%          | 0,0          | 0,6            | 11                | 100,00%          | 4,8          |
| <b>Total</b>       | <b>230</b>        |                  | <b>100,0</b> |                | <b>230</b>        |                  | <b>100,0</b> |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores do EVI apresentados na Tabela 5.1 retratam o comportamento da classe de vegetação Floresta sempreverde para Moçambique e Cerrado denso para Brasil para uma série temporal de 10 anos. Com base nestes dados pôde-se observar

pouca variação do EVI para a Floresta sempreverde (EVI entre 0,4 e 0,6 e EVI médio igual a 0,43) se comparada com o Cerrado denso (EVI entre 0,3 e 0,6 e EVI médio igual a 0,38). A partir destes dados, pode-se inferir que por mais se trate de ambientes savânicos em termos vegetacional, existem diferenças entre as classes fitofisionômicas destes dois ambientes. A Floresta sempreverde apresenta uma fisionomia e estrutura relativamente mais densa se comparada com o Cerrado denso.

Estudos similares realizados por Anderson e Shimabukuro (2007), mostraram valores do EVI para a Floresta Ombrofila Aberta igual a 0,55; para Savanas Gramínea Lenhosa, Savana Parque e Savana Arbórea Aberta, 0,40; 0,39; e 0,42 respectivamente para o ano 2002, valores muito próximos dos encontrados neste estudo para o mesmo ano (0,45 para a Floresta sempreverde e 0,35 para o Cerrado denso). Ginciene e Bitencourt (2011), Couto Jr. (2011) também encontraram valores de EVI para este ambiente variando na ordem de 0,40 a 0,50. Infelizmente para a área moçambicana não foram encontrados trabalhos similares que pudessem validar este resultado.

## 5.2. Precipitação

Os dados de precipitação apresentaram uma dinâmica similar ao do EVI no que diz respeito a sazonalidade. Pelas características climáticas das áreas de estudo observa-se um marco que separa a estação seca da chuvosa, esta última mais longa que a primeira (Figura 5.3). O período chuvoso tem início repetitivamente no mês de outubro estendendo-se até ao mês de abril dando, deste modo, início da estação seca.

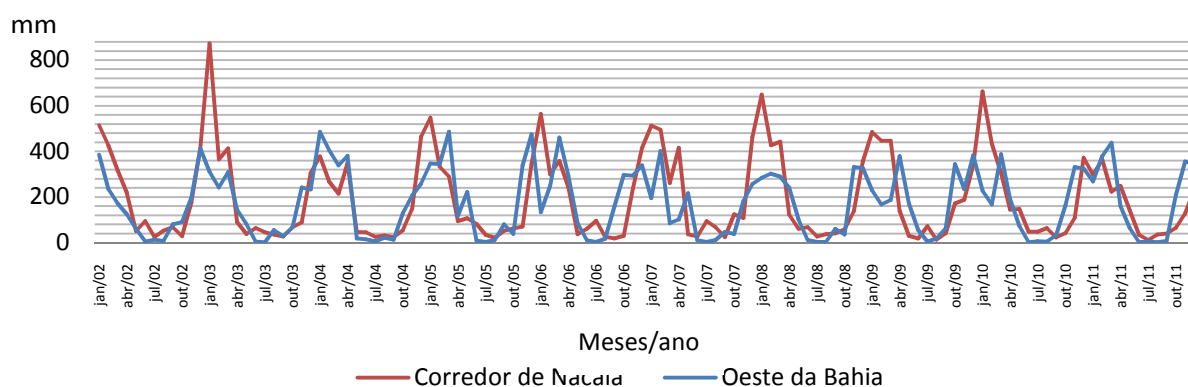


Figura 5.3: Variação da precipitação no período de 2002 a 2011 para as regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e Oeste da Bahia (Brasil).

Com base nos dados da Figura 5.3 observa-se picos de precipitação apontando para a área do Corredor de Nacala, revelando máximos absolutos mais elevados para esta região se comparado com a região do oeste da Bahia. Ainda sob medidas absolutas observa-se valores de precipitação média mensal elevada na maioria dos meses do ano para a área do Corredor de Nacala (Figura 5.4A); o mesmo acontece ao se observar os valores médios anuais (Figura 5.4B). Em termos comparativos, a região do Corredor de Nacala apresenta precipitação acumulada durante todo o período em análise de cerca de 22.836 mm, equivalente à média anual de 2.283 mm, contra cerca de 20.426 mm para a região oeste da Bahia, que equivale à média anual de cerca de 2.042 mm (vide Anexo 1).

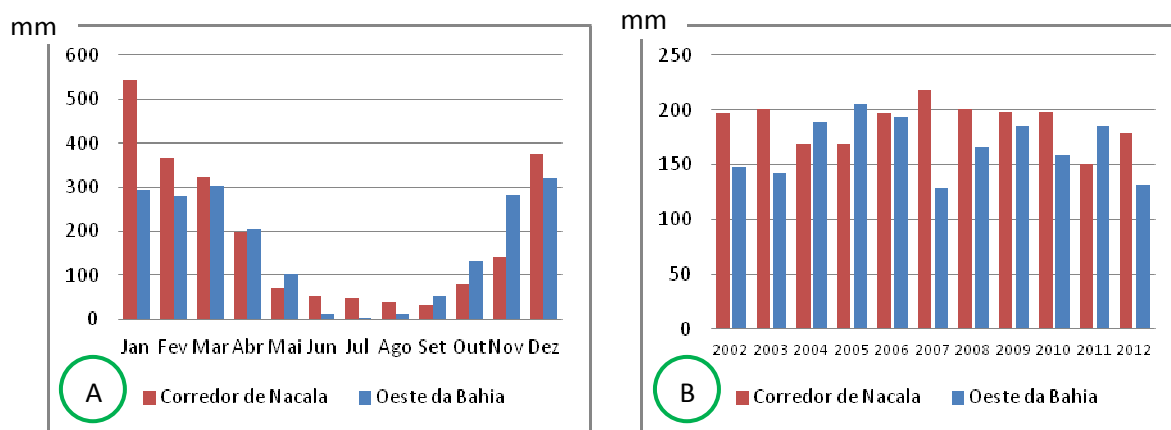


Figura 5.4: Precipitação média mensal (mm) no período de 2002 a 2011 (A); e precipitação média anual (mm) (B) para as áreas do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Esta diferença na precipitação média (~ 200 mm) entre as duas regiões é significativa, pois como se pode observar a partir da Figura 5.4B, a média anual não tem atingido esse valor na maioria dos anos nas duas regiões. Esse valor de diferença corresponde a quase um ano de precipitação nessas regiões.

No que diz respeito ao mapeamento da precipitação, a precipitação no Corredor de Nacala variou de 1.097 a 1.468 mm, e portanto, menor amplitude se comparado com os dados do oeste da Bahia (Figura 5.5). Esta distribuição favorece à questão da expansão agrícola na óptica do modelo brasileiro para esta variável, que considera precipitação anual > 1.000 mm pela possibilidade do desenvolvimento das culturas. Cerca de 68% da área apresentou precipitação entre 1.200 e 1.400 mm. Para a área do

oeste da Bahia a amplitude variou de 973 a 1.528 mm, representando maior amplitude em relação a região do Corredor de Nacala, porém nem toda a extensão do oeste da Bahia é favorável à expansão a partir do modelo em análise (Figura 5.5). Cerca de 67% da área é coberta por precipitação entre 1.000 e 1.200 mm.

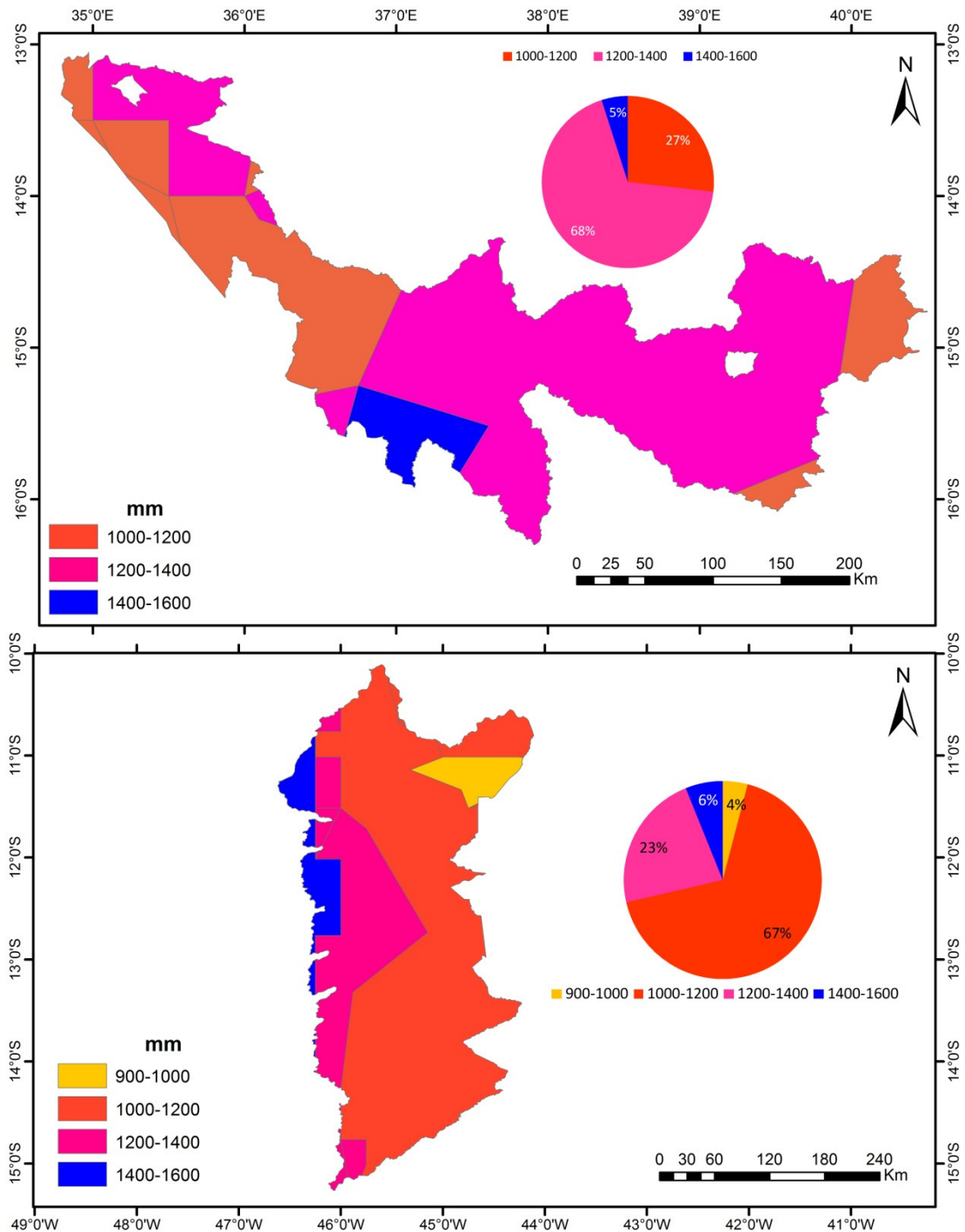


Figura 5.5: Distribuição da precipitação nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

As diferenças na distribuição espacial da precipitação para as duas áreas são de se considerar relevantes, pois podem refletir-se nas diferenças de umidade e podem ser o reflexo da variação da temperatura e da altitude. No entanto, dado ao fato da distribuição anual da precipitação ser mais contribuinte para a caracterização do ambiente dos ecossistemas destas regiões em relação aos valores absolutos, confere-se a partir destes dados similaridades.

### **5.3. Relevo**

Analisou-se para este tópico a altimetria e a declividade, estando estas duas variáveis intimamente ligadas. A partir das análises destas variáveis observou-se que a região do Corredor de Nacala por apresentar maior variação altimétrica (24 a ~ 2400 m) apresentou maiores áreas íngimes (declividades acima de 12%) se comparada com a área do oeste da Bahia cuja variação altimétrica é de 421 a ~ 1200 m (Figura 5.6). A altimetria é fundamental no processo de expansão pois ela influencia a temperatura do ar e esta por sua vez o clima (NAKATA e COELHO, 1978).

De acordo com Dury (1972) apud Fritzens (2008), a temperatura do ar é influenciada também pela latitude e longitude e, normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente 1 °C/100m (gradiente adiabático do ar seco).

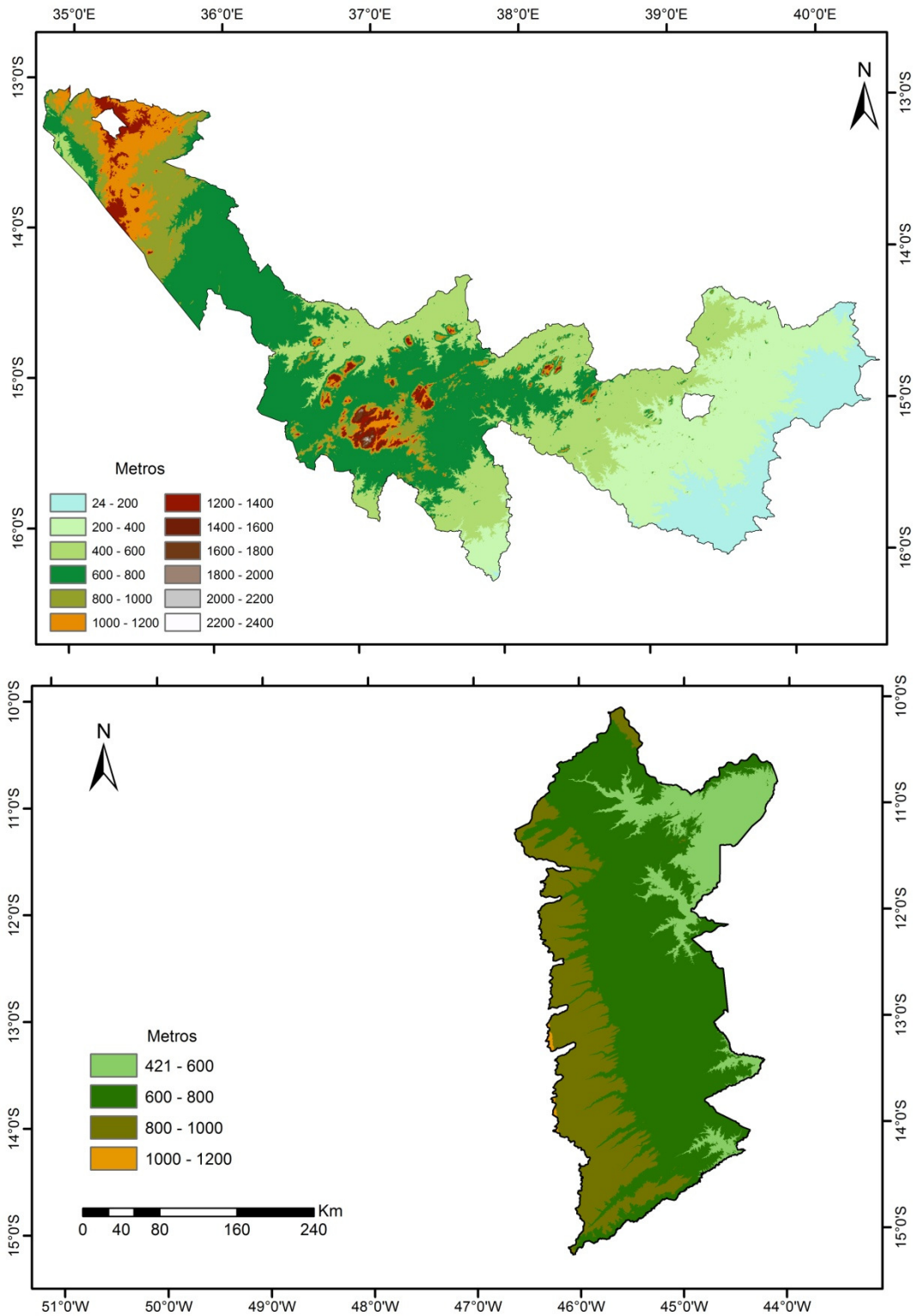


Figura 5.6: Variação altimétrica do relevo nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Com base nos dados altimétricos observa-se uma diferença na variação altimétrica de ~ 1.200 m depois do limite superior. O que vai influenciar na variação de outros parâmetros a ele relacionados (temperatura do ar, circulação dos ventos, etc).

A Figura 5.7 apresenta as proporções das classes hipsométricas nas áreas de estudo.

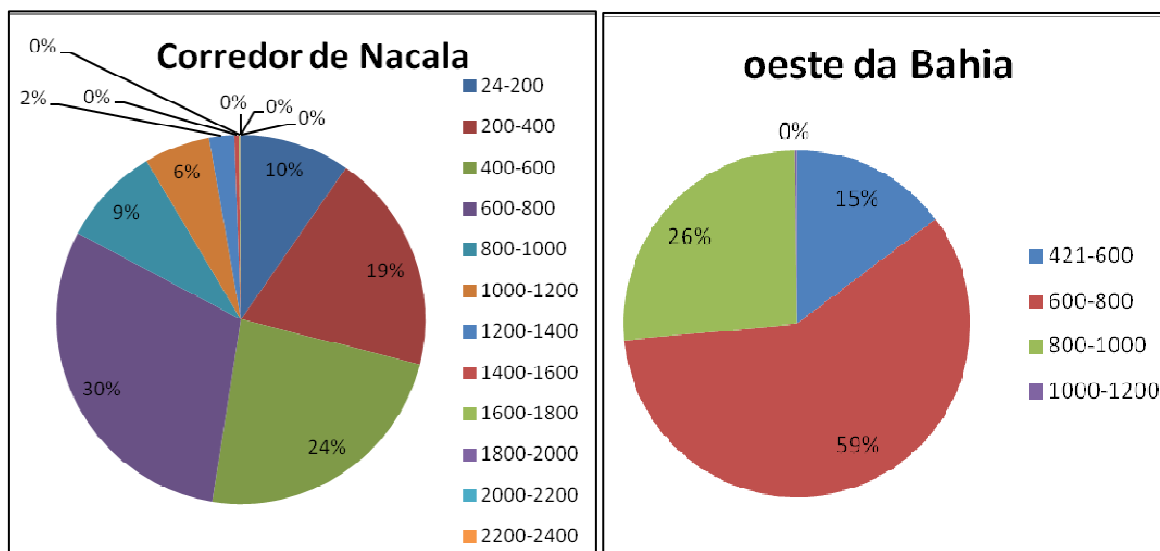


Figura 5.7: Distribuição das classes altimétricas (em metros) nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Pelas formas de relevo consideradas em Moçambique (MUCHANGOS 1999), é possível através da Figura 5.7 observar as planícies com altitude até 200 m (10%) mais na parte costeira a leste, médios e altiplanaltos com altitude variando de 200 a 1.000 m (82%) na área central e ocidental e algumas serras e montanhas com altitude acima de 1.000 m (8%) distribuídas na parte central e ocidental. A forma planáltica e de maior domínio nesta área.

Já para o lado de oeste da Bahia, pode-se observar o Chapadão São francisco dominando maior extensão da área (quase toda a extensão ~ 85%) e que inclusive é onde se consolidou a expansão pela característica de ser uma área plana, favorável a implantação de maquinaria para o preparo da terra para o cultivo (SCHEID et al., 2013). Outras formas morfoestruturais que se observam nesta área são a depressão de São Francisco que dá início ao chamado Planalto Ocidental (BATISTELLA et al., 2002).

No que se refere à declividade, ambas as regiões apresentam todas as classes consideradas para este estudo, sendo ambas dominadas por terrenos planos com



declividades até 3% (cerca de 67% para Corredor de Nacala e 70% para oeste da Bahia) (Figura 5.8).

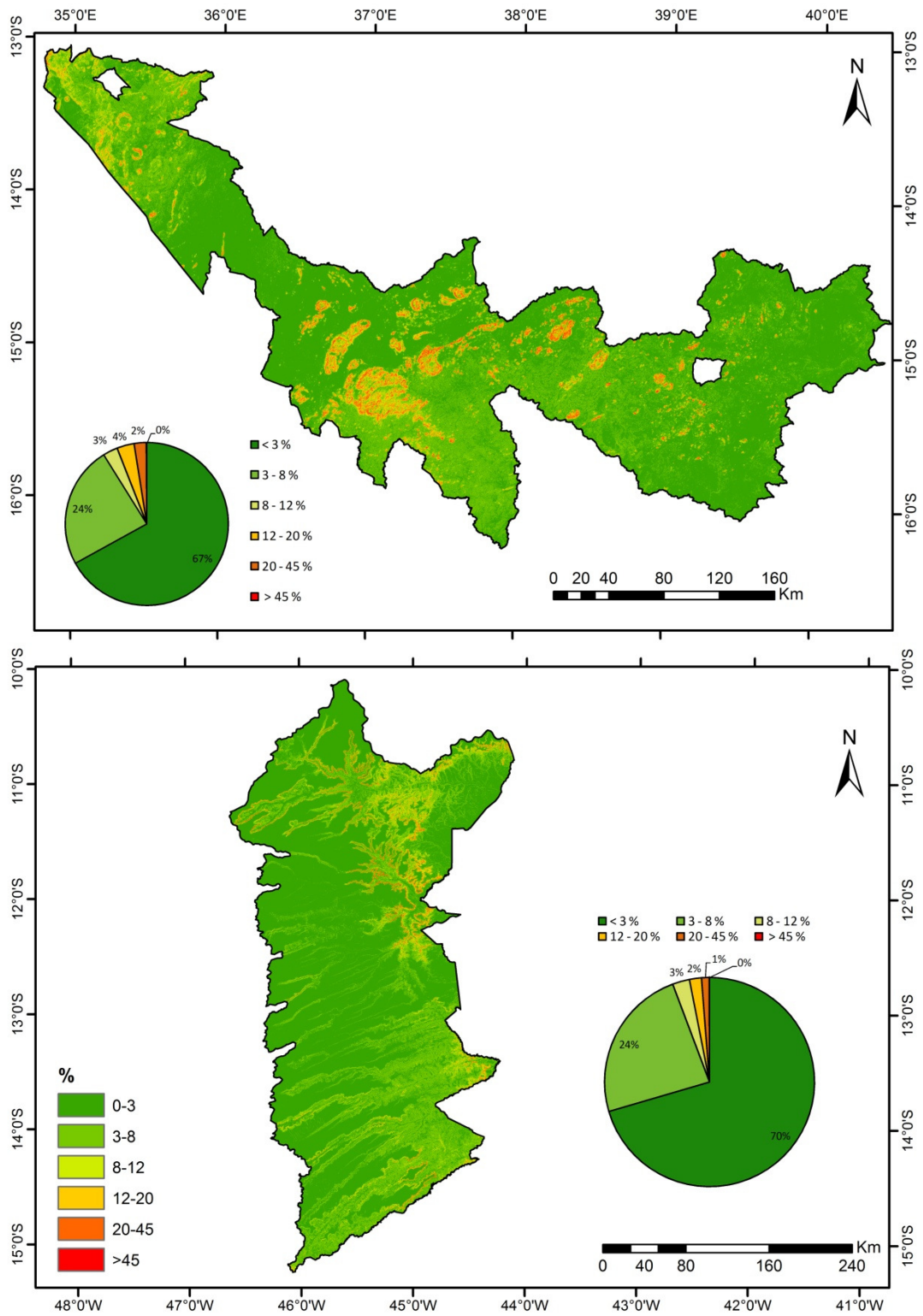


Figura 5.8: Variação da declividade nas nas regiões do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Considerando de forma isolada, as influências desta variável geomorfométrica para o processo de expansão agrícola observa-se favorecimento para esta atividade uma vez que ao considerar o limite máximo para tal (até 12%) há disponibilidade de cerca de 94% de total da área para a região moçambicana. Essa característica morfométrica favoreceu a expansão agrícola nos Cerrados brasileiros.

Silva et al. (2007) referiu que no topo plano de vertentes ocupadas por solos acentuadamente drenados, como os Latossolos, a erosão hídrica é incipiente, o que favorece o acúmulo de matéria orgânica, que, com o passar do tempo, vai sendo cada vez mais humificada.

#### **5.4 Solos**

De acordo com as classificações dos solos adotadas nesta pesquisa, foram encontrados os seguintes tipos de solos, conforme a Figura 5.9.

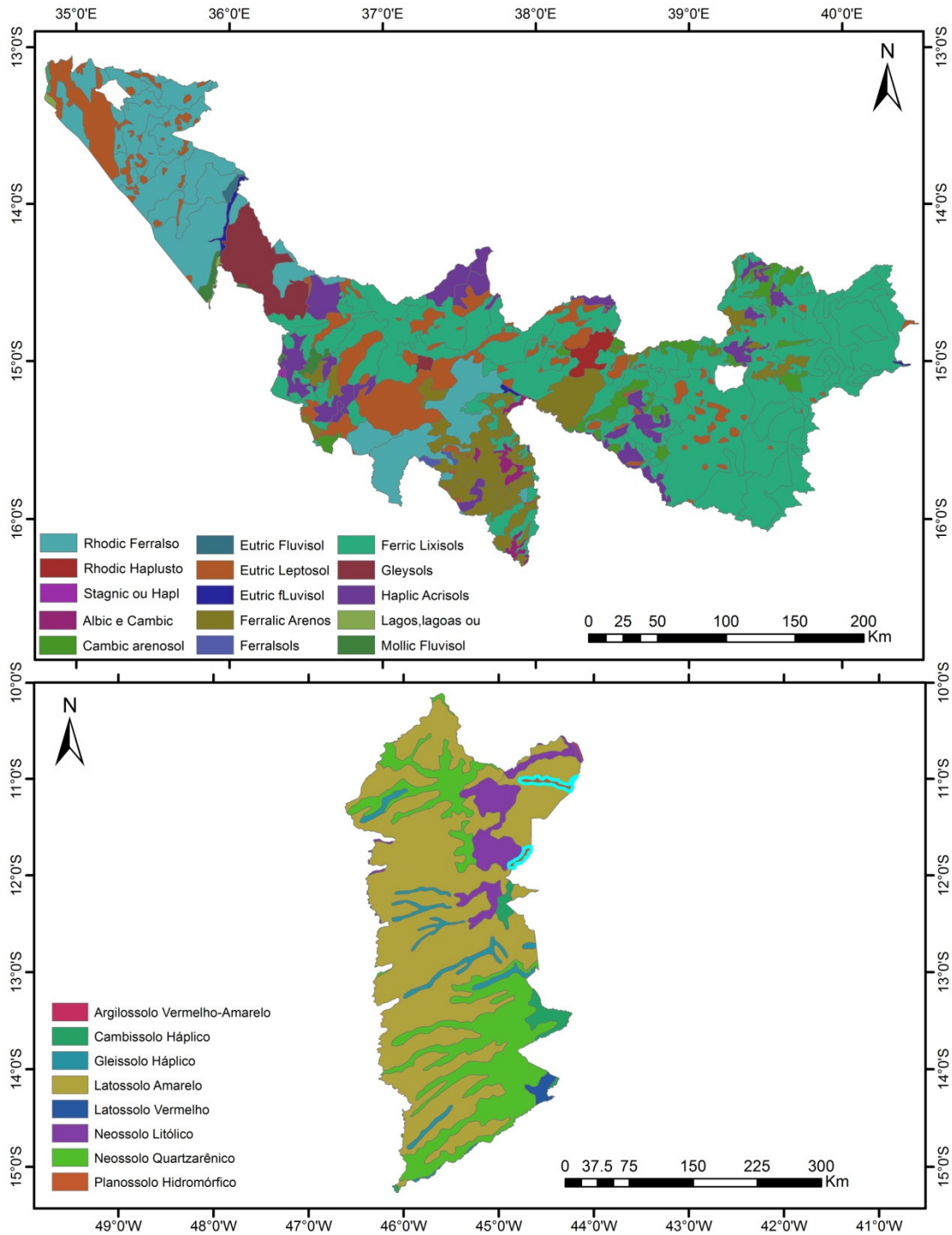


Figura 5.9: Distribuição dos tipos de solos de acordo com as classificações do SiBCS (para oeste da Bahia) e da FAO (Para Moçambique). Fontes: Embrapa (1978) e INIA (1994).

Através dos mapas da Figura 5.9 observa-se claramente predomínio dos Lixisols (31%) e Ferralsols (29%) na região do Corredor de Nacala, que em termos de

características, os primeiros têm origem em rocha profundamente meteorizada e fortemente lixiviada, não consolidada, principalmente depósitos aluviais e coluviais. Possuem estabilidade estrutural relativamente baixa que nos Ferralsols e Acrisols devido ao pH relativamente alto e Capacidade de Troca de Anions (CTA) baixa; níveis baixos de nutrientes disponíveis, baixas reservas de nutrientes, melhor fertilidade que em Ferralsols e Acrisols, com fixação do fósforo menor (CTA baixo) e toxicidade de Alumínio ausente; susceptível à erosão no terreno inclinado devido a estrutura instável da camada superficial (INIA, 1997; MINAG, 2010).

Os segundos tiveram sua origem em material Pré-meteorizada, principalmente matéria antiga transportada. Em termos estruturais, possuem porosidade excelente, permeabilidade boa e infiltração alta (micro-agregados estáveis, muitos bio-poros), estrutura estável (argilosa, alta percentagem de óxidos de ferro (CTA) e caolinito (CTC)); fertilidade pobre, baixa Capacidade de Troca de Cátion (CTC) efectiva, CTA por vezes mais alta do que CTC (pH KCl > pH água), alta fixação de fósforo, carências de N, K, Ca, Mg e S, toxicidade de Al e/ou Mn; menos susceptíveis à erosão que os primeiros (INIA, 1997; MINAG, 2010).

Para questões de uso, os Ferrasols são fisicamente bons e quimicamente pobres; calagem e adubação completa são obrigatórias para uma agricultura sedentária sustentável. Os Lixosols apresentam baixa reserva de nutrientes, estrutura instável da camada superficial, crostamento, tornando a conservação de solo importante e essencial (INIA, 1997).

Para questões de manejo, aos Lixisols recomenda-se evitar a lavoura quando molhado ou o uso de máquinas pesadas porque provocam compactação. Lavoura mínima, prevenção da erosão, lavoura segundo as curvas de nível, cobertura morta e uso de culturas de cobertura, pois favorecem a conservação do solo. A aplicação fraccionada de adubos é de preferência (CTC baixa). Em relação aos Ferralsols, a maioria dos nutrientes encontra-se nos primeiros 10 a 50 cm, portanto, a agricultura sedentária de subsistência com baixos níveis de insumos leva a um esgotamento rápido de nutrientes. A manutenção de matéria orgânica, tipo, modo e tempo de aplicação de adubo são extremamente importantes (INIA, 1997).

De um modo geral, a maioria dos solos, apresenta textura franco-arenosa e a taxa de argila cresce substancialmente com o aumento da profundidade. São pobres em nutrientes, maioritariamente ácidos (pH entre 4-6), com baixa disponibilidade de fósforo

e baixa capacidade de troca catiónica. A maioria dos nutrientes incorporados no solo provém da decomposição das folhas que caem no solo (RIBEIRO et al., 2002).

As proporções das outras classes de solos são apresentadas na Figura 5.10 de onde se pode ter a ideia da influência dos mesmos nos ambientes abordados nesta pesquisa (Cerrado e Miombo) com base em sua proporção.

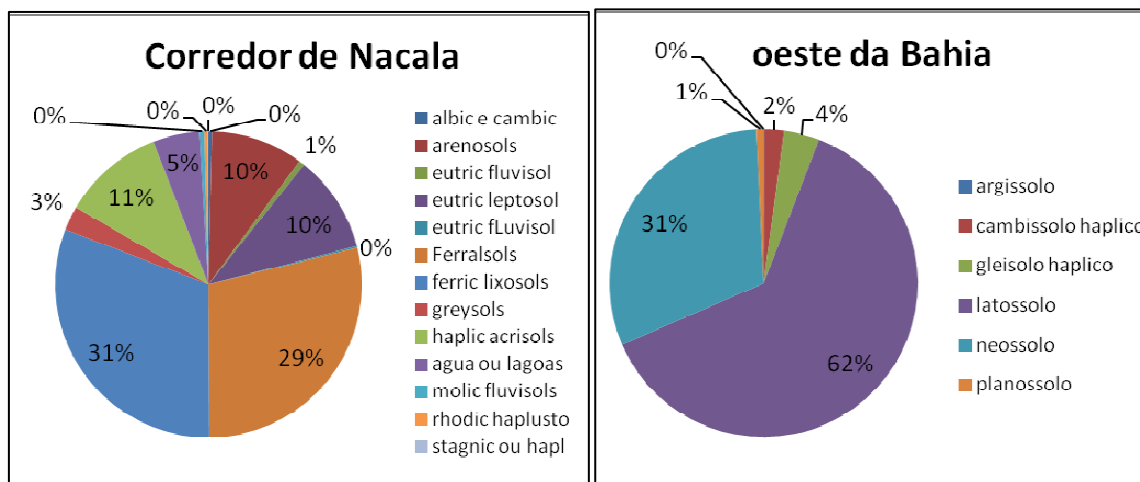


Figura 5.10: Relação proporcional dos tipos de solos nas áreas de Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Para a região oeste da Bahia verificou-se predomínio dos Latossolos (62%) e Neossolos (31%). Os Latossolos são solos minerais, não hidromórficos, em avançado estágio de intemperização, virtualmente destituídos de minerais primários (facilmente intemperizáveis), formados por uma mistura, em que predominam óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio, ou argilo-minerais 1:1, de capacidade de troca de cátions (CTC) muito baixa. Os valores predominantes de pH nos Latossolos situam-se entre 4,0 e 5,5, o que caracteriza solos fortes a medianamente ácidos (OLIVEIRA, 2009).

Em relação ao manejo, a perda da matéria orgânica na camada arável pela queima do forte calor ou erosão reflete diretamente na redução da CTC da camada arável e o solo fica menos produtivo ao longo do tempo. Assim, uma grande ênfase deve ser dada à manutenção da matéria orgânica nestes solos mais intemperizados. Uma vez que possuem baixa capacidade de retenção de água; são muito ácidos, e são dotados de alta saturação em alumínio, o efeito da estiagem neste caso é mais acentuado do que nas áreas onde o volume de solo explorado pelas raízes é maior (RAMALHO e BEEK, 1995; OLIVEIRA, 2009).

Problemas relativos à baixa capacidade de retenção de água destes solos podem ser minimizados na medida em que se adotem sistemas em que o solo esteja sempre coberto por palha, o que contribui para a diminuição da evaporação e da temperatura do solo e, ao mesmo tempo, ocorre aumento na matéria orgânica favorecendo o armazenamento de água no solo (SILVA et al., 2007).

Os Neossolos apresentam predomínio de características herdadas do material originário (sedimentos aluviais até materiais provenientes da decomposição de rochas do cristalino (pré-cambriano)), sendo definido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) como solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico. Podem apresentar alta (eutróficos) ou baixa (distróficos) saturação por bases, acidez e altos teores de alumínio e de sódio. Variam de solos rasos até profundos e de baixa a alta permeabilidade.

Relativamente ao manejo, os Neossolos de áreas mais planas requerem, em geral, correção de acidez e de teores nocivos de alumínio para a maioria das plantas e de adubação de acordo com a necessidade da cultura. Para os Neossolos de encostas, além destas, há necessidade do uso de práticas conservacionistas devido à forte suscetibilidade aos processos erosivos (GOEDERT, 1987).

Em referência ao potencial agrícola, os Neossolos, principalmente os de maior fertilidade natural (eutróficos) e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. No entanto, os de baixa fertilidade natural (distróficos) e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez. Em ambientes de relevos mais declivosos, os Neossolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à restrição a mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos (PEREIRA, 1994).

As características físicas dos solos de ambas regiões são no geral similares, porém apresentam algumas diferenças nas propriedades químicas que suscitam aplicação de técnicas de manejo e uso diferenciadas. Contudo apresentam potencial para a agricultura sendo necessário a aplicação de técnicas de manejo adequadas, isto é conforme as suas características físicoquímicas.

Em relação à textura, com base nas classes texturais definidas para o zoneamento agrícola e risco climático brasileiro, foram encontrados nas áreas de estudo todas as variações texturais. Em termos comparativos tanto a área do Corredor de Nacala bem como do oeste da Bahia apresentaram predomínio da variável textural

média abrangendo uma área equivalente a 53% e 66% para área moçambicana e brasileira respectivamente (Figura 5.11).

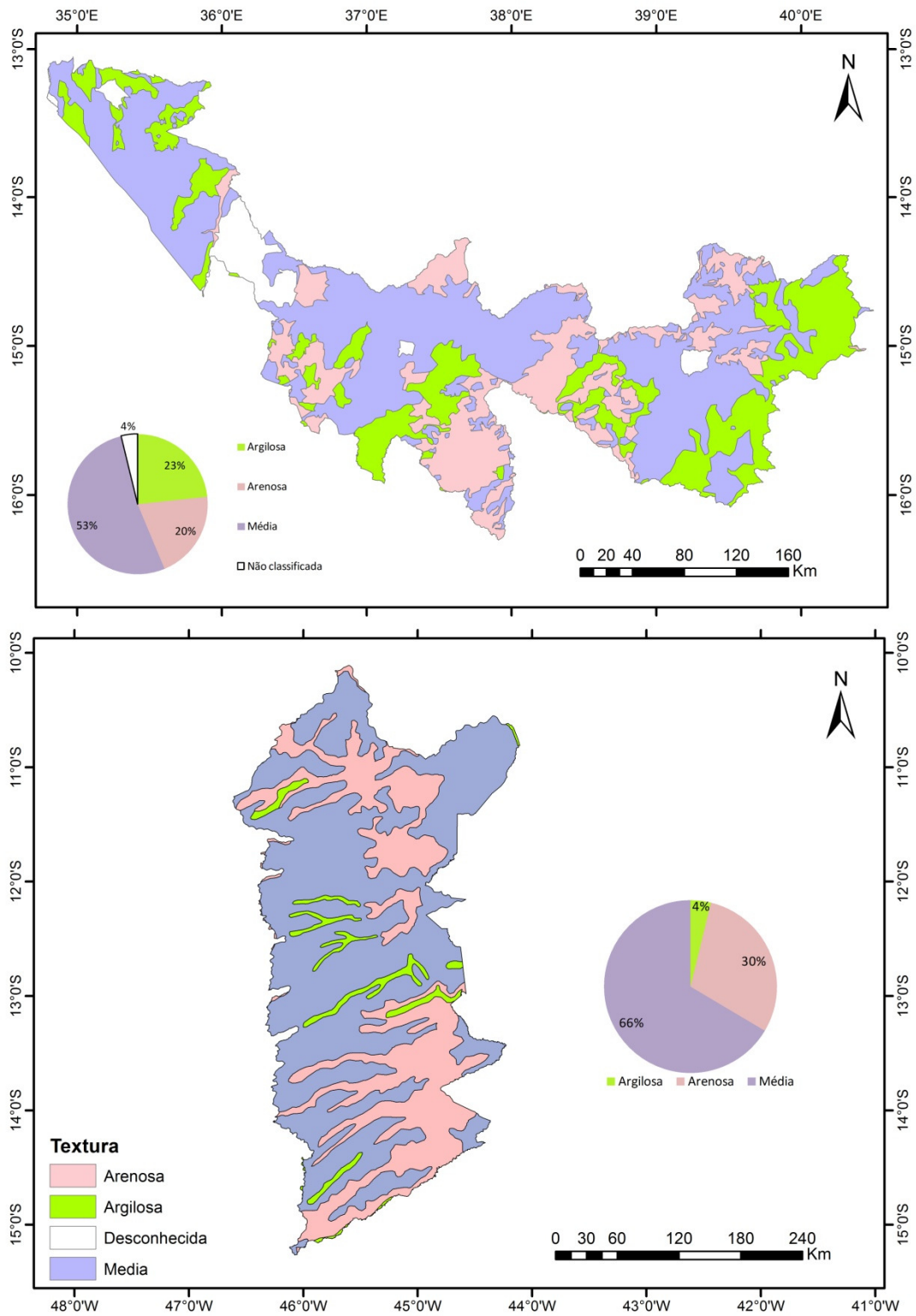


Figura 5.11: Variação textural dos solos na região do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

Observa-se ainda na área moçambicana presença de uma classe não classificada que corresponde a 4% que pode conter qualquer uma das classes consideradas e por isso desprezada, também pelo fato de ser ínfima (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Proporções das classes texturais na região do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

| Corredor de Nacala |                |            | Oeste da Bahia  |                |            |
|--------------------|----------------|------------|-----------------|----------------|------------|
| Classe textural    | Área (ha)      | %          | Classe textural | Área (ha)      | %          |
| Argilosa           | 1526810        | 23.29      | Argilosa        | 328741         | 3.80       |
| Arenosa            | 1338400        | 20.42      | Arenosa         | 2570960        | 29.73      |
| Média              | 3440310        | 52.49      | Média           | 5748480        | 66.47      |
| Não classificada   | 249036         | 3.80       | -               | -              | -          |
| <b>Total</b>       | <b>6554556</b> | <b>100</b> | -               | <b>8648181</b> | <b>100</b> |

Fonte: Elaborada pelo autor.

A presença considerável de solos com textura argilosa na área moçambicana (23%) se comparada com a região oeste da Bahia (4%) é um elemento que diferencia as duas regiões pois em termos comparativos os solos de textura argilosa possuem a vantagem de maior capacidade de retenção da água, elemento essencial para a planta, o que pressupõe a adoção de técnicas de manejo diferenciadas entre solos de texturas distintas.

De um modo grosseiro, de acordo com o modelo de zoneamento agrícola e de risco climático, pode se considerar 76% de toda área do Corredor de Nacala (representadas pelas texturas argilosa e média) com menor riscos para o desenvolvimento das culturas em função de perda de água, comparados com cerca de 70% para o oeste da Bahia.

Salientar que para o zoneamento, além dos dados biofísicos analisados neste estudo, são necessários dados fenológicos e de produtividade, os quais não foram incluídos nesta pesquisa. Estudos complementares são necessários para a análise do risco climático.



## 5.5. Áreas potencialmente agrícolas na região do Corredor de Nacala

A área estimada como potencial agrícola neste tópico foi calculada com base no modelo brasileiro que foi tido como referência neste estudo, uma vez que há indicação que o ProSAVANA se espelhe no mesmo. Esse modelo considerou como principais variáveis para a análise de potencial e expansão agrícola os seguintes: terrenos planos, com declividade até 12% e pluviosidade acima de 1.000 mm, ignorando as características químicas dos solos pelo desenvolvimento de técnicas agrícolas (SCHEID et al., 2013).

Contudo, além dos dados acima apresentados, foram ainda incluídos para a modelagem, as áreas de restrições ao longo da rede hidrográfica (até 50 metros ao longo das margens dos rios) avaliadas em cerca de 56.289 hectares, e as áreas de reserva florestal (áreas protegidas), nomeadamente as reservas florestais de Mecuburi, Macapué e Ribáuè avaliadas em cerca de 58.364 hectares e o mapa de uso de solo, uma vez que dada a realidade distinta dos dois países há necessidade do ajuste do modelo para a realidade moçambicana. Deste modo, para a modelagem final com vista à determinação e cálculo das áreas favoráveis usou-se como dados de entrada: declividade até 12% (cerca de 94%), precipitação acima de 1.000 mm (100%), áreas de proximidade aos recursos hídricos de cerca de 50 metros conforme a legislação moçambicana (0.9%), áreas de reservas florestais (0.9%) e mapa de uso do solo.

Com base nesses dados, foi possível encontrar áreas favoráveis à expansão agrícola avaliadas em cerca de 4.827.960 hectares, correspondentes a 73% de toda extensão da área de estudo (Figura 5.12).

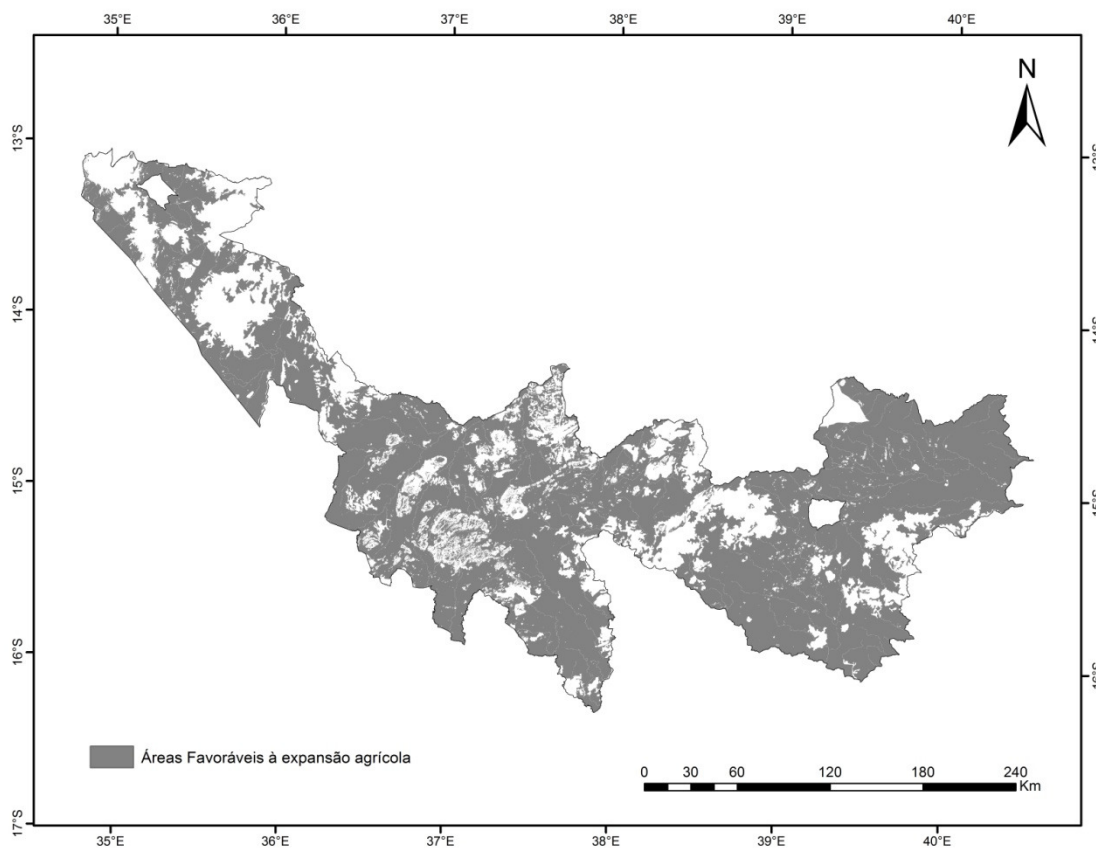


Figura 5.12: Distribuição das áreas potencialmente agrícolas na região do Corredor de Nacala.

Se o processo de expansão agrícola dependesse apenas destas variáveis físicas, podia-se afirmar que cerca de 4.8 milhões de hectares possuem potencial agrícola. Entretanto, convém ressaltar que, o processo de expansão envolve igualmente variáveis social, económica e ambiental, as quais não foram alvo deste estudo, e profundamente abordados em documentos específicos tais como a Lei de Terras moçambicana (Lei 19/97) que estabelece os princípios básicos para o acesso e a segurança de posse da terra, tanto para os camponeses moçambicanos bem como para os investidores nacionais e estrangeiros, e o seu regulamento (Decreto n.º 66/98), a Lei de Florestas e Fauna Bravia (Lei 10/99) que estabelece os princípios e normas básicas sobre a proteção, conservação e utilização sustentável dos recursos florestais e faunísticos e o seu regulamento (Decreto n.º 12/2002), a Lei de Ordenamento Territorial (Lei n.º. 19/2007), a Lei do Ambiente (Lei n.º. 20/97) dentre outras.

Por outro lado, são mencionadas situações que caracterizam a situação socioeconómica e perfil demográfico do povo moçambicano que podem interferir

negativa ou positivamente no processo de expansão agrícola. A questão fundiária moçambicana que privilegia às comunidades locais no que se refere ao acesso e posse à terra segundo práticas costumeiras é um fator que pauta negativamente ao modelo de expansão brasileira que se desenvolveu num contexto distinto em que a terra era propriedade privada podendo ela ser vendida, dentre outros aspectos.

Outro aspeto é referente à situação agrária que segundo dados do último censo agro-pecuária (2009/10), aproximadamente 100% dos estabelecimentos agrícolas eram de pequena escala sendo que a área cultivada era de aproximadamente 2 ha. A maioria desses estabelecimentos são pertencentes aos pequenos agricultores que através delas tiram o sustento para suas famílias. Sob ponto de vista socioeconómico, esse fator pauta negativamente para a implementação do modelo brasileiro uma vez que as áreas consideradas como potenciais neste estudo, cruzam com as terras utilizadas para fins agrícolas pelas comunidades, porém sob ponto de vista ambiental pode ser que não, uma vez que a utilização de técnicas modernas ambientalmente recomendadas como sistemas de plantio direto, rotação de culturas tendem a ser utilizadas em grandes plantações.

A agricultura moçambicana, principal setor da atividade, esteve estagnada no tempo e no espaço, não por falta de iniciativas, mas talvez, pela fraca vontade política. Já houve projetos, outros ainda em curso, com vista melhorar a situação agrária local, contudo o cenário ainda deixa muito a desejar. O ProSAVANA pode estar sob ameaça do fracasso, pois autores como Siteo (2005) acreditam que as melhorias do cenário agrícola local passam necessariamente do fortalecimento da agricultura familiar (praticada pela maioria da força produtiva moçambicana).

## **5.6. Similaridades e desassimiliradades**

Os dados desta pesquisa, tal como Goedert et al. (2008) mencionaram, estabelecem relações de causa e efeito na determinação destes ecossistemas, o que significa a alteração de um dos fatores, irá afetar os outros ou por outra, as diferenças regionais de um deles podem significar diferenças dos demais. Das relações que se podem estabelecer pode-se citar algumas como: relações entre a latitude, a altitude, continentalidade; temperatura, água e clima (CHRISTOPHERSON, 2006).

A área de estudo brasileira apresenta maior extensão no sentido latudinal, ao passo que a área moçambicana, apresenta no sentido longitudinal. Por outro lado a

região brasileira encontra-se no interior (parte continental) e a região moçambicana estende-se desde a costa em direção ao interior e por essa razão a topografia da região moçambicana vai obedecer uma tendência de escadaria no sentido mar-continente onde encontram-se planícies costeiras na parte costeira, planaltos e alti-planaltos e por fim regiões montanhosas. Essas características pressupõem situações distintas dos processos de formação dos ecossistemas dessas duas áreas.

Diante desse pressuposto, pode-se considerar as seguintes situações: i) Baixas temperaturas limitam desenvolvimento das plantas em altas altitudes; ii) a falta e o excesso de água limita, respectivamente o desenvolvimento das plantas em áreas desérticas e pantanosas; iii) mudanças de níveis de salinidade afetam ambientes aquáticos, dentre outras (CHRISTOPHERSON, 2006).

Com base nos resultados apresentados nos tópicos anteriores, referentes aos dados de vegetação, precipitação, relevo e solos, pode-se fazer as seguintes leituras:

Com base na variação anual do EVI e da precipitação, percebeu-se tratar-se de ambientes similares (savanas tropicais) cujo marco importante é a sazonalidade da vegetação em função da sazonalidade da precipitação que se caracteriza por duas estações bem distintas: estação seca e chuvosa. Porém, comparando os valores refletidos pela Floresta sempreverde e Cerrado denso, percebeu-se que ambos se distinguem o que chama atenção às características intrínsecas das formações vegetais presentes em cada um dos ecossistemas, o que já foi mencionado por outros autores como Rizzini (1963) e Eiten (1986). Por um lado destaca-se uma formação savânica que se desenvolve nos terraços/planaltos com poucas variações altimétricas (oeste da Bahia) e por outro lado, uma formação savânica que se desenvolve em ambiente topográfico bem diversificado (Corredor de Nacala).

Em relação à precipitação, a mesma atenção se apela quando se analisa a precipitação acumulada e média dos 10 anos. Os elementos que favorecem a precipitação podem diferir em função do relevo e da continentalidade. Diferenças de 200 mm no valor médio da precipitação são significativas, pois este valor corresponde aproximadamente à precipitação média anual da série analisada, além de poder refletir na evapotranspiração e humidade do ar. Diante dessas diferenças, sob ponto de vista de quantidade de chuva existem diferenças entre os dois ambientes.

Em relação ao relevo, particularmente para a declividade, observou-se uma correspondência proporcional entre as classes escolhidas e diante desse fato pode-se

afirmar, que sob ponto de vista desta variável, as duas regiões apresentam similaridades. O mesmo não se pode dizer quando do ponto de vista da altimetria. Por um lado, observou-se alta variação altimétrica para a região moçambicana sendo duas vezes mais elevada em relação à região oeste da Bahia. Essas diferenças têm implicações sobre a circulação do ar, variação da precipitação, tipos de solos, e variação da temperatura do ar (DURY, 1972 apud FRITZONS, 2008) o que de certo modo, explica as diferenças nas classes de vegetação analisadas.

Em relação aos solos, observou-se algumas diferenças no que diz respeito às proporções texturais analisadas. No entanto, quanto às características físico-químicas observou-se, de grosso modo, tendências de similaridades, porém, de forma específica há que realçar diferenças devido aos processos inerentes à sua formação, sua idade, que se distinguem entre as regiões.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados e na metodologia desta pesquisa, chegou-se à conclusão de que as regiões do oeste da Bahia e Corredor de Nacala de um modo genérico tende a ter características similares, porém de forma mais específica e do ponto de vista vegetacional, climático, topográfico e edáfico preservam diferenças significativas que carecem ser aprofundados em outros estudos mais específicos. No entanto, cerca de 73%, da área, correspondente a 4.8 milhões de hectares foi considerada potencialmente agrícola de acordo com os parâmetros biofísicos considerados e do modelo de expansão adotado pelo PRODECER (Brasil).

Este resultado não levou em consideração aspectos socioeconômicos, ambientais e perfil demográfico, além de ter sido mais generalista. Diante desse fato, recomenda-se, por um lado, a realização de outros estudos que levem em consideração os aspectos sociais e ambientais e ainda estudos que possam aprofundar mais os dados desta pesquisa. Por outro lado, tratando-se de uma iniciativa inovadora para a realidade moçambicana, encoraja-se maior envolvimento da população e da comunidade acadêmica em geral para que direcione suas atenções nesse programa com vista evitar impactos indesejados que não foram previstos aquando da implementação do programa homólogo nas regiões brasileiras.

De um modo geral, os resultados desta pesquisa são uma contribuição chave, uma vez poder servir de apoio para trabalhos subsequentes. Podem auxiliar no direcionamento de ações com vista ao melhoramento do cenário agrícola moçambicano.

A abordagem metodológica é relativamente simples e pode ser aplicada em outros estudos similares.

## Referências

ANDERSON, L. O. Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS. 2004. f. **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2004.

ANDERSON, L. O; SHIMABUKURO, Y. E. Monitoramento da cobertura terrestre: Fenologia e alterações antrópicas. In RUDORFF, B., SHIMABUKURO, J., e CEBALLOS, J.(Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: Ed. Parênteses. 2007.

AQUINO, F.; AGUIAR, L. Caracterização e conservação da biodiversidade do bioma Cerrado. In FALEIRO, F.; SOUSA, E. (Org.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. 2007.

ARAGÃO, J.; ARAI, E.; SHIMABUKURO, Y. Preparação dos produtos MODIS para aplicações operacionais como o Projeto DETER (Detecção de áreas desflorestadas em tempo quase real). In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, **Anais INPE**, p. 2531-2537.

ARAI, E.; FREITAS, R. Pré-Processamento. In RUDORFF, B., SHIMABUKURO, J., e CEBALLOS, J.(Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: Ed. Parênteses. 2007.

ASSAD, E., SANO, E. MASUTOMO, R., CASTRO, L. e SILVA. F. Veranicos na região de Cerado brasileiro. Frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 28, n. 9. Fev. 1993. p. 993-1003.

BAHIA. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Política de desenvolvimento regional para o oeste da Bahia. (**Cadernos CAR 1**). Salvador, Ba: CAR, p. 68. 1993.

BAHIA. Mudanças sociodemográficas recentes: região Oeste. Salvador, Ba: SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia **Estudos e pesquisas** v 49. ISBN 8585976284, p. 124. 2000.

BARROS, R.; CRUZ, C. Avaliação da altimetria do modelo digital de elevação so SRTM. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis, Brasil, 21-26/04/2007, **Anais INPE**, p. 1243-1250. 2007.

BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E.; VIEIRA, H.; VALLADARES, G.; MANGABEIRA, J.; ASSIS, M. Monitoramento da expansão agropecuária na região oeste da Bahia. Embrapa - Monitoramento por satélite. **Documento 20**. Campinas - SP. p. 39. 2002.

BATISTELLA, M.; BOLFE, E. (Org.). **Paralelos: Corredor de Nacala**. Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010.

BERNARDES, G.; TAVARES, G.; MORAIS, R.; SILVA, A.; VILAR, W. Urbanização e impactos da expansão Sucroalcooleira: Estudo dos municípios goianos (1970-2010); in PIETRAFESA, P.; SILVA, S. (Org.) **Transformações no Cerrado: Progresso, Consumo e Natureza**. Editora: PUC-Goiás. Goiânia p. 47-67. 2011.

BERTALANFFY, L. **General system theory: foundations, development, applications**. New York, NY: George Braziller, p. 289. 1968.

BOLFE, E.; BATISTELLA, M.; CUSTÓDIO, D.; JALANE, O.; PUGLIERO, V. WebGIS Moçambique: organização das bases de dados espaciais para a plataforma GeoServer. **Documentos** 87. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, SP. 2011.

BOLFE, E.; BATISTELLA, M.; RONQUIM, C.; HOLLER, W.; MARTINHO, P.; MACIA, C.; MAFALACUSSER, J. Base de dados geográficos do “Corredor de Nacala”, Moçambique. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – (SBSR), Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, **Anais INPE**, p.3995. 2011.

BOLVIN, D. **Algorithm 3B-43 User's Guide**. Version 1.5 August, p. 27. 1999.

BORGES, E. F. Discriminação e caracterização fenológica de classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Oeste da Bahia a partir de séries temporais do sensor MODIS. **Tese de doutorado**. Pós-graduação em Geociências Aplicadas. Brasília – DF, 2014.

BRADLEY, B. A.; JACOB, R. W.; HERMANCE, J. F.; MUSTARD, J. F. A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 2, p. 137-145, 2007.

BRANCO, P.; JACQUES, P.; PERROTTA, M.; ROCHA, W. Integração de Mapas Multi-Temáticos em Exploração Mineral utilizando Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações com Dados de Prospecção Geoquímica. In: Licht, Otávio Augusto Boni; Silva, Cássio R.; Mello, Carlos Siqueira Bandeira. (Org.). **Prospecção Geoquímica de Depósitos Minerais Metálicos, Não-Metálicos, Óleo e Gás**. Rio de Janeiro: SBGq/CPRM, v. 1, p. 373-432. 2008.

BRIASSOULIS, H. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. In: **WebBook of Regional Science** Ed. S Loveridge, Regional Research Institute, West Virginia University, Morgantown, WV, 2000. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>, Acesso em: 20 mar. 2013.

BRIASSOULIS, H. Factors influencing land-use and land-cover changes. University of the Aegean Mytilini, Lesvos, Greece, **LAND USE, LAND COVER AND SOIL SCIENCES-VOL I**, [2003?].



BRIASSOULIS, H. Land-use policy and planning, theorizing, and modeling: lost in translation, found in complexity? *Environment and Planning B: Planning and Design*. **Advance online publication**. 2007.

BURROUGH, P. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**, Clarendon Press, Oxford, 1986.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 255p. 2003.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD. E. D., SANO E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CAMPBELL, B. **The Miombo in Transition. Woodlands and Welfare in Africa**. CIFOR. Bogor, Indonesia. 266 p. 1996.

CAMPBELL, B. M.; LUCKERT, M. **Uncovering the Hidden Harvest. Valuation Methods for Woodland and Forest Resources**. Earthscan, London. 2002.

CARVALHO-JÚNIOR, O. A.; HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n. 3, p 319-332, 2006.

CASTRO, K.; MARTINS, E.; GOMES, M.; REATTO, A.; LOPES, C.; PASSO, D.; LIMA, L.; CARDOSO, W.; CARVALHO JUNIOR, O.; GOMES, R. Caracterização geomorfológica do município de Luis Eduardo Magalhães, Oeste Baiano, Escala 1:100000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 288, Embrapa – Cerrados, Planaltina-DF, 2010.

CASTRO, K.; MARTINS, E.; GOMES, M.; REATTO, A.; PASSO, D.; LIMA, L.; CARVALHO JUNIOR, O.; GOMES, R. Caracterização geomorfológica do município de Jaborandi, Oeste Baiano, Escala 1:100000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 285, Embrapa – Cerrados, Planaltina-DF, 2010.

CENACARTA. Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção. **Informação geoespacial sobre Moçambique**. Disponível em: <<http://www.cenacarta.com>>. Acesso em: 20. mai. 2014.

CHORLEY, J., HAGGET, P. Models, Paradigms and the New Geography. In: **Integrated models in geography**. Londres: Methuen, p. 9-41. 1967.

CHISTOPHERSON, R. W. **Geosystems: An introduction to physical geography**. 6<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc. New Jersey. 2006.

COELHO, A. Modelagem de dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na região de Santarém, oeste do Pará. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2009.

COELHO, M.; SOARES, L. **Geografia Geral: o espaço natural e socioeconômico**. 4ª Ed. Editora Moderna, São-Paulo. p. 431. 2004.

COLINVAUX, P. **Ecology 2**. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1993.

CONSULAI. **Ficha de mercados** – Moçambique. 2013.

CORRÊA, I. **Satélites artificiais**. UFRGS. 2010.

COUTO Jr., A. F.; CARVALHO Jr., O. A.; MARTINS, E. S. Séries temporais MODIS aplicadas em sucessão de culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, p. 405-418, 2012.

COUTO, L. **Geoprocessamento: Conceito e prática**. Adaptado do Trabalho de Conclusão de Curso da especialização em Geoprocessamento do Centro Universitário de Belo Horizonte – UNI-BH (2009). Disponível em: <[http://www.crea-mg.org.br/03\\_Gab\\_GCM\\_publicaes/Geoprocessamento.pdf](http://www.crea-mg.org.br/03_Gab_GCM_publicaes/Geoprocessamento.pdf)>, Acesso em: 14 fev. 2013.

DE BIASE, M. **A Carta Clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção**. São Paulo: Instituto de Geografia/ USP, p. 45-53. 1992.

DESANKER, P. V.; FROST, P. G.; FROST, C. O.; JUSTICE, C.O.; SCHOLLES, R. J. (eds.). The Miombo Network: Framework for a Terrestrial Transect Study of Land-Use and Land-Cover Change in the Miombo Ecosystems of Central Africa. IGBP Report 41. **The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)**. Stockholm, Sweden, 109 pp. 1995.

DIAS, B. **Conservação da Biodiversidade no Bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no Bioma Cerrado**. Capítulo 10. Embrapa. 2008.

EHLERS, E.M. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999.

EITEN, G.A. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, p. 305. 1983.

EITEN, G. The use of the term Savanna. **Tropical Ecology**, v. 27, p.10-23. 1986.

EKLUNDH, L., JÖNSSON, P., KUUSK, A. Investigating modelled and observed Terra/ MODIS 500-m reflectance data for viewing and illumination effects. **Advances in Space Research**, 39, pp. 119-124. 2007.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 412 p. 1999.

ENCYCLOPEDIA OF THE BIOSPHERE: **Savannah**. Detroit: Gale Group. V 3. 2000.

FAO/UNESCO. **Soil Map of the World. Revised Legend.** World Soil Resources Report 60. Rome, Italy. 1988.

FAOSTAT. **World statistics.** 2007 Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 12 jan. 2014.

FARR, T. G.; KOBRICK, M. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data, EOS Trans. AGU, 81, 583-585. 2000.

FERRÃO, M. **Manual de Teledetecção, Fascículo I: Satélites e Princípios Físicos da Teledetecção.** CENACARTA, Maputo, 2005.

FERRÃO, M. **Manual de Teledetecção, Fascículo II: Tratamento de Imagens Satélites.** CENACARTA, Maputo, 2004.

FERRI, M.G. Ecologia dos cerrados. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 4. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, p.15-33. 1977.

FOLEY, J.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.; CASSIDY, E.; GERBER, J.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N.; O'CONNELL, C.; RAY, D.; WEST, P.; BALZER, C.; BENNETT, E.; CARPENTER, S.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS D. Solutions for a cultivated planet. **Nature**. Vol. 1478, no. 337. 2011.

FONSECA, M. P. **Os Corredores de Desenvolvimento em Moçambique.** Africana Studia, No. 6, Edição da Faculdade de Letras da Universidade de Porto, pp 201-230. 2003.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A. F.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, p. 57-64. 2011.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do paraná. **Revista de estudos ambientais**. v.10, n. 1, p. 49-64, jan./jun. 2008.

FROST, P. The Ecology of Miombo Woodlands. In: Campbell (Ed). **The Miombo in transition Woodland and Welfare in Africa**. p. 19-39. 1996.

FUNK, C.; EDERER, G.; PEDREROS, D. **Tropical Rainfall Measuring Mission.** 2007. Disponível em: <[http://www.drought.gov/workshops/remotesensing/abstracts/chris\\_funk.pdf](http://www.drought.gov/workshops/remotesensing/abstracts/chris_funk.pdf)>, Acesso em 18 fev. 2013.

GINCIENE, B. R.; BITENCOURT, M. D. Utilização do EVI (Enhanced Vegetation Index) para maior sensibilidade na detecção de mudanças temporais em fragmentos de floresta estacional semidecidual. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –

(SBSR), Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, **Anais INPE**, p.1620. 2011.

GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, EMBRAPA, CPAC, 442p.1987.

GOEDERT, W., WAGNER, E.; BARCELLOS, A. **Savanas tropicais: dimensão, histórico e perspectivas, Capítulo 2**. [2008], Disponível em: <[http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/projeto/palestras/capitulo\\_2.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/projeto/palestras/capitulo_2.pdf)>, Acesso em: 28 nov. 2012.

GROHMANN, C.H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S. Aplicações dos Modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.2 n.2 (viii.2008). p. 73-83. 2008.

HAESBAERT, R. “Gaúchos” e Baianos no “Novo” Nordeste: entre a Globalização Econômica e a Reinvenção das Identidades Territoriais. In: CASTRO, I. E. DE; GOMES, P. C. DA; CORREA, R. L. **BRASIL: questões duais da regionalização do território**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HERMUCHE, P. M.; SANO, E. E. Identificação da floresta estacional decidual no Vão do Paranã, Estado de Goiás, a partir da análise da reflectância acumulada de imagens do sensor ETM+/Landsat-7. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n. 3, p.415-425, 2011.

HUETE, A., LIU, H., BATCHILY, K., and LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**. Maryland Heights, v. 59, p. 440-451. 1997.

HUETE, A., DIDAN, K., MIURA, T., RODRIGUEZ, E., GAO, X.; FERREIRA, L. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**. Maryland Heights, v. 83, p. 195-213. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso de terra**. 2ª ed. Manuais Técnicos em Geociências. Número 7, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=202>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

IIAM. Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. **Cartas de solos de Moçambique**. Maputo, 1994.

IIAM, Plataforma para Investigação Agrária e Inovação Tecnológica em Moçambique, **Boletim informativo** 02, 11.5.2010.

INE. Instituto Nacional de Estatística. **Censo Agro-Pecuário (CAP) 2009-2010: Resultados preliminares – Moçambique**. Maputo, 2011a.

INE. Instituto Nacional de Estatística. **III Recenseamento geral da população e habitação 2007, indicadores socio-demográficos distritais - província de Nampula.** Maputo, 2012.

INE. Instituto Nacional de Estatística. **III Recenseamento geral da população e habitação 2007, indicadores socio-demográficos distritais - província da Zambézia.** Maputo, 2012.

INE. Instituto Nacional de Estatística. **III Recenseamento geral da população e habitação 2007, indicadores socio-demográficos distritais - província de Niassa.** Maputo, 2012.

INIA. Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Recomendações de adubação azotada e fosfórica para as culturas anuais alimentares e algodão em Moçambique. Série Terra e Água. **Comunicação no. 88.** Maputo. 1997.

JÖNSSON, P.; EKLUNDH, L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 40, n. 8, p. 1824-1832, 2002.

JÖNSSON, P.; EKLUNDH, L. TIMESAT: a program for analyzing time-series of satellite sensor data. **Computers & Geosciences**, v. 30, n. 1, p. 833-845, 2004.

JUSTICE, C.O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J.; DEFRIES, R.; ROY, D.; HALL, D.; SALOMONSON, V.; PRIVETTE, J.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, R.; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, S.; NEMANI, R.; WAN, Z.; HUETE, A.; LEEUWEN, W.; WOLFE, R.; GIGLIO, L.; MULLER, J.; LEWIS, P.; BARNESLEYET, M. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p.1228-1247. 1998.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land Data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p 3-15, 2002.

KOWERO, G.; CAMPBELL, B. M.; SUMAILA, U. R. **Policies and governance structures in woodlands of southern Africa.** Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. 2003.

KUMMEROW, C.; BARNES, W.; KOZU, T.; SHIUE, J.; SIMPSON, J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. **Atmos. Ocean Technol.** 15, 809 – 817. 1998.

LAMBIN, E.; TURNER, B.; GEIST, H.; AGBOLA, S.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J.; COOMES, O.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, K.; LI, X.; MORAN, E.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P.; RICHARDS, J.; SKANES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-

cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change** 11 p. 261–269. 2001.

LAZZAROTTO, D. "O que são geotecnologias". 2002. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>> Acesso em: 21 nov. 2008.

LUZ, M. **Expansão da Fronteira Agrícola versus Recurso Terra**. Documentos 154, Embrapa, Outubro, 2006.

MAE. Ministério da Administração Estatal. **Perfil distrital de Nampula**. Maputo, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa No. 2, de 9 de outubro de 2008. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>, acesso em: 22 mai. 2014

MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. **Geographical information systems: principles and applications**. New York: John Wiley and Sons, p. 1096. 1991.

MARZOLI, A. **Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM)** Inventário Florestal Nacional. Maputo: MINAG, 2007.

MASSAGLI, G.; VICTORIA, D.; ANDRADE, R. Comparação entre precipitação medida em estações pluviométricas e estimada pelo satélite TRMM. In: **5º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC**, 9 a 11 de agosto de 2011 – Campinas, SP. Nº 11507. 2011.

MATSUSHITA, B.; YANG, W.; CHEN, J.; ONDA, Y.; QIU, G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-Density Cypress Forest. **Sensors**, p. 2636-2651. 2007.

MENESES, P.; ALMEIDA, T. Distorções e correções dos dados da imagem. In \_\_\_\_\_. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. UnB/CNPq. Brasília, p. 82-102. 2012.

MEYER W.; TURNER B. L. Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Changes. Annu. **Rev. Ecol. Syst.** 23: p. 39-61. 1992.

MICOA. Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental. **Estratégia ambiental para o desenvolvimento sustentável de Moçambique**. 2007. Disponível em <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/cplpunccd/Biblioteca/Relatorios/MOZ\\_Quadr o\\_Demandas.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/cplpunccd/Biblioteca/Relatorios/MOZ_Quadr o_Demandas.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2012.

MINAG. Ministério da Agricultura. **Avaliação Integrada das Terras e Florestas de Moçambique**. Inventário Florestal Nacional, Maputo, 2007.

MINAG. Ministério da Agricultura. **Micro-zoneamento agro-climático como suporte à identificação de locais adequados para ensaios de campo e introdução de sistemas de produção na república de Moçambique.** Relatório preliminar. Programa STABEX. FUNDAG. 2010.

MINAG. Ministério da Agricultura. Triangular Cooperation for Agricultural Development of the Tropical Savannah in Mozambique. **Support agriculture development master plan in the Nacala Corridor in Mozambique - (PROSAVANA-PD).** Data Collection and Analysis of Agriculture in Nacala Corridor. August 2012.

MOREIRA, M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, p. 307. 2005.

MOREIRA, M. Satélites: Conceito, classificação e Objetivos. In:\_\_\_ **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** 2. ed., INPE, 2001.

MOREIRA, M. Sistemas Sensores. In:\_\_\_ **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** 2. ed., INPE, 2001.

MOURA, A. **Contribuições Metodológicas do Geoprocessamento à Geografia.** 2000. In: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Doutorado em Geografia – Geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/geoplan2001.pdf>>, Acesso em: 14 fev. 2013.

MUCHANGOS, A. **Moçambique, Paisagens e Regiões Naturais.** Edição: do Autor, 1999.

MUTANGA, E., **Management of miombo forest resources by communities, is it a reality?** A discussion of corner stones for effective community forestry management to support resource commercialization: December 2009.

NAKATA, H. e COELHO, M. **Geografia geral: geografia física, geografia humana e geografia econômica.** Ed. Moderna, São-Paulo. p. 257. 1978.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).** [200?]. Disponível em: <<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>>, Acesso em 15 mai. 2013.

NASCIMENTO, E. R. P.; SANO, E. E. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 93-106, 2010.

NOVO, E. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, p. 363. 2008.

OLIVEIRA, G. C., **Solos da região dos cerrados: reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso Agrícola.** (Curso de qualificação profissional a

distância), Universidade Federal de Lavras – UFLA. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – FAEPE. Lavras – MG. 2009.

OMSM. Organizações e Movimentos Sociais Moçambicanas. **Carta aberta das organizações de Moçambique frente ao ProSavana**. Maio de 2013.

PACHECO, A.; RIBAS, N. Sensoriamento Remoto aplicado ao uso de terra. **GEODESIA online**. UFPE, 4/1998.

PASSO, D.; MARTINS, E.; GOMES, M.; REATTO, A.; CASTRO, K.; LIMA, L.; CARVALHO-JUNIOR, O.; GOMES, R. Caracterização geomorfológica do município de Barreiras, Oeste Baiano, Escala 1:100000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 294 Embrapa – Cerrados. Planaltina DF. 2010.

PCT. Projeto de Cooperação Triangular. **Projeto de melhoria da capacidade de pesquisa e de transferência de tecnologia para o desenvolvimento da agricultura no corredor de Nacala em Moçambique**. Prosavana-tec, 2011.

PEDROSA, B.; CAMARA, G. Modelagem Dinâmica e Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, M. CAMARA, G. ALMEIDA, C. (Org.). **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 237-280. 2007.

PEREIRA, V.P. **Solos altamente susceptíveis a erosão**. Jaboticabal, FCAV – UNESP/SBCS. 253 p. 1994.

PIRMORADI, A., VAEZI, H., BAKTASH, P. e AMIRI, A. **Role of SDI in index overlay Modeling and fuzzy logic in GIS to predict Malaria outbreak**, Proceedings of Global Geospatial Conference 2012. Québec City, Canada, 14-17 May 2012.

PIVELLO, V. **A origem, evolução e diversidade da vegetação do Bioma Cerrado**. BIOTA – Educação. Ciclo de Conferencias 2013. Bioma Cerrado. FAPESP. Departamento de Ecologia. USP. 2013.

PURI, S.; STEPHEN, H.; AHMAD, S. Relating TRMM precipitation radar land surface backscatter response to soil moisture in the Southern United States. **Journal of Hydrology**, 402, 115–125. 2011.

QUEIROZ, J.; GOMES, H. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. RITA, Volume VIII, Número 1, 2001. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2011.2/Rita-Tutorial-PDI.pdf>>, Acesso em: 19 nov. 2012.

RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A. e BAMLER, R. The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)**. 53, p. 241 – 262. 2003.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. 65 p.1995.



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, Assembleia da República. **Legislação sobre a terra** (Lei n.º 19/97): **Regulamento da Lei de terras** (Decreto n.o 66/98). 3 Edição. Imprensa Nacional. Maputo. 2002.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, Conselho de Ministros. Decreto no. 12/2002 de 6 de junho. Aprova o Regulamento da Lei n.º 10/99, de 7 de Julho, **Lei de Florestas e Fauna Bravia**. Imprensa Nacional. Maputo. 2002.

RIBEIRO N.; SITO, A.; GUEDES, B.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical**. UEM – FAEF. Maputo, 2002.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R.; RUDORFF, B.; FORMAGGIO, A.; SHIMABUKURO, Y.; FERNANDES, S. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, **Anais INPE**, p. 379-386. 2009.

RIZZINI, C.T. A flora do cerrado, análise florística das savanas Centrais. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo/Ed. Edgaard Blücher. p.125-177, 1963.

RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, p. 747. 1997.

ROCHA, C. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, p. 220. 2000.

ROY, D. P.; BORAK, J. S.; DEVADIGA, S.; WOLFE, R. E.; ZHENG, M.; DESCLOITES, J. The MODIS land product quality assessment approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 62-76, 2002.

RUDORFF, B.; SHIMABUKURO, J.; CEBALLOS, J. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: Parênteses. p. 423. 2007.

SANO E.; ROSA, R.; BRITO, J.; FERREIRA, L. **Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: Estratégias e Resultados**. Embrapa Cerrados. Planaltina. 2007.

SANTOS, C. C. M. Oeste da Bahia: Modernização com (des)articulação econômica e social de uma Região. **Tese** (Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa) Universidade Federal da Bahia, UFBA. Bahia, 2007.

SANTOS, C. M.; VALE, R.; LOBÃO, J. Modernização da agricultura e ocupação dos Cerrados no Oeste Baiano. In CARIBÉ, C. e Vale, R., **OESTE DA BAHIA: Trilhando velhos e novos caminhos do Além São Francisco**. Feira de Santana. UEFS Editora. 2012.

SANTOS, P. Expansão agrícola de 1984 a 2006 e estimativas agrícolas por sensoriamento remoto e SIG no município de Luís Eduardo Magalhães-Ba. **Dissertação**

(Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, SP, 2012.

SANTOS-FILHO, A.; RIOS-FILHO, J. A revalorização econômica do oeste baiano a partir da expansão da agricultura moderna e o surgimento de um novo território: o município de Luís Eduardo Magalhães – Ba. **Revista Pegada**, vol. 9 n. 2, Dezembro/2008.

SCHEID L. A., GUILHERME L. R., e RAMOS S. J., **A Saga do Desenvolvimento Agrícola no Cerrado Brasileiro**. 2013. Disponível em: <<http://www.ipipotash.org/udocs/a-saga-do-desenvolvimento-agricola-no-cerrado-brasileiro.pdf>>, Acesso em 07 Out. 2013.

SCHMITT, V. *et al.*. Interdisciplinaridade e Pós-Graduação. **Revista de rocha, C. H. B. Biologia e Ciências da Terra**. Volume 6, Número 2, 2º Semestre 2006.

SCHOLES, R. J.; KENDAL, J.; JUSTICE, C.O. The quantity of biomass burning in southern Africa. **Journal of Geophysical Research** 101. 1996.

SILVA, A. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, p. 236. 2003.

SILVA, D. **Sistemas Sensores Orbitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, p. 69. 1995.

SILVA, M. Sistemas de Informações Geográficas: Elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação), UNESP-Marília, SP, 2006.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; PÉREZ, M. G.; MARTIN-NETO, M.; VASQUEZ, F. M. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em toposseqüência de latossolos do sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:1059-1068, 2007.

SILVA, M.L.N; MARQUES, J.J.G.S.M; LIMA, J.M.; CURI, N. **Aspectos de Gênese, Classificação, Conservação e Manejo de Solos Tropicais**. Lavras: INEPAD/UFLA, 75 p. 2007.

SILVA, T.; RODRIGUES, S. Tutorial de cartografia geomorfológica. ARCGIS 9.2 e ENVI 4.0. Manuais Técnicos, **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.3, n. 2 (xii.2009) Uberlândia. 2009.

SITOE, T. **Agricultura Familiar em Moçambique: Estratégias de Desenvolvimento Sustentável**. Maputo. 2005.

SITOE, A.; SALOMÃO, A.; WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. **O contexto de REDD+ em Moçambique: Causas, actores e instituições**. Publicação Ocasional 76. CIFOR, Bogor, Indonesia. 2012.

SOARES-FILHO, B. **Interpretação das imagens da terra**. Curso de especialização em geoprocessamento. Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto, UFMG. 2000.

SOLOMON, A. M.; PRENTICE, I. C.; LEEMANS, R.; CRAMER, W.P. The interaction of climate and land use in future carbon storage and release. **Water, Air and Soil Pollution** 70, 595-614. 1993.

SOUZA, P.; ALVES, J.; SILVA, A.; SOUZA, A. Composição florística da vegetação arbórea de um remanescente de Cerradão, Paraopeba, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.781-790. 2008.

SOUZA, E. C.; SANTOS, O. A.; ARAÚJO, A. O.; ARAÚJO, W. K. Oeste da Bahia: Novos arranjos espaciais. XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 25 a 31 de julho de 2010. **Anais**. Porto Alegre. 2010.

SOUZA-FILHO, C. R.; CRÓSTA, A. P. Geotecnologias aplicadas à geologia. **Revista Brasileira de Geociências**, Volume 33, 2003

TAUNAY, A. E. (Affonso d'Escragno) Visconde de; Instituto Nacional do Livro. **Historia das bandeiras paulistas**. 3. ed Sao Paulo: Melhoramentos, INL, 3 v. 1975.

TURNER, B.L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. Land-Use and Land-cover change Science/Research Plan. **Joint publication of the International Geosphere-Biosphere Programme** (Report No. 35) and the Human Dimensions of Global Environmental Change Programme (Report No. 7). Stockholm: Royal Swedish Academy of Sciences. 1995.

USGS, **MODIS Naming Conventions**. 2012. Disponível em: <[https://lpdaac.usgs.gov/products/modis\\_products\\_table/modis\\_overview](https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/modis_overview)>, Acesso em: 20 ago. 2012.

USGS-EOS Center. **Modis Reprojection Tool; USER'S MANUAL**, 2011.

VALERIANO M.; ALBUQUERQUE P. **TOPODATA: PROCESSAMENTO DOS DADOS SRTM**. INPE, São José dos Campos. 2010.

VALLADARES, G.; GUIMARÃES, M.; BATISTELLA, M. **Susceptibilidade à erosão das terras na região oeste do Estado da Bahia**. Comunicado Técnico 10. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas – SP. 2002.

VERBURG, P. H.; SOEPBOER, W.; LIMPIADA, R.; ESPALDON, M. V. O.; SHARIFA, M. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental management**, v. 30, n. 3, p. 391-405, 2002.

VIEIRA, V. S. O governo local e a promoção econômica a partir do marketing territorial no município de Luís Eduardo Magalhães/Bahia. **Dissertação** (Mestrado em Cultura,

Memória e Desenvolvimento Regional), Universidade do Estado da Bahia, UNEB - Santos António de Jesus, 2007.

WALTER, B. M. Fitofisionomias do Bioma Cerrado: Síntese terminológica e variações florísticas. **Tese** (Pós-Graduação em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WFP. WORLD FOOD PROGRAM. **Republic of Mozambique - Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis**, September 2010.

## Anexos

### 1. Dados de precipitação da área do Corredor de Nacala (Moçambique) e oeste da Bahia (Brasil).

| Oeste da Bahia (BRASIL)         |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                                 | 2002           | 2003           | 2004           | 2005           | 2006           | 2007           | 2008           | 2009           | 2010           | 2011           | Total           | Média          |
| Jan                             | 384.35         | 309.93         | 484.66         | 346.28         | 133.37         | 194.45         | 283.03         | 228.30         | 227.29         | 267.92         | 2859.58         | 259.96         |
| Fev                             | 234.20         | 241.25         | 403.31         | 343.99         | 247.64         | 401.31         | 301.03         | 166.14         | 166.82         | 378.39         | 2884.08         | 262.19         |
| Mar                             | 170.82         | 307.93         | 337.17         | 484.99         | 460.01         | 84.40          | 288.80         | 185.75         | 387.52         | 437.59         | 3144.99         | 285.91         |
| Abr                             | 124.80         | 144.49         | 379.80         | 117.97         | 292.33         | 100.41         | 240.29         | 378.55         | 190.42         | 158.94         | 2128.01         | 193.46         |
| Mai                             | 60.61          | 80.51          | 18.42          | 221.98         | 84.13          | 216.15         | 101.75         | 171.03         | 72.04          | 62.97          | 1089.59         | 99.05          |
| Jun                             | 4.22           | 3.12           | 14.19          | 7.46           | 9.15           | 9.24           | 11.09          | 53.80          | 0.62           | 0.77           | 113.66          | 10.33          |
| Jul                             | 12.04          | 1.36           | 4.76           | 2.60           | 3.01           | 1.81           | 2.65           | 3.43           | 5.72           | 5.01           | 42.39           | 3.85           |
| Ago                             | 7.20           | 53.95          | 20.54          | 10.46          | 16.41          | 10.16          | 1.97           | 17.35          | 3.36           | 0.68           | 142.09          | 12.92          |
| Set                             | 80.20          | 27.27          | 11.51          | 79.28          | 158.43         | 45.48          | 60.58          | 62.15          | 31.55          | 6.37           | 562.83          | 51.17          |
| Out                             | 89.39          | 64.90          | 129.28         | 37.11          | 295.27         | 37.61          | 34.55          | 343.73         | 161.98         | 206.95         | 1400.77         | 127.34         |
| Nov                             | 196.51         | 241.01         | 206.29         | 337.91         | 292.96         | 182.31         | 331.20         | 233.38         | 330.96         | 354.64         | 2707.18         | 246.11         |
| Dez                             | 412.85         | 232.43         | 258.37         | 473.89         | 337.68         | 257.10         | 326.08         | 381.88         | 324.18         | 346.41         | 3350.86         | 304.62         |
| <b>Total</b>                    | <b>1777.19</b> | <b>1708.17</b> | <b>2268.29</b> | <b>2463.93</b> | <b>2330.40</b> | <b>1540.43</b> | <b>1983.01</b> | <b>2225.49</b> | <b>1902.45</b> | <b>2226.64</b> | <b>20426.02</b> | <b>2042.60</b> |
| <b>Média</b>                    | <b>148.10</b>  | <b>142.35</b>  | <b>189.02</b>  | <b>205.33</b>  | <b>194.20</b>  | <b>128.37</b>  | <b>165.25</b>  | <b>185.46</b>  | <b>158.54</b>  | <b>185.55</b>  | <b>1702.17</b>  | <b>154.74</b>  |
| Corredor de Nacala (MOÇAMBIQUE) |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                |
|                                 | 2002           | 2003           | 2004           | 2005           | 2006           | 2007           | 2008           | 2009           | 2010           | 2011           | Total           | Média          |
| Jan                             | 513.23         | 872.05         | 377.57         | 547.10         | 563.56         | 512.16         | 647.47         | 484.06         | 662.49         | 297.55         | 5477.23         | 497.93         |
| Fev                             | 425.07         | 364.97         | 265.67         | 332.12         | 298.53         | 493.11         | 426.75         | 445.56         | 432.72         | 362.66         | 3847.17         | 349.74         |
| Mar                             | 315.23         | 412.05         | 214.80         | 288.67         | 357.10         | 260.78         | 442.16         | 446.12         | 304.00         | 223.33         | 3264.22         | 296.75         |
| Abr                             | 219.31         | 89.37          | 347.03         | 94.06          | 241.71         | 414.81         | 121.88         | 138.90         | 144.74         | 248.28         | 2060.09         | 187.28         |
| Mai                             | 50.44          | 37.27          | 45.90          | 106.17         | 36.12          | 36.59          | 59.36          | 28.53          | 146.31         | 140.90         | 687.59          | 62.51          |
| Jun                             | 94.09          | 62.54          | 44.08          | 81.49          | 59.47          | 26.09          | 66.51          | 17.11          | 46.91          | 33.93          | 532.24          | 48.39          |
| Jul                             | 23.54          | 45.03          | 24.93          | 32.61          | 94.56          | 93.43          | 25.98          | 71.34          | 47.90          | 11.19          | 470.51          | 42.77          |
| Ago                             | 51.08          | 34.89          | 30.46          | 20.84          | 24.98          | 66.24          | 35.97          | 12.37          | 62.46          | 34.19          | 373.49          | 33.95          |
| Set                             | 67.44          | 26.52          | 23.24          | 51.75          | 17.80          | 24.10          | 40.81          | 39.60          | 22.07          | 39.25          | 352.57          | 32.05          |
| Out                             | 27.30          | 66.34          | 52.98          | 60.63          | 29.41          | 123.32         | 56.43          | 171.45         | 40.29          | 64.75          | 692.89          | 62.99          |
| Nov                             | 175.70         | 88.35          | 146.64         | 69.31          | 238.34         | 107.74         | 136.53         | 187.57         | 107.10         | 126.72         | 1384.00         | 125.82         |
| Dez                             | 410.72         | 306.08         | 463.62         | 344.33         | 413.09         | 462.56         | 354.17         | 339.58         | 371.49         | 229.03         | 3694.68         | 335.88         |
| <b>Total</b>                    | <b>2373.14</b> | <b>2405.44</b> | <b>2036.92</b> | <b>2029.08</b> | <b>2374.67</b> | <b>2620.93</b> | <b>2414.02</b> | <b>2382.19</b> | <b>2388.50</b> | <b>1811.79</b> | <b>22836.68</b> | <b>2283.67</b> |
| <b>Média</b>                    | <b>197.76</b>  | <b>200.45</b>  | <b>169.74</b>  | <b>169.09</b>  | <b>197.89</b>  | <b>218.41</b>  | <b>201.17</b>  | <b>198.52</b>  | <b>199.04</b>  | <b>150.98</b>  | <b>1903.06</b>  | <b>173.01</b>  |

Fonte: Elaborada pelo autor.