



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

FACULDADE DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PROJECTO FINAL

**USO E APROVEITAMENTO DE TERRA NAS COMUNIDADES DE
CHIVONDZOENE, MAFADA, MAHANCHE E MWAMANDZELE NO NORTE DA
PROVÍNCIA DE GAZA NO PERÍODO 2000 À 2018.**

Relatório de Monografia apresentado e defendido como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em
Engenharia Florestal

Autor: Augusto Emanuel Benedito Tembe

Tutor: dr. Arão Raimundo Finiasso (MSc)

Co-tutor: Eng. Severino José Macôo

Lionde, Setembro de 2019



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de licenciatura sobre uso e aproveitamento de terra nas comunidades Chivondzoene, Mafada, Mahanche e Mwamandzele localizadas nos distritos de Chicualacuala, Chigubo e Mabalane respectivamente, no norte da província de Gaza apresentado ao Curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Tutor: dr. Arão Raimundo Finiasse (MSc)

Co-tutor: Eng. Severino José Macôo

Lionde, 2019

Índice

ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
DECLARAÇÃO	ix
DEDICATÓRIA	x
AGRADECIMENTOS	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema de estudo e justificativa.....	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Geral.....	3
1.2.2. Específicos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Uso de terra	4
2.1.1. Mudanças de uso e cobertura de terra.....	4
2.1.2. Principais causas de mudança de uso e cobertura de terra em Moçambique.....	4
2.1.3. Importância do conhecimento do uso e aproveitamento de terra	5
2.1.4. Principais categorias de uso e aproveitamento de terra	5
2.1.5. Impactos das mudanças de cobertura florestal no balanço de CO ₂	5
2.2. Degradação florestal e Desmatamento.....	5
2.2.1. Causas da degradação florestal	6
2.2.2. Consequências da degradação florestal	6
2.2.3. Mecanismos de redução de DDF	6
2.3. Técnicas de estudo da dinâmica do uso de terra	7
2.3.1. Sensoriamento remoto	7
2.4. Satélites Landsat.....	7
2.4.1. Vantagens dos satélites Landsat.....	8
2.5. Tipos de Resolução	9
2.5.1. Resolução espectral.....	9
2.5.2. Resolução espacial	9
2.5.3. Resolução radiométrica.....	9

2.5.4.	Resolução Temporal	10
2.6.	Resposta espectral de alvos	10
2.6.1.	Água.....	10
2.6.2.	Vegetação.....	11
2.6.3.	Solos.....	11
2.7.	Processamento digital de imagem de satélite	12
2.7.1.	Pré-processamento	12
2.8.	Classificação de Imagem.....	13
2.8.1.	Classificação não-supervisionada	13
2.8.2.	Classificação supervisionada	14
2.9.	Análise de exactidão.....	15
2.9.1.	Erros de Classificação.....	15
2.9.2.	Matriz confusão	15
2.9.3.	Índice de Kappa	16
2.10.	Detecção de mudanças de uso e cobertura de terra	16
3.	METODOLOGIA.....	18
3.2.	Clima e hidrografia.....	18
3.3.	Solos e relevo	19
3.4.	Vegetação	19
3.5.	Aspectos socioeconómicos.....	19
3.6.	Materiais.....	20
3.7.	Métodos.....	21
3.8.	Aquisição de dados.....	21
3.9.	Pré-processamento	23
3.9.1.	Delimitação da região de interesse e combinação de bandas	23
3.10.	Classificação das imagens	24
3.10.1.	Classificação não Supervisionada: Fase I.....	24
3.10.2.	Classificação supervisionada: Fase II	25
3.11.	Avaliação da Exactidão da Classificação	27
3.12.	Relação entre uso de terra e degradação florestal.....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1.	Uso e cobertura de terra na comunidade de Chivondzoene	29

4.2.	Uso e cobertura de terra na comunidade de Mahanche.....	30
4.3.	Uso e cobertura de terra na comunidade de Mwamandzele.....	31
4.4.	Uso e cobertura de terra na comunidade de Mafada	33
4.5.	Características das classes de uso de terra	34
4.5.1.	Mecrusse	34
4.5.2.	Agricultura/Solo exposto/Habitações	35
4.5.3.	Mopane	36
4.5.4.	Floresta Mista.....	36
4.5.5.	Acácia	36
4.6.	Avaliação da classificação	36
4.7.	Áreas e fluxos de mudanças	37
4.7.1.	Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Chivondzoene.....	37
4.7.2.	Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Mahanche	39
4.7.3.	Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade Mafada	41
4.7.4.	Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Mwamandzele	42
4.8.	Factores que condicionam as mudanças de uso e cobertura de terra	44
4.8.1.	Produção de combustível lenhoso (carvão)	44
4.8.2.	Agricultura itinerante	45
4.8.3.	Mapas de distribuição das zonas de produção de carvão.....	45
4.9.	Taxa de desflorestamento.....	47
4.10.	Relação uso de terra e degradação florestal.....	49
5.	CONCLUSÃO.....	50
6.	RECOMENDAÇÕES.....	51
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
8.	ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Principais bandas dos sensores ETM+ e OLI.	8
Tabela 2: Qualidade da classificação segundo intervalos do Índice Kappa (Landis e Koch, 1977).	16
Tabela 3: Características das imagens adquiridas.....	22
Tabela 4: Esquema da matriz de confusão ou de erros.....	27
Tabela 5: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Chivondzoene.....	29
Tabela 6: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mahanche.	30
Tabela 7: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mwamandzele.	32
Tabela 8: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mafada.....	33
Tabela 9: Matriz de mudanças de cobertura em Chivondzoene durante os 18 anos.	37
Tabela 10: Matriz de mudanças de cobertura em Mahanche durante os 18 anos.....	39
Tabela 11: Matriz de mudanças de cobertura em Mafada durante os 18 anos.	41
Tabela 12: Matriz de mudanças de cobertura em Mwamandzele durante os 18 anos.....	42
Tabela 13: Área florestal inicial e final, perdas e ganhos, desflorestamento periódico e taxa de desflorestamento anual.....	47
Quadro 1: Classes de uso e cobertura de terra utilizadas.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva padrão da reflexão espectral do solo, vegetação e água clara.	10
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.	18
Figura 3: Fluxograma de actividades.....	21
Figura 4: Aquisição de imagens satélites no USGS.	22
Figura 5: Imagens com SHP das comunidades de Mwamandzele e Chivondzoene sobre a imagem satélite e a comunidade de Mahanche já recortada.	23
Figura 6: Pontos de validação.....	25
Figura 7: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Chivondzoene.	30
Figura 8: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mahanche.	31
Figura 9: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mwamandzele.	33
Figura 10: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mafada.	34
Figura 11: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Chivondzoene entre 2000 e 2018...	39
Figura 12: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mahanche entre 2000 e 2018.	40
Figura 13: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mafada entre 2000 e 2018.	42
Figura 14: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mwamandzele entre 2000 e 2018. .	43
Figura 15: Distribuição de algumas zonas de produção de carvão encontrados em Mafada.	46
Figura 16: Distribuição de algumas zonas de produção de carvão encontrados em Mwamandzele.	47
Figura 17: Ganhos e perdas de floresta ocorridos entre 2000 e 2018 em cada comunidade.	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Actividades que condicionam as mudanças de uso e cobertura de terra, A- agricultura; B- abate de árvores para produção de carvão; C- forno em preparação para produção de carvão; D- forno recentemente usado; E- Carvão pronto para comercializar.	59
Anexo 2: Matriz de confusão da comunidade de Chivondzoene (2018).....	60
Anexo 3: Matriz de confusão da comunidade de Mafada (2018).	60
Anexo 4: Matriz de confusão da comunidade de Mahanche (2018).	60
Anexo 5: Matriz de confusão da comunidade de Mwamandzele (2018).	60
Anexo 6: Características da vegetação do Mopane.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEAGRE – Centro de estudos da Agricultura e Gestão de Recursos Naturais

CENACARTA - Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção

CO2 – Dióxido de carbono

DDF – Desflorestamento e Degradação Florestal

DEF – Departamento de Engenharia Florestal

ENVI – Environment for Visualizing Images

ERTS - Earth Resources Technology Satellite

ESA – European Space Agency

ETM+ – Enhanced Thematic Mapper Plus

FAO – Food and Agriculture Organization

GPS – Global Positioning System

INAE – Instituto Nacional de Estatística

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

MAE – Ministério da Administração Estatal

MICOA – Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental

MODIS – *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*

NASA – National Aeronautics and Space Administration

OLI – Operational Land Imager

PEDD – Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito

QGIS – Quantum Geographic Information System

REDD+ – Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal

RGB – Red Green Blue

TIFF - Tagged Image File Format

TIRS - Thermal Infrared Sensor

UCT – Uso e Cobertura de Terra

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transversal Mercator



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, _____ de _____ de 2019

(Augusto Emanuel Benedito Tembe)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais:

Benedito Lucas Alberto Tembe e Páscoa Ernesto Balango pelo amor incondicional, pelos ensinamentos que me tem transmitido e por serem para mim os melhores pais do mundo.

Quero dedicar de forma particular este trabalho ao meu pai que desde a minha formação acadêmica nunca deixou faltar nada para mim.

Aos meus irmãos:

Helena Tembe (in memoriam). Sinésio Tembe, Eneas Tembe e Anastância Tembe.

As minhas lindas sobrinhas:

Zardinha e Boneca.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao Eterno Todo-poderoso que me sustentou, tem sustentado e por ser a minha fortaleza, e entendo que sou o que sou pela sua graça, louvado seja o meu Deus.

Aos meus pais Benedito Lucas Alberto Tembe e Páscoa Ernesto Balango por acreditarem em mim e sempre ser o meu suporte, a minha fonte de inspiração e pelos ensinamentos de vida transmitidos, amo-vos. Aos meus irmãos Mano Sinésio, Mano Fifi e Tancy por estarem sempre presentes e pela cumplicidade. Aos meus familiares especialmente a minha tia Cristina pela preocupação e disponibilidade em ajudar sempre que fosse necessário.

Aos meus tutores e dr. Arão Raimundo Feniase (MSc) Eng^o Severino José Macôo, por terem acreditado em mim, por todos os conhecimentos transmitidos ao longo da realização deste trabalho, pela paciência e pela sua disponibilidade imediata para resolver qualquer questão ligada ao trabalho.

Ao ISPG pela oportunidade de realizar o curso, à Faculdade de Agricultura e em especial aos docentes do curso de Engenharia Florestal que contribuíram incansavelmente na minha formação, com especial destaque aos docentes: dr. Sérgio Alfredo Bila, Eng^o. Emídio José Matusse, Eng^o. Pedro Venâncio Wate, Eng^a. Juvência Yolanda Malate, Eng^o. Edson Chilaquene Massingue, dr. Eleutério Gomes Mapsanganhe, Dr. Mário Sebastião Tuzine, Dr. Luiz Comissário Mandlate.

À FAO pela oportunidade de participar no inventário e zoneamento participativo no Norte da província de Gaza, sem a qual não seria possível realizar o trabalho.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Florestal: Válter Sérgio, Válter Zacarias, Lídia, Gércia, Gerson, Jonas, Guiven, Félix Munguambe, Félix Manguele, Célia, Saíde, Justino, Adelina, Denilson, Felício, Eufrates, Maxwel, Arrone, Edmilson, Belson, Tenente, Kaylon, Borge, Rosália, Matuassa, Hipólito, Zito, Zémio, Sureya, Ladina, especialmente à Neves, Rosália, Herminio, Johane, Jonas, Ailton e Evans pela ajuda, companheirismo e cooperação na realização deste trabalho.

Aos meus amigos que estiveram presentes e me auxiliaram e deram incentivo durante a formação especialmente Edson cumbe, Mandhadhe, Mano Banze, Fausto, Laila, Nélia, Mana Zinha e a todos que directamente ou indirectamente contribuíram para a formação.

O meu muito obrigado

RESUMO

O estudo foi realizado nas comunidades de Chivondzoene, Mafada, Mahanche e Mwamandzele no norte da Província de Gaza. Objectivou saber até que ponto o uso e aproveitamento de terra, nestas comunidades, influencia na degradação florestal. Para o efeito, adquiriram-se imagens satélites, Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI (resolução espacial 30 metros) que incluíam as comunidades, dos anos 2000 e 2018 respectivamente, no USGS-*Global Visualization Viewer*. Para identificar e mapear as classes de uso de terra fez-se a classificação não supervisionada pelo método Isodata e classificação supervisionada pela Máxima Verossimilhança no Envi 5.3. Através do change detection do Envi 5.3 fez-se a intersecção das imagens para se obter a imagem de fluxo de mudanças e detectar mudanças na cobertura vegetal. Fez-se a avaliação da classificação através da matriz de confusão e índice de kappa. Posteriormente por meio do QGIS 2.8 produziu-se mapas de uso de terra dos anos 2000, 2018 e os mapas de fluxo de mudanças usados para analisar a relação entre o uso de terra e degradação florestal. Foram identificadas 4-6 classes de uso terra para as comunidades (Acácia, Agricultura/solo exposto e habitações, Corpos de água, Floresta mista, Mecrusse e Mopane) tendo a avaliação da classificação sido excelente com índice de kappa em todas comunidades entre 0.88% - 0.91%. Durante os 18 anos houve mudanças positivas (de classe florestal para outra classe florestal) e negativas (áreas florestais para áreas não florestais) nas 4 comunidades. Verificou-se que em todas comunidades houve situação de ganho e perda de floresta. De uma forma geral, durante os 18 anos as áreas florestais em todas comunidades reduziram tendo sido convertidas em Agricultura/Solo exposto/Habitacões destacando-se a comunidade de Mafada cuja taxa de Desmatamento anual foi a mais elevada 0.90%, sendo que os principais factores que influenciaram nessas mudanças foram a produção de carvão e a prática de agricultura. Verificou-se que as mudanças no uso de terra levam à diminuição de benefícios advindos da floresta constatando assim que relacionam-se com a degradação florestal verificada nestas comunidades influenciando para a sua ocorrência, devendo-se promover acções que visem a utilização sustentável dos recursos nestas comunidades a fim de reduzir o desmatamento e degradação florestal.

Palavras-chave: uso de terra, degradação florestal, imagens satélites, mudanças.

ABSTRACT

The study was conducted in the communities of Chivondzoene, Mafada, Mahanche and Mwamandzele in northern Gaza Province. It aimed to know to what extent the use and use of land in communities influences forest degradation. For this purpose, satellite images, Landsat 7 ETM + and Landsat 8 OLI (spatial resolution 30 meters) which included the communities from 2000 and 2018 respectively, were acquired from the USGS-Global Visualization Viewer. In order to identify and map land use classes, unsupervised classification by the Isodata method and Maximum Likelihood supervised classification were made in Envi 5.3. Through the change detection of Envi 5.3, the images were intersected to obtain the change flow image and to detect changes in the vegetation cover. The classification was made through the confusion matrix and kappa index. Subsequently, through QGIS 2.8, land use maps were produced from the 2000s, 2018s, and change flow maps used to analyze the relationship between land use and forest degradation. 4-6 land use classes (Acacia, Agriculture/ expose soil and habitation, Water, Mix forest, Mecrusse e Mopane) were identified for the communities, and the rating assessment was excellent with kappa index in all communities between 0.88% - 0.91%. During the 18 years there were positive changes (from forest class to another forest class) and negative (forest areas to non-forest areas) in the 4 communities. In all communities there was a situation of forest gain and loss. Overall, over the 18 years forest areas in all communities have reduced and have been converted into Agriculture / Exposed Soil / Households with the Mafada community having the highest annual Deforestation rate of 0.90%, the main factors being what influenced these changes were coal production and the practice of agriculture. It has been found that changes in land use lead to the reduction of benefits from the forest, thus finding that they are related to the forest degradation in these communities influencing its occurrence, and actions that aim at the sustainable use of resources in these communities should be promoted. communities to reduce deforestation and forest degradation.

Keywords: land use, forest degradation, satellite imagery, changes.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais desempenham um papel chave na vida das comunidades (Fernandes *et al.*, 2016). Sendo fonte de vários produtos, serviços de ecossistemas e oportunidades sociais e económicas que são de especial relevância para muitos países (Tomo, 2017).

As florestas tropicais têm passado por processos de mudanças de uso e cobertura devido principalmente as pressões antrópicas associadas a exploração de matéria-prima (madeira) e pela conversão da floresta em outros usos da terra como a pecuária e a agricultura, alterando significativamente a sua paisagem (Domingues e Bermann, 2012). A expressão "uso da terra" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem e o levantamento do uso da terra é de grande importância na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente (Ferreira *et al.*, 2009).

Na região da África Austral, Moçambique é um dos poucos países que ainda mantém uma proporção considerável de florestas pouco mais de 50%, pouco mais de 40 milhões de hectares (FAO, 2010). Ao mesmo tempo, é um dos países mais pobres do mundo, com uma elevada taxa de desmatamento e degradação de florestas (Sitoe *et al.*, 2012). Não existem dados precisos ou exactos sobre o índice anual de desflorestamento, uma estimativa de que se perdem por ano, cerca de 219 000 hectares de florestas correspondente a 0,58% por ano (Marzoli, 2007).

As principais causas do Desmatamento e Degradação Florestal (DDF) em Moçambique são a agricultura, a produção de lenha e carvão, a urbanização, a mineração, a exploração de madeira comercial, queimadas descontroladas, a pecuária e falta de planos de uso e aproveitamento de terra. Motivadas pelo crescimento populacional (CEAGRE e Winrock International 2016; Mourona e Serra 2007; Sitoe *et al.*, 2012).

Recentemente o Governo de Moçambique reconheceu a importância da conservação dos recursos naturais como pilar do desenvolvimento sustentável do País, ao assegurar como prioridade no seu plano quinquenal 2015-2019 a gestão sustentável e transparente dos recursos naturais e do ambiente como base para o país acelerar os esforços de desenvolvimento económico e progressivamente melhorar a qualidade de vida dos moçambicanos. (CEAGRE e Winrock International, 2016).

1.1. Problema de estudo e justificativa

Ao longo das últimas décadas, os impactos ambientais da mudança de uso e cobertura de terra têm alcançado níveis de magnitude e extensão sem precedentes (LAMBIN *et al.*, 2001). Degradações do solo, modificações na composição atmosférica, mudanças climáticas, alterações na biodiversidade, são algumas das principais consequências observadas (Azeredo *et al.*, 2015). As mudanças de uso da terra em áreas agrícolas, juntamente com a queima de combustíveis fósseis, são os principais factores responsáveis pela emissão do dióxido de carbono, o mais importante gás de efeito estufa provocado pelas actividades humanas (Avila, 2007). Em Moçambique, estima-se que a degradação florestal seja responsável por até 30% do total das emissões (Sitoe *et al.*, 2016). No país pouco se sabe sobre as mudanças de cobertura vegetal e da influência de vários sectores produtivos (Sitoe *et al.*, 2012).

Nos distritos de Guijá, Chigubo, Mabalane e Chicualacuala, são frequentes várias formas de uso de terra como a prática da agricultura, da pecuária e produção de lenha e carvão e por sua vez esses distritos enfrentam os problemas de desmatamento e degradação florestal (MAE, 2005).

A importância de estudos e pesquisas sobre o uso e cobertura da terra fundamenta-se na necessidade de entender seus efeitos sobre as mudanças climáticas e assim garantir a sustentabilidade levando em conta os aspectos sociais, económicos e ambientais. Visto que por um lado, essas mudanças estão degradando o ecossistema e seus serviços e por outro lado, muitas destas práticas que causam a mudança são essenciais para a manutenção da vida humana na terra, como a produção de alimentos e água. Portanto, é necessária à avaliação e gerenciamento adequado das mudanças de uso e cobertura da terra, a fim de manter o equilíbrio entre a manutenção do ecossistema e satisfazer as necessidades imediatas do homem (Foley *et al.*, 2005).

Recentemente, o desflorestamento evitado foi reconhecido como elegível para a compensação por redução de emissões de dióxido de carbono. Como resultado, foi lançado o mecanismo para a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) nos acordos pós- Quioto no âmbito da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Mas a reduzida informação sobre mudanças de cobertura vegetal, desmatamento e degradação florestal constitui um entrave para o sucesso de qualquer acção e para a tomada de medidas sobre o reflorestamento, associado a uma gestão sustentável das florestas (MICOA, 2010).

1.2.Objectivos

1.2.1. Geral

- Avaliar a influência do uso e aproveitamento de terra na degradação florestal nas comunidades de Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele na província de Gaza.

1.2.2. Específicos

- Identificar os diferentes tipos de uso e aproveitamento de terra dos anos 2000 e 2018 nas comunidades de Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele no norte da província de Gaza;
- Produzir mapas de uso e aproveitamento de terra dos anos 2000 e 2018 para as comunidades de Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele no norte da província de Gaza através de imagens Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI;
- Detectar as mudanças e as causas das mudanças do uso da terra e da cobertura entre os anos 2000 e 2018 nas comunidades de Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele no norte da província de Gaza;
- Analisar a relação existente entre o uso e aproveitamento de terra com a degradação florestal nas comunidades de Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele no norte da província de Gaza.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Uso de terra

Os termos uso da terra ou uso do solo, são entendidos de acordo com Rosa, (2007), como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem e a partir do estudo da dinâmica deste espaço é possível verificar os resultados da acção do homem sobre o meio em que vive. O uso da terra possui uma definição geralmente associada às actividades conduzidas pelo homem, relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema. Assim, o uso da terra está relacionado à função socioeconómica (agricultura, habitação, protecção ambiental) da superfície básica (Virtuoso e Reis, 2017).

2.1.1. Mudanças de uso e cobertura de terra

A ciência das mudanças da terra pode ser definida como uma matéria interdisciplinar, que investiga a natureza do uso e cobertura da terra, suas mudanças no espaço e no tempo e os processos sociais, económicos, culturais, políticos e ecológicos que influenciam a produção dos padrões das mudanças (Turner *et al.*, 2007). A intensificação e a diversificação de usos da terra têm levado a mudanças rápidas nos ciclos biogeoquímicos, nos processos hidrológicos e na dinâmica das paisagens, os quais, por fim, influenciam o bem-estar humano. Logo, tem-se tornado crescente a necessidade de ampliar o conhecimento sobre os processos de uso da terra, visando inclusive à possibilidade de gerar estudos sobre o comportamento dos sistemas ambientais, identificando acções necessárias para se prevenir e/ou reverter possíveis consequências negativas (Kok, 2007).

2.1.2. Principais causas de mudança de uso e cobertura de terra em Moçambique

Segundo Siteo *et al* (2012), as causas de mudança de uso e cobertura de terra distribuem-se em quatro factores:

- Factores demográficos: o crescimento da densidade populacional sobretudo nas zonas urbanas;
- Factores tecnológicos: relacionados com a superação da baixa produtividade agrícola, produção de carvão (baixa eficiência) e consumo de carvão (baixa eficiência dos fogões);
- Factores económicos: relacionados com mercados de exportação de produtos agrícolas e madeira;
- Factores institucionais: notavelmente fraca capacidade institucional da aplicação das leis, particularmente ao nível provincial e distrital.

2.1.3. Importância do conhecimento do uso e aproveitamento de terra

O levantamento do uso da terra em uma determinada região tornou-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço (Rosa, 2009). O conhecimento do uso da terra é uma ferramenta de extrema importância para planejadores e legisladores, pois ao verificar a utilização desordenada do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso da terra para o desenvolvimento da região (Brito e Prudente, 2005).

A Lei define o ordenamento territorial como um conjunto de princípios, directivas e regras que visam garantir a organização do espaço nacional através de um processo dinâmico, contínuo, flexível e participativo na busca do equilíbrio entre o homem, o meio físico e os recursos naturais, com vista à promoção do desenvolvimento sustentável, (Mourana e Serra, 2007).

2.1.4. Principais categorias de uso e aproveitamento de terra

Marzoli, (2007), definiu as categorias de uso e aproveitamento de terra em Moçambique em florestas (que subdividem-se em densas, abertas, mangais), outras formações lenhosas (arbustos, matagais e florestas com agricultura itinerante), uso não florestal (pradarias, agricultura, habitações e água).

2.1.5. Impactos das mudanças de cobertura florestal no balanço de CO₂

De acordo com Gibbs *et al.*, (2007) e Parker *et al.*, (2009) a destruição de florestas tropicais é responsável por 20% de emissões antropogénicas globais de carbono e Houghton (1997), considera que o desflorestamento tem sido desde 1850 responsável por 90% de emissões de CO₂ devido a mudança de uso de terra.

A conversão de áreas de vegetação natural em áreas agrícolas é tida como a maior fonte de emissão de CO₂, não só pela perda da biomassa mas, também pelo aumento da decomposição da matéria orgânica do solo (Prentice *et al.*, 2001).

2.2. Degradação florestal e Desmatamento

De acordo com Falcão e Noa (2016), degradação florestal é a redução a longo prazo da cobertura da copa e/ou estoque da floresta que leva a diminuição do fornecimento de benefícios a partir da floresta, os quais inclui madeira, biodiversidade e outros produtos e serviços.

O desmatamento é quando uma área de floresta é convertida para uma área de não floresta servindo para outros usos, tais como agricultura ou infraestruturas (FAO, 2010; UNFCCC, 2001).

2.2.1. Causas da degradação florestal

No seu estudo sobre as causas do desmatamento e da degradação florestal em Moçambique, CEAGRE e Winrock International (2015), identificou 7 agentes de desmatamento e degradação florestal, nomeadamente agricultura comercial, agricultura itinerante, extracção de produtos florestais, lenha e carvão, expansão urbana e outras infraestruturas, mineração e pecuária. O desordenamento, caracterizado pela ocupação desregrada e desorganizada do espaço territorial, agravado pela exploração insustentável dos recursos naturais, traduz-se, entre muitos outros problemas, na perda de cobertura florestal, especialmente no que diz respeito aos ecossistemas considerados sensíveis e, portanto, dignos de protecção especial (Mourana e Serra, 2007).

2.2.2. Consequências da degradação florestal

A destruição e degradação da floresta tem acarretado impactos ambientais, económicos, sociais e culturais de grande envergadura e contribui para o aquecimento global (Mourana e Serra, 2007). O DDF tem um efeito negativo sobre a biodiversidade, devido à perda e fragmentação do habitat. Mesmo que seja impossível antever todas as consequências, torna-se evidente que as desflorestações maciças interferem directamente na fauna, devastam espécies da flora, contribuem para a poluição da água e do ar, para o aumento de chuvas ácidas e do fenómeno de efeito estufa, “ afectam o clima local e, inclusivamente, planetário, e ocasionam a perda dos geradores de oxigénio essenciais à Terra” (FAO, 2009).

2.2.3. Mecanismos de redução de DDF

Mourana e Serra (2007), sugerem que para a redução do DDF e consequente sustentabilidade do sector florestal em Moçambique deve-se: aprovar um quadro jurídico-legal que enfoque a conservação, esverdear o regime da licença simples, definir o perfil do operador florestal, reforçar a transparência e integridade no processo de licenciamento, fazer do inventário local uma condição da exploração florestal, implementar os planos de manejo, produzir e consumir carvão vegetal de forma sustentável, por uma agricultura de conservação, ordenar o território, reforçar os direitos das comunidades locais, investir na floresta, materializar o repovoamento florestal, repensar a fiscalização, reparar os danos florestais, criar e reforçar a rede nacional de florestas de conservação, certificar os produtos florestais sustentáveis, contabilizar de forma real e justa os serviços prestados pela Floresta, educar sobre a importância da floresta, aderir ao REDD+, pensar globalmente e agir localmente.

2.3. Técnicas de estudo da dinâmica do uso de terra

Os métodos de monitoramento da ocupação agrícola, nas décadas de 70 e 80, se utilizavam de questionários para prever os dados de acordo com a intenção de plantio e para o acompanhamento e fechamento da safra (Rezende e Rosendo, 2009). Além de demorados e onerosos, estes métodos, poderiam levar a erros estatísticos e é muito difícil obter informações precisas e rápidas de grandes áreas directamente do campo utilizando questionários (Rezende e Rosendo, 2009). Uma alternativa viável, rápida e precisa de se obter informações sobre o uso da terra é através dos produtos fornecidos pelas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento (Rezende e Rosendo 2009; Sano *et al.*, 1998).

2.3.1. Sensoriamento remoto

O uso de imagens de satélite é uma forma de obter informação sobre a superfície terrestre, de forma rápida e, para alguns produtos, barata. Técnicas de sensoriamento remoto permitem estudar áreas muito extensas e/ou de difícil acesso, pelo que a sua utilização tem vindo a crescer nas últimas décadas (Giri, 2012). O uso de imagens de satélite também tem possibilitado o estudo do desflorestamento em outras áreas do planeta, particularmente nas regiões tropicais onde extensões significativas de florestas não poderiam ser monitoradas facilmente (Alves *et al* 1996). Dois dos sensores mais usados são o MODIS, nos satélites Terra e Aqua, e a série de satélites Landsat, em virtude dos seus dados serem grátis, mas também pelas características espectrais, espaciais e temporais que têm (Soares, 2017).

Actualmente existem os satélites que fazem parte do programa copérnico para a observação da terra, programa criado pela Agência Espacial Europeia (ESA), contendo cinco missões e cada um está composta por vários satélites. O objectivo é a disponibilização em tempo real de dados que podem ser utilizados para diversas áreas de actuação incluindo a monitorização dos efeitos das mudanças climáticas (Sepúlveda, 2017).

2.4. Satélites Landsat

Segundo Ferrão (2005), os satélites da serie Landsat fazem parte de um programa de estudos dos recursos terrestres e no dia 23 de Julho de 1972, a NASA lançou nos Estados Unidos um primeiro satélite chamado ERTS 1 no quadro do Programa Espacial *Earth Resources Technology Satellite*. Este Programa Espacial e os satélites que o compõe foram em seguida rebaptizados "Landsat" para melhor sugerir. O enfoque do seu esforço sobre a teledetecção de recursos naturais terrestres. Foram lançados 8 satélites do Programa Landsat, desde 1972.

Dentre os satélites lançados destaca-se o satélite Landsat 7 marcando o início da terceira geração do programa Landsat foi lançado a 15 de Abril de 1999 e contém a bordo o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper +*). Este sensor tem uma resolução temporal de 16 dias e 8 bandas espectrais, das quais seis têm uma resolução espacial de 30 m que incluem o espectro visível (azul, verde, vermelho) e infravermelho (infravermelho próximo, infravermelho de banda curta 1 e 2) (NASA, 2000). Uma falha mecânica no sistema ETM+ resultou em problemas na coleta de dados a partir de 31 de maio de 2003 (USGS, 2018).

O satélite *Landsat 8* foi desenvolvido pela NASA em conjunto com *US Geological Survey*, lançado em 2013, é composto por dois instrumentos, o Imageador Operacional da Terra (*Operational Land Imager - OLI*) e o Sensor Infravermelho Térmico (*Thermal Infrared Sensor - TIRS*). A resolução espacial para o comprimento de onda visível é 30 m, o comprimento de onda térmica 100 m, e a pancromático 15 m. O OLI tem duas novas bandas espectrais, uma para detecção de nuvens cirrus e outro para observar zonas costeiras. A resolução temporal permanece 16 dias, com aperfeiçoamento da resolução radiométrica para 12 *bits*, podendo diferenciar 4.096 níveis de cinza (USGS, 2018).

Tabela 1: Principais bandas dos sensores ETM+ e OLI.

Banda	Faixa do espectro	Intervalo espectral	Aplicações
1	Azul-Verde	0,45-0,52 μm	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre vegetações coníferas e decídua
2	Verde	0,52-0,60 μm	Reflectância da vegetação verde sadia
3	Vermelho	0,63-0,69 μm	Absorção da clorofila Diferenciação de espécies vegetais
4	Infravermelho Próximo	0,76-0,90 μm	Levantamento de biomassa Delineamento de corpos d'água
5	Infravermelho Médio	1,55-1,75 μm	Medidas de umidade da vegetação Diferenciação entre nuvens e neve
6	Infravermelho Termal	10,40-12,50 μm	Mapeamento de estresse térmico em plantas Outros mapeamentos térmicos
7	Infravermelho Médio	2,08-2,35 μm	Mapeamento hidrotermal

Fonte: USGS (2018).

2.4.1. Vantagens dos satélites Landsat

Cohen e Goward (2004), apresentaram as principais razões para a utilização das imagens dos satélites Landsat no estudo de mudanças temporais de vegetação: (i) uma série de dados com

mais de 40 anos, (ii) uma resolução espacial apropriada para o estudo de mudanças de UCT, (iii) uma resolução espectral que inclui as bandas mais importantes para a análise de mudanças de UCT (azul, verde, vermelho e infravermelho), e (iv) o custo reduzido.

2.5. Tipos de Resolução

Os sistemas de sensores são caracterizados pela sua resolução que é a sua capacidade em registar informação, nas distintas curvas de reflectância espectral, e a resolução depende da capacidade que o sensor possui para distinguir as variações da energia electromagnética, discriminar o detalhe espacial e espectral e ainda, a frequência da sua passagem sobre o mesmo objecto (Mather, 2009). As imagens podem ser consideradas sob vários tipos de resolução, destacando-se a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

2.5.1. Resolução espectral

A resolução espectral é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema de sensores pela amplitude do intervalo do comprimento de onda de cada banda. O sistema óptico (espelhos e tentes) decide em que partes do espectro o sensor será capaz de receber a radiação reflectida ou emitida pela superfície terrestre e o tipo do detector é responsável pela sensibilidade e pelo intervalo espectral de cada banda (Schowengerdt, 1997).

2.5.2. Resolução espacial

Às vezes designada simplesmente por resolução, define o tamanho do pixel que corresponde à unidade mínima de informação de uma imagem, esta é constituída por pontos elementares com um determinado valor abaixo do qual não é possível discernir os objectos, ponto este designado por pixel. Geralmente, só se pode discriminar, na imagem, elementos de tamanho igual ou superior à sua resolução espacial (Ferrão, 2005).

2.5.3. Resolução radiométrica

Ainda podem ser citadas a resolução radiométrica do sensor, que se refere à sua capacidade de discriminação das intensidades de energia reflectida ou emitida pelos objectos e a resolução temporal, que é a frequência com que o imageamento sobre uma mesma área é realizado. (Cunha, 2009). Resolução radiométrica é a capacidade que o sensor tem de detectar as diversas variações da radiância espectral que recebe. Esta resolução é dada em função da quantização ou codificação dos pixéis e determina o número de valores digitais representando níveis de cinza reconhecidos, quanto maior o número de valores, maior é a resolução radiométrica, o número de níveis de cinzento é comumente expresso em função do número de dígitos binários

necessários para armazenar, em forma digital o valor do nível máximo, o valor em bits é sempre uma potência de base 2, por exemplo, a quantificação ou codificação em 8 bits significa que a imagem é registada em 256 níveis de cinza (0 a 255), (Mather, 2004).

2.5.4. Resolução Temporal

A resolução temporal se refere ao intervalo de tempo em dias ou horas, que o sistema demora para obter duas imagens consecutivas da mesma região sobre a terra. Quanto maior for o intervalo de tempo, menor é resolução temporal (Tuzine, 2011).

2.6. Resposta espectral de alvos

Cada superfície apresenta uma interação particular com a radiação eletromagnética e dependendo do comprimento de onda da radiação incidente e das propriedades da superfície, haverá uma reflexão diferente (Cunha, 2009). O comportamento espectral, ou assinatura espectral, dos alvos está relacionado ao processo de interação entre eles e a radiação eletromagnética, que pode ser absorvida, transmitida ou refletida (Cunha, 2009).

A figura 1 demonstra a reflexão espectral de solo, vegetação verde e água clara, nos diferentes comprimentos de onda.

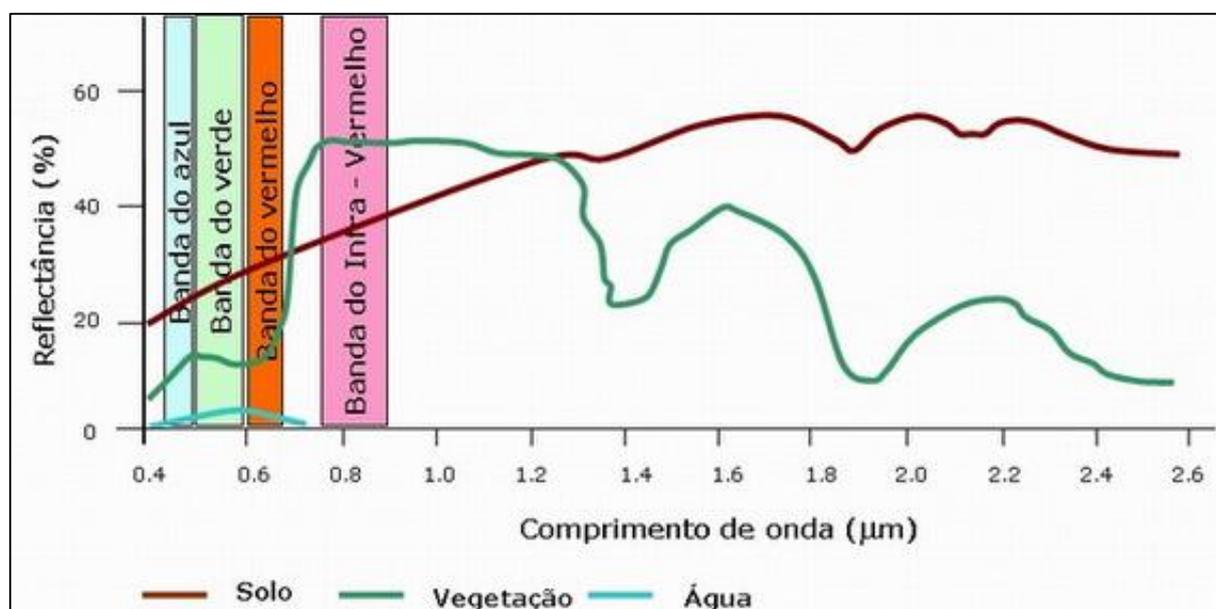


Figura 1: Curva padrão da reflexão espectral do solo, vegetação e água clara.

Fonte: (Cunha, 2009).

2.6.1. Água

A água apresenta alta absorvência, ou seja, absorve grande parte da energia eletromagnética incidente. A curva de refletância típica da água é baixo entre 0,38 s 0,7 µm, figura 1. A água

absorve toda energia solar incidente em comprimentos de onda superiores a $0,7 \mu m$. logo o balanço energético se reduz a $\alpha=1$. Esta propriedade torna-se importante em mapeamento de corpos de água usando informação espectral do infravermelho, pois sendo a refletância nula é mais fácil discriminar a água de outros elementos (Lillesand e Kiefer, 2000).

Na realidade é difícil encontrar água totalmente pura na natureza. Os corpos de água geralmente contem outros elementos dissolvidos ou em suspensão, que alteram a sua resposta espectral a aparência. Estes elementos podem causar absorção de energia ou espalhamento. Quanto mais turva for à água, em decorrência da presença de materiais em suspensão, maiores serão seus valores de refletância isto é, a turbidez da água aumenta a refletância de corpos de água. A refletância é linearmente proporcional a turbidez entre $0,5$ a $0,7 \mu m$. (Centeno, 2009).

2.6.2. Vegetação

Quando o alvo de interesse é a vegetação, as folhas são os elementos que mais contribuem para o sinal detectado pelos sensores contribuindo em maior parte com os comprimentos de ondas que serão absorvidos pelos sistemas sensores. Os principais aspectos relacionados com o comportamento espectral de uma folha verde sadia nos comprimentos de onda do visível ($0,4-0,7\mu m$), no infravermelho próximo ($0,7-1,3 \mu m$) e no infravermelho médio ($1,3-3,0 \mu m$) são definidos por vários factores (Moreira, 2001).

A vegetação verde tem baixa reflexão na banda azul e vermelha e um pico na luz verde, por isso ela parece verde para nossos olhos, a clorofila é a maior responsável por absorver o vermelho e azul e refletir o verde (Cunha, 2009).

A variação da reflectância entre uma planta e outra se deve, principalmente, a sua estrutura e ao tamanho das folhas (Cunha, 2009).

2.6.3. Solos

A textura do solo é determinada pelas proporções de argila, silte e areia. Os solos argilosos são compostos por partículas muito pequenas, conseqüentemente com poucos espaços livres, resultando em um solo mais compacto. Já nos solos arenosos, onde as partículas são maiores, os espaços entre elas são grandes, permitindo maior quantidade de ar ou de água. Nos solos argilosos, pelos espaços serem menores, a água não é drenada, nem evaporada tão rapidamente quanto nos solos arenosos. Assim, quanto maior o conteúdo de água, menor a refletância, principalmente nas bandas de absorção da água, e quanto mais fina a textura, maior é a refletância (Lillesand e Kiefer, 2000).

Na porção do visível, o aumento da quantidade de água causa uma diminuição na refletância, que explica o fato dos solos escurecerem ao serem molhados. Nas regiões do infravermelho próximo e médio, a diminuição da refletância com o aumento do conteúdo de água deve-se a baixa refletância da água nestes comprimentos de onda (Lillesand e Kiefer, 2000).

2.7. Processamento digital de imagem de satélite

Segundo Ferrão (2005), as técnicas de melhoramento e análise de imagens de satélite dos diversos tipos de sensores recebem o nome de processamento digital de imagens. Segundo o mesmo autor o processamento digital realiza-se para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais e para fornecer ao analista humano outros subsídios para a sua correcta interpretação. O processamento digital de imagens tem duas fases: Pré-processamento e Processamento final.

2.7.1. Pré-processamento

Quando uma imagem é captada no centro de recepção terrestre ou registada nas fitas magnéticas a bordo dos satélites, contem um certo número de distorções que devem ser corrigidas antes da sua análise ou interpretação deste modo o pré-processamento consiste na preparação dos dados brutos de modo a melhorar a sua qualidade, de entre as técnicas mais empregues, destacam-se: correção atmosférica, correção geométrica (Ferrão, 2005).

2.7.1.1. Correção geométrica

Logo após o processo de aquisição das cenas pelos sensores, estas não possuem qualquer vínculo com a superfície terrestre no que diz respeito as coordenadas. Essas imagens estão sujeitas a uma serie de distorções espaciais, não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objectos nela representados (Crosta, 1993).

A correção geométrica tem a função de reorganizar os “pixéis” da imagem em relação a um determinado sistema de projecção cartográfica. Ela objectiva minimizar as distorções geométricas, provenientes das características do sensor utilizado e das variações decorrentes do movimento do mesmo durante a passagem sobre o alvo. (Luiz *et al.*, 2003). Essa pode ser feita através de várias técnicas de reamostragem dos pixéis da cena. Os mais comuns são: “vizinho mais próximo”, “interpolação bilinear” e “convolução cubica”.

2.7.1.2. Correção atmosférica

Na detenção de mudanças, quando duas imagens de datas distintas são comparadas, as condições da atmosfera destas duas datas estão registadas nos dados das imagens e participarão

da comparação, causando diferentes efeitos, principalmente quanto maior ou menor for a presença de água e aerossóis (névoa) nos instantes das tomadas, (Kiel, 2008).

Na prática utiliza-se técnicas mais simples, que produzem resultados satisfatórios. A técnica do mínimo histograma é uma delas, e baseia-se no fato de que, sombras de nuvens densas e de relevo e corpos de água limpa, por hipótese, deveriam ter radiância nula, consequentemente níveis de cinza zero. Portanto, valores de níveis de cinza não nulos, encontrados nestas áreas são considerados provenientes de efeito aditivo do espalhamento atmosférico. A técnica consiste em subtrair de cada pixel de cada banda espectral de toda a imagem, o menor valor medido nestas áreas (Meneses e Almeida, 2012).

2.8. Classificação de Imagem

Segundo Lillsand (2003), o objectivo de classificação de imagem e substituir análises visuais da imagem por meio de técnicas quantitativas para a automatização de identificação de feições na imagem. Segundo o mesmo autor esta operação normalmente envolve análises multiespectrais dos dados da imagem e aplicação de decisões estatísticas para a determinação da cobertura de terra em cada pixel na imagem. Por sua vez Kauth e Thomas (1976), definem classificação de imagens como processo de associar pixéis de uma imagem a uma determinada classe.

2.8.1. Classificação não-supervisionada

A classificação não-supervisionada é um procedimento em que a interacção do analista com o sistema é mínima, no entanto, certos algoritmos necessitam que o analista forneça alguns parâmetros na fase de treinamento (Moreira, 2001). Embora os classificadores não-supervisionados sejam indicados nos casos em que o analista não possui conhecimento prévio da área de estudo, eles também podem ser usados quando se conhece a área, isto é feito quando se quer eliminar a subjectividade no processo de obtenção das amostras de áreas, para criar o pacote de treinamento, como indicado no processo supervisionado (Moreira, 2001).

2.8.1.1. Método Isodata

O método de classificação Isodata é provavelmente o mais conhecido e é descrito como um meio de interpretação de imagens de detecção remota assistida por computador. O programa de classificação identifica padrões típicos nos níveis de cinza. Esses padrões são classificados efectuando-se visitas de reconhecimento a alguns poucos exemplos escolhidos para determinar a sua interpretação (Moreira, 2001). Em razão da técnica usada nesse processo, os padrões são geralmente referidos como agrupamentos ou nuvens (“clusters”). Neste tipo de classificação,

as classes são determinadas pela análise de agrupamentos (“*cluster analysis*”). Os pixels nas áreas de treino são submetidos aos algoritmos de agrupamento que determinam a agregação natural dos dados, considerando a sua distribuição num espaço de n dimensões (no caso, bandas espectrais), (Moreira, 2001).

2.8.2. Classificação supervisionada

Segundo Cunha (2009), a classificação supervisionada é utilizada quando se tem algum conhecimento prévio sobre as classes na imagem ou sobre a área de estudo, onde o usuário identifica alguns pixels, os quais são usados pelos algoritmos de classificação para localizar os demais relacionando-os à determinada classe.

Segundo Richard e Jia (1999), na classificação supervisionada obedecem se aos seguintes passos: definição das classes de cobertura nos quais a imagem deverá ser classificada, recolha e avaliação de áreas de treino para cada classe; atribuição de uma classe a cada pixel da imagem e avaliação da precisão de classificação.

Na classificação supervisionada, o usuário define as classes e apresenta amostras ao computador, e a partir das quais ele pode calcular parâmetros estatísticos para descrever cada classe. Uma vez definidas as classes e calculados os seus descritores todos os pixels na imagem são classificados. Na classificação supervisionada o usuário contribui com o seu conhecimento a respeito da área para definir as classes de interesse. Assim ele identifica na imagem áreas das classes puras e informa ao computador que a partir dos valores correspondentes a estas regiões, pode calcular parâmetros estatísticos para cada classe (média e variância, por exemplo), (Meneses e Almeida, 2012).

A fase mais importante deste processo é a amostragem, pois é nela que o usuário define as classes e escolhe as amostras representativas. Esta decisão depende do interesse do usuário e pode ser diferente em cada aplicação, (Moreira, 2001).

2.8.2.1. Modelo de Máxima verossimilhança

O classificador de máxima verossimilhança (Maxver) é um dos algoritmos mais utilizados no processamento de imagens de satélite. Apesar de não ser computacionalmente tão eficiente como o algoritmo do paralelepípedo, é um dos classificadores que apresenta melhores resultados, (Meneses e Almeida, 2012). Este é o método de classificação mais usado e consiste na atribuição de uma classe a um pixel para o qual a distância ponderada seja a mais baixa (Erbek *et al.*, 2004; Lillesand *et al.*, 2014). O algoritmo assume que as assinaturas espectrais das áreas de treino de cada classe apresentam uma distribuição Gaussiana, para isso, avalia a

média, variâncias e covariâncias das áreas de treino, para assim determinar a distribuição Gaussiana de cada uma delas (Meneses e Almeida, 2012). O classificador de máxima verossimilhança tem a grande vantagem de utilizar métodos probabilísticos para a classificação de imagens (Meneses e Almeida, 2012). Contudo, a classificação pode ficar comprometida se não existirem pixels suficientes nas áreas de treino que permitam valores significativos de médias, variâncias e covariâncias, pode ainda ser prejudicada se existir um grau elevado de correlação entre bandas, ou se as classes não tiverem um comportamento de uma distribuição Gaussiana, (Meneses e Almeida, 2012).

2.9. Análise de exactidão

De acordo com Lillesand *et al.*, (2004), uma das últimas etapas da classificação digital de imagens é a da validação dos resultados da classificação onde se busca avaliar a precisão da classificação.

Os mesmos autores afirmam que a precisão depende de uma série de factores como a complexidade do terreno, as resoluções espaciais e espectrais do sistema sensor, o próprio algoritmo de classificação utilizado, a legenda utilizada no processo de classificação e o conjunto de dados que representa a verdade terrestre. O padrão adoptado na maioria dos estudos de sensoriamento remoto é de que a exactidão geral deve ser igual ou superior a 85%, este valor provém de um trabalho feito em 1976 (Soares, 2017).

2.9.1. Erros de Classificação

Nos resultados de classificação distinguem-se dois tipos principais de erros: erros de omissão e erros de inclusão (Centeno, 2009). Os erros de omissão são pixels pertencentes a uma dada classe que foram erroneamente classificados como sendo da outra, ou seja, foram omissos da classe, já os erros de inclusão correspondem aos pixels que sendo na realidade de outra classe, foram incluídos na classe considerada (Centeno, 2009). Os erros de omissão e de inclusão são elementos que servem para avaliar quanto cada classe foi sub ou superestimada. A primeira estatística, erros de omissão serve para descrever com precisão uma determinada classe definida. Já a taxa de erros de inclusão indica quanto cada classe foi superestimada (Centeno, 2009).

2.9.2. Matriz confusão

Uma forma bastante comum de avaliar a precisão da classificação é a elaboração de uma matriz de erro ou matriz de confusão, que são tabelas constituídas de linhas e colunas que expressam o número de células classificadas em relação a uma referência que pode ter sido obtida a partir

de imagens aéreas, observações de outros mapas ou medições de campo (Lillesand e Kieffer, 1994). Elas comparam para todas as categorias a relação entre esses dados de referência e os resultados correspondentes na classificação automática (Lillesand e Kieffer, 2004).

Na matriz, as colunas representam os dados de referência, enquanto as linhas representam a classe de cobertura designada pela classificação ou fotointerpretação e as classificações corretas são indicadas na diagonal principal da matriz, sendo que os elementos fora desta diagonal indicam uma combinação de erros de inclusão e exclusão (Alfredo, 2015).

2.9.3. Índice de Kappa

A precisão é normalmente expressa em termos de índice Kappa. E Congalton (1998), destaca que o Índice Kappa é um coeficiente baseado na diferença entre a concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência) e a chance de concordância entre os dados de referência de uma classificação aleatória (produto entre os totais marginais da matriz). A equação que fornece o valor de Kappa é apresentada a seguir:

$$k = \frac{N * \sum_{i=1}^M di - \sum_{i=1}^M (\sum l(i) * \sum c(i))}{N^2 - \sum (\sum l(i) * \sum c(i))} \quad \text{Fórmula (1)}$$

Onde: N é o número total de observações e M é o número de classes.

Moreira (2001) adaptou a tabela do estudo de Landis e Koch (1977), como ilustra a tabela que mostra que o índice kappa pode ser usado para avaliar o desempenho da classificação.

Tabela 2: Qualidade da classificação segundo intervalos do Índice Kappa (Landis e Koch, 1977).

Valor do Índice Kappa	Qualidade de Classificação
$\leq 0,00$	Péssima
$0 < K \leq 0,20$	Mau
$0,20 < K \leq 0,40$	Razoável
$0,40 < K \leq 0,60$	Boa
$0,60 < K \leq 0,80$	Muito Boa
$0,80 < K \leq 1,00$	Excelente

2.10. Detecção de mudanças de uso e cobertura de terra

A detecção de mudanças de UCT por sensoriamento remoto pode ser dividida em dois tipos: comparação mapa a mapa e comparação imagem a imagem (Giri, 2012). A comparação

imagem a imagem, ou diferenciação de imagens, implica a subtração de uma imagem por outra (Coppin *et al.*, 2004). Na comparação mapa a mapa, ou comparação pós-classificação, dois mapas de cobertura de terra são gerados independentemente e os resultados comparados (Giri, 2012).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em quatro comunidades nomeadamente: Chivondzoene, Mafada, Mahanche e Mwamandzele localizados nos distritos de Chicualacuala, Guijá, Chigubo e Mabalane respectivamente, no Norte da Província de Gaza. Tendo como limites a nível dos distritos: Norte o distrito de Massangena e a República do Zimbabué, Oeste a África do Sul, Este a província de Inhambane especificamente os distritos de Funhalouro e Panda e a Sul o distrito de Chókwè (MAE, 2005).

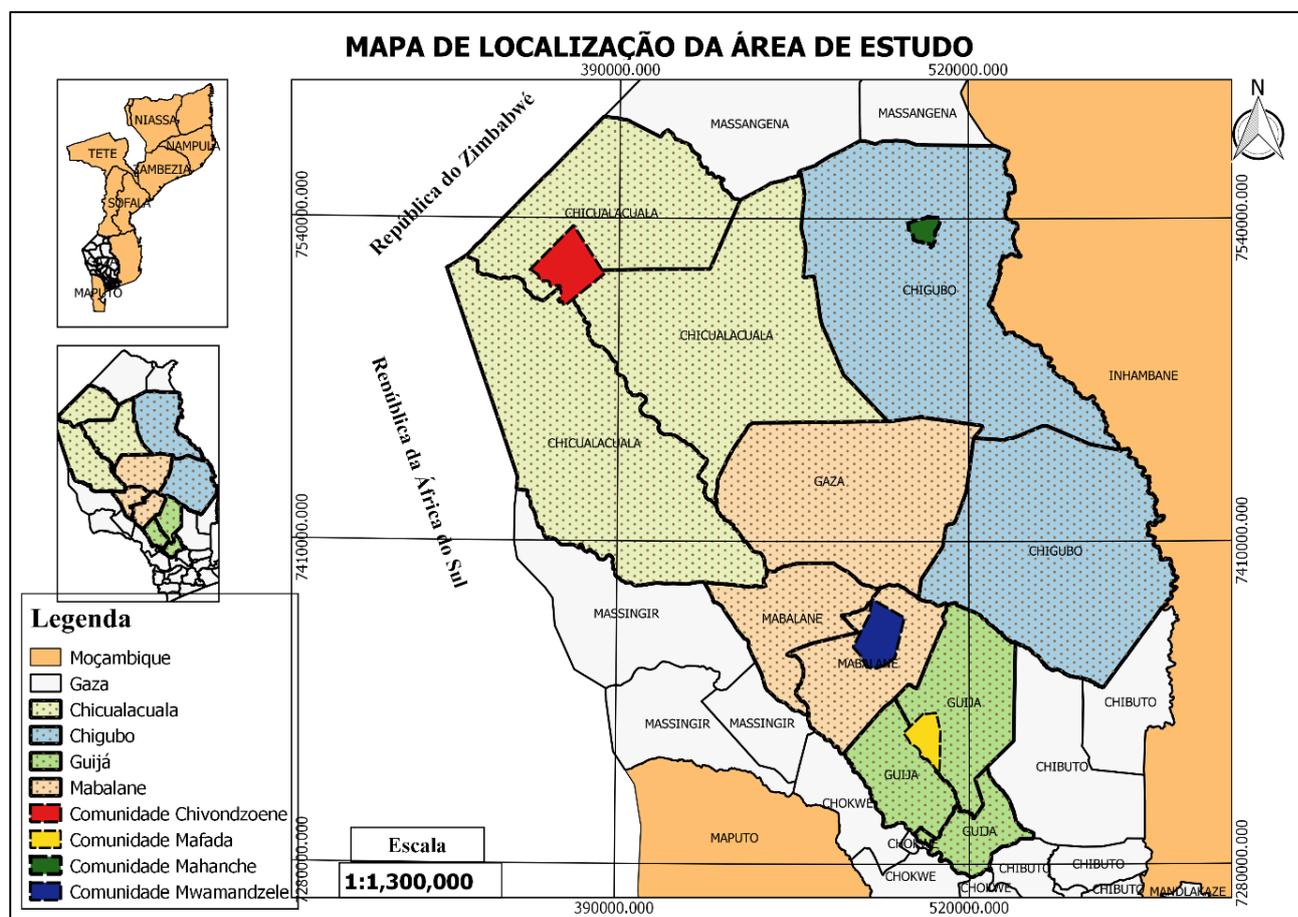


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Autor.

3.2. Clima e hidrografia

Nestes distritos predomina o clima semiárido seco com temperaturas médias anuais superiores a 24°C, a precipitação anual situa-se entre 400 e 800mm. No distrito de Guijá correm os riachos Nandjote, Plane, Chichacuane e Balabala e as lagoas Bambeni e Linguaze. Em Chigubo o rio Changane. Em Mabalane o rio Limpopo na sua faixa ocidental, o rio Chigombe a Norte, o rio Sungutane no centro e os rios Chichakware e ramos do rio Mbalavala a Sul e na zona Oeste do

distrito correm os rios Japé e Nhimbaingue. E em Chicualacuala os principais rios são o Limpopo, Nwanetzi, Chefu, Munene e singuédzi (MAE, 2005).

3.3. Solos e relevo

Nestes distritos predominam solos arenosos e aluvionares, o relevo dos distritos é ligeiramente acidentado com altitudes inferiores a 200m (MAE, 2005).

3.4. Vegetação

A província de Gaza apresenta-se na 4ª posição das províncias mais florestadas a nível do País com 3778.8 milhões de ha (50.2%) do total de área florestada depois de Manica (55.5%), Cabo Delgado (61.7%) e Niassa (77%), (Marzoli, 2007).

Tendo a sua parte Oeste ocupada pela vegetação de Mopane que em Moçambique perfaz 33% da área territorial e particularmente em Mabalane ocupa aproximadamente cerca de 80% da vegetação do todo distrito (Maposse, 2003).

A vegetação de Mopane é das mais importantes para a diversidade de vertebrados na África Austral, (PEDD, 2008). Outros tipos de vegetação na área de estudo referem-se à pradaria arborizada, matagal baixo, manchas dispersas de matagal médio e floresta baixa medianamente densa, floresta galeria e mata aberta (MAE, 2005). Encontram-se nestes distritos outras espécies florestais como o *Androstachis johnsonii* (com exceção de Guijá), *Terminalia sericea*, *Azelia*, *quanzensis Strychnos madagascarensis*, *Vangueria infausta* e *Adansonia digitata* (MAE, 2005; Maposse, 2003).

3.5. Aspectos socioeconómicos

Nestes distritos é a produção pecuária aquela que maior potencial sócio – económico tem, devido à existência de um estrato gramíneo e arbustivo abundante com exceção do Distrito de Guijá, (MAE, 2005). A produção agrícola é feita predominantemente em condições de sequeiro, sendo as principais culturas de alimentos básicos para o sector familiar no distrito são a mapira e milho, embora os camponeses produzam, também, amendoim e feijão nhemba, com rendimentos muito baixos (MAE, 2005). As fontes de rendimento adicionais são escassas para a população dos distritos (MAE, 2005). Nos períodos de escassez, as famílias recorrem a uma diversidade de estratégias de sobrevivência que incluem a participação em programas de "comida pelo trabalho" a recolha de frutos silvestres, a caça e as remessas de familiares no estrangeiro (MAE, 2005).

A lenha e o carvão são os principais combustíveis domésticos. A madeira também é usada na construção de casas (MAE, 2005).

Estes distritos possuem potencial para o desenvolvimento da actividade pecuária, especialmente as aves, bovinos, ovinos e caprinos, porém em Guijá o fomento pecuário tem sido fraco (MAE, 2005).

A caça é um suplemento alimentar importante e a pesca é uma actividade sem expressão económica, mas importante na dieta familiar (MAE, 2005). A actividade industrial e a rede comercial são reduzidas (MAE, 2005).

Estes distritos tem um grande potencial turístico com exceção do distrito de Guijá cujo potencial turístico não é relevante (MAE, 2005). O Parque Nacional de Banhine, com uma área de 7 mil Km², abrange os distritos de Chigubo (3.000 km²), Chicualacula e Mabalane (MAE, 2005).

3.6. Materiais

Qgis 2.8.2

- Pré-processamento das imagens;
- Seleção de pontos de amostragem;
- Produção de mapas.

Envi 5.3

- Processamento de imagens;
- Classificação e Validação.

GPS Map 64s

- Registo das coordenadas para a validação no campo;
- Localização dos pontos de classes no campo.

Google earth pro

- Auxiliou na classificação e validação dos dados no campo.

Máquina fotográfica

- Captação de fotografias dos diferentes tipos de cobertura florestal, uso de terra e vestígios de actividades que condicionam a degradação florestal.

3.7. Métodos

Abaixo encontra-se o fluxograma resumo referente as etapas realizadas para o alcance dos objectivos do estudo, desde a aquisição de imagens satélite ate a produção do mapa de desflorestamento.

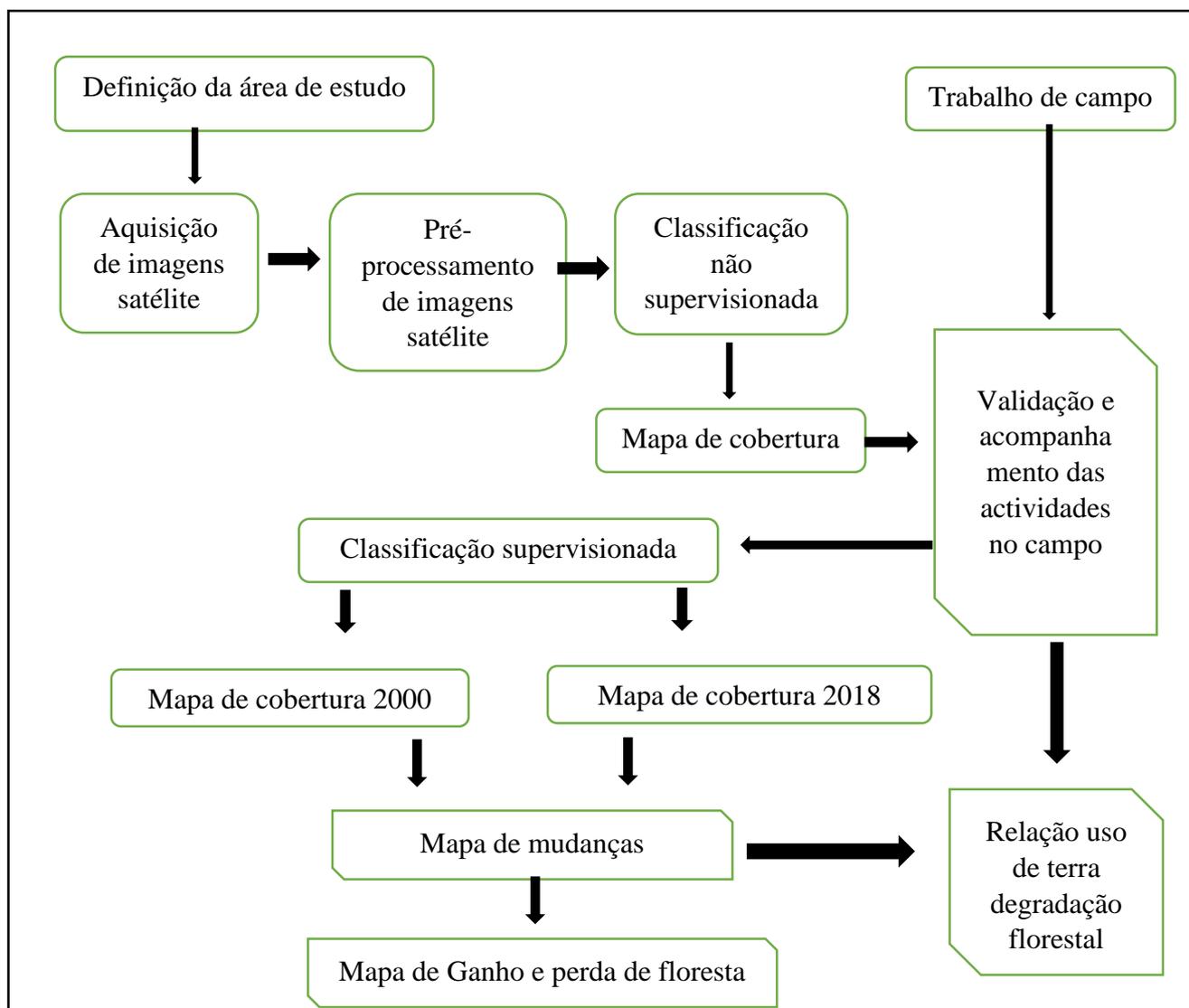


Figura 3: Fluxograma de actividades.

3.8. Aquisição de dados

Primeiramente obtiveram-se imagens Landsat 7 ETM+ do ano 2000 e Landsat 8 OLI do ano 2018, descarregadas a partir do Website: <http://glovis.usgs.gov/>.. As características das imagens descarregadas encontram-se na tabela (3).

Tabela 3: Características das imagens adquiridas.

	Sensores							
	ETM				OLI			
Local	Chivondzoene	Mafada	Mahanche	Mwamandzele	Chivondzoene	Mafada	Mahanche	Mwamandzele
Orbita	168-75	167-77	167-76	168-75	168-76	167-77	168-75	168-76
Data de aquisição	31/08/2000	9/9/2000	9/9/2000	31/08/2000	22/06/2018	19/09/2018	26/09/2018	22/06/2018
Formato	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF
Resolução espacial	30 metros	30 metros	30 metros	30 metros	30 metros	30 metros	30 metros	30 metros

As imagens foram selecionadas observando os seguintes critérios:

- **Periodicidade das imagens:** foram selecionadas imagens de data próximas;
- **Estações do ano:** foram selecionadas imagens do período seco – permitiram melhor distinção dos diferentes tipos de vegetação;
- **Qualidade das imagens:** selecionou-se imagens livres de cobertura de nuvens – as nuvens e as respectivas sombras projectadas obstruem a resposta espectral dos objectos à superfície.

A figura (4) que se segue demonstra o processo de aquisição das imagens no sítio do USGS *Global Visualization Viewer* disponível em <<http://www.glovis.usgs.gov/>>.

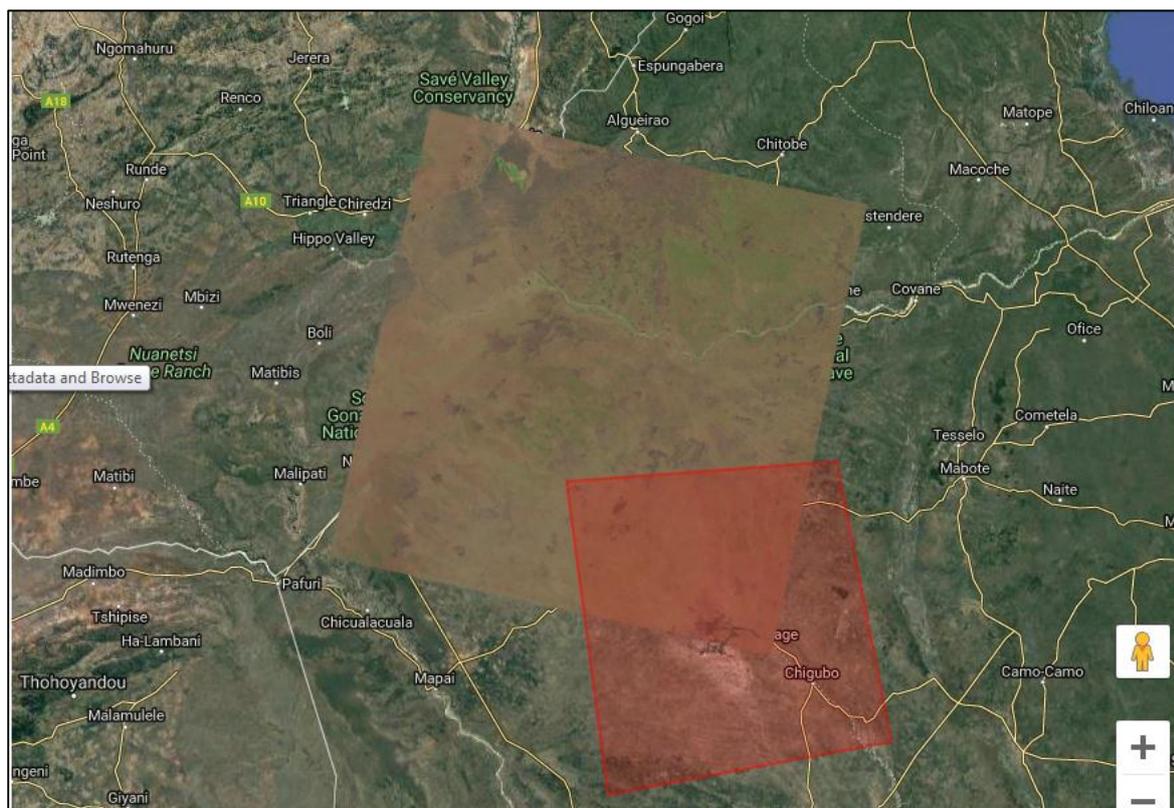


Figura 4: Aquisição de imagens satélites no USGS.

3.9. Pré-processamento

Visto que as imagens descarregadas encontravam-se com boa qualidade, o pré-processamento cingiu-se apenas na delimitação da área de interesse.

3.9.1. Delimitação da região de interesse e combinação de bandas

Esta etapa consistiu no recorte das áreas de interesse, visto que, as imagens descarregadas cobriam mais do que as áreas necessárias. Para tal, importaram-se as imagens para o QGIS 2.8.2, fez-se a junção de bandas a partir da ferramenta *band set*, fez-se a sobreposição dos SHP correspondentes as comunidades em estudo, nas imagens com as bandas empilhadas e com o recurso a ferramenta *clipper* fez-se o recorte de cada área de interesse.

Quanto a combinação de bandas, para uma boa identificação dos alvos, foi usada uma composição colorida falsa cor de 4,3,2 para o RGB (Vermelho, Verde e Azul). A escolha da combinação de bandas depende das feições que se deseja realçar e no caso do presente estudo pretendia-se realçar o padrão e a distribuição da vegetação. As imagens da figura (5) que se segue demonstra o processo da extração da área de interesse.

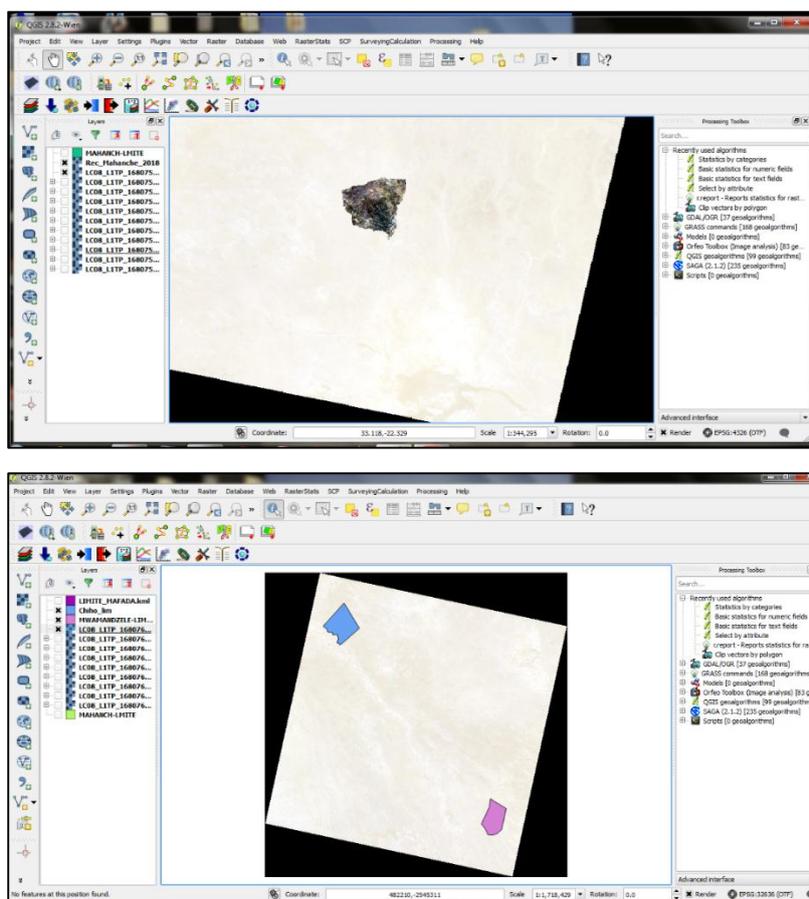


Figura 5: Imagens com SHP das comunidades de Mwamandzele e Chivondzoene sobre a imagem satélite e a comunidade de Mahanche já recortada.

3.10. Classificação das imagens

3.10.1. Classificação não Supervisionada: Fase I

Na primeira fase de classificação de imagens satélite, fez-se a classificação não-supervisionada através do ENVI 5.3, usando o algoritmo Isodata. A definição e o intervalo de classes baseou-se nos padrões previamente estabelecidos pela CENACARTA, em termos de classes de uso e cobertura de terra e na informação sobre os tipos de vegetação de cada distrito obtida em alguns trabalhos científicos realizados em alguns desses distritos e no MAE. O intervalo de classes foi de 4-6 classes de cobertura com objectivo de identificar e agrupar as classes de cobertura com a mesma reflectância.

3.10.1.1. Pontos totais de validação

As amostras de pontos de validação foram determinadas pela fórmula (2) de Rosenfield *et al.*, (1982), citado por Fidalgo (1995).

$$n_o = \frac{z^2 x P x (1-P)}{E^2} \quad \text{Fórmula (2)}$$

Onde:

- *n_o*: Número total de pontos da amostra
- *z*: valor na função de distribuição *z* acumulada, que é igual a 1.96 para o intervalo de confiança de 90%;
- *P*: exatidão de classificação mínima desejada, que é igual a 0.85 para uma exatidão mínima desejada de 85%;
- *E*: erro máximo de estimativa desejada, que é igual a 0.1 para um erro máximo estimado de 10%.

3.10.1.2. Número de pontos de amostra por cada classe

Após ser determinado o número total de pontos de amostra, determinou-se o número de pontos de amostra por cada classe com base na proporção das classes, de acordo com a fórmula (3) abaixo indicada:

$$NAE = NTA \frac{AE}{ATA} \quad \text{Fórmula (3)}$$

Onde:

- *NAE*: número de pontos de amostra por estrato
- *NTA*: numero total de pontos da amostra
- *AE*: Área de estrato em hectares

➤ ATA: Área total amostrada

Através das fórmulas obteve-se 58, 49, 39 e 67 pontos de validação para Chivondzoene, Mafada, Mahanche e Mwamandzele respectivamente.

O número e distribuição dos pontos alocados por cada classe em cada comunidade encontram-se respectivamente representados na figura (6) abaixo.

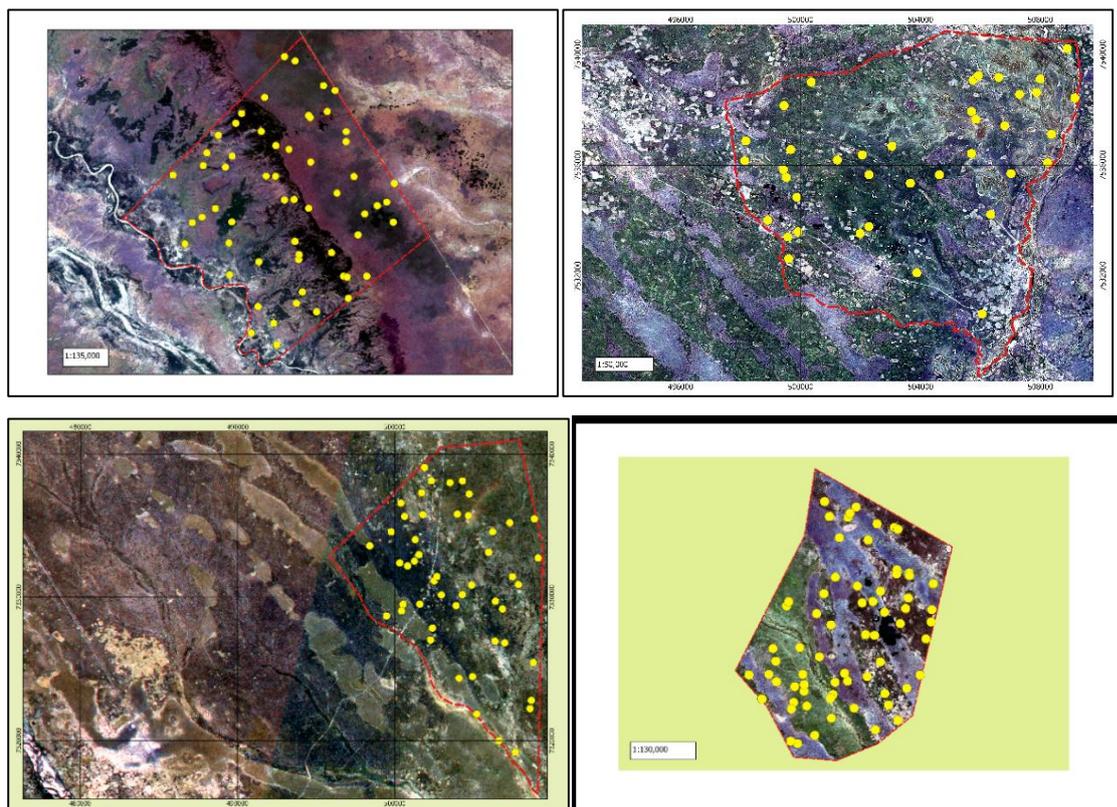


Figura 6: Pontos de validação.

3.10.2. Classificação supervisionada: Fase II

3.10.2.1. Validação dos dados no campo (trabalho de campo)

Segundo Cunha (2009), o trabalho de campo é parte indispensável no estudo do mapeamento do uso do solo por meio de imagens de satélite, tornando a classificação mais confiável. Obtidos os números de pontos para amostra, seguiu-se o trabalho de campo que consistiu na confirmação das classes encontradas pela classificação não supervisionada e obtenção de informação sobre o uso de terra por parte das comunidades. Para tal, foram inseridos no GPS (Global *positioning system*) com a orientação UTM (*Universal Transversal Mercator*), os pontos amostrais fornecidos durante a classificação não supervisionada e no campo localizou-se os pontos para aceitação ou rejeição da informação referente as classes obtidas pela

classificação não supervisionada. De forma a saber sobre os factores que influenciam para a degradação florestal também foram colectadas por meio de entrevista e fotografias informações referentes as actividades praticadas nos locais georreferenciados que podem constituir causa das mudanças de uso de terra. E em caso de áreas de queimadas procurou-se saber da possível causa da queimada e da idade.

3.10.2.2. Definição das classes de uso e aproveitamento de terra

A definição das classes de uso e aproveitamento de terra para este estudo foi feito adaptando-se o esquema de classificação do (CENACARTA), que define as classes de UCT de solo exposto, agricultura, zonas húmidas, pradarias, matagal, floresta aberta e floresta fechada e baseando-se nas formas de uso de terra verificada nos distritos através da classificação não supervisionada. E devido a dificuldade de separar na imagem Habitações e solo exposto uniu-se essas classes tendo-se unido posteriormente essas classes à agricultura devido ao objetivo do estudo. O número de classes de uso para este estudo variou de comunidade para comunidade. Porém o quadro (1) abaixo mostra as classes totais obtidas no estudo.

Quadro 1: Classes de uso e cobertura de terra utilizadas.

Itens	Classes	Cores
1	Mecrusse	
2	Mopane	
3	Acácia	
4	Floresta Mista	
5	Agricultura/ Habitações/Solo exposto	
6	Corpos de água	

Após a confirmação no campo e a definição das classes, fez-se a classificação supervisionada através software ENVI 5.3 pelo método da máxima verossimilhança que segundo Crosta (1992) exige um número bastante elevado de amostras para cada conjunto de classe, permitindo uma base segura para o tratamento estatístico.

No mapa de mudanças acima referido, extraiu-se a tabela de atributos contendo as informações das mudanças ocorridas de uma para a outra classe de cobertura, a partir das quais produziu-se em Excel a matriz das mudanças e a partir desta, determinou-se o fluxo das mudanças da cobertura. Para a visualização das mudanças de UCT, com ênfase nas perdas de floresta, foram preparados quatro mapas correspondentes às quatro comunidades, com categorias agrupadas de classes de UCT nomeadamente: *Perda de Floresta*, *Ganho de Floresta*, *Outras Mudanças* e *Nenhuma Mudança*. Sendo considerado *Perda de Floresta* (onde assumiu-se que houve degradação) todas as mudanças da classe “Floresta” para outra classe, e *Ganho de Floresta* todas as mudanças no sentido inverso. A classe de *Nenhuma Mudança* representou todos casos em que não houve mudança na classe de um período para o outro. A classe de *Outras Mudanças* incluiu as mudanças envolvendo as classes que não incluem floresta. As informações colhidas no campo em jeito de entrevista, referentes às actividades habitualmente praticadas pelas comunidades, a frequência de prática das actividades, a razão da realização de tais actividades, consequências da prática de tais actividades, de modo a identificar as causas de mudanças de uso de terra, também auxiliaram na análise da relação do uso de terra com a degradação florestal. Foi também determinada a taxa de desmatamento para o período em estudo, tendo-se considerado desmatamento as perdas líquidas, ou seja, as perdas de floresta subtraídas dos ganhos de floresta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso e cobertura de terra na comunidade de Chivondzoene

Com base na classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI, foram encontradas 6 classes de uso e cobertura de terra na comunidade de Chivondzoene para os anos 2000 e 2018, as quais estão apresentadas na tabela (5), com as suas respectivas áreas em hectares e em percentagem de cobertura em relação a área total do estudo bem como a variação das áreas das classes durante o período em análise.

Tabela 5: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Chivondzoene.

Classes	2000		2018		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	ha	%
AG/SE/HAB	2298.89	5.4	4275.79	10.0	1976.90	4.6
Acácia	3423.13	8.0	8190.65	19.1	4767.52	11.1
Mopane	10,511.42	24.6	7513.87	17.6	-2,997.55	-7.0
Corpos de água	212.74	0.5	348.46	0.8	135.72	0.3
Floresta mista	18,415.48	43.1	16,095.88	37.6	-2319.60	-5.4
Mecrusse	7909.73	18.5	6346.74	14.8	-1562.98	-3.7
Total	42771.39	100	42771.39	100	0.00	0.00

Em geral no ano 2000 a área florestal constituída pelas classes (Acácias, Mopane, Floresta Mista e Mecrusse) correspondia à uma área de 40472.5 hectares (94.6% da área da comunidade) e área não florestal (Agricultura, solo exposto, habitações e corpos de água) correspondia à uma área 2298.89 hectares (5.4% da área da comunidade), porém em 2018 a cobertura florestal reduziu para uma área de 38495.6 hectares (90% da área da comunidade), porém verifica-se um comportamento estranho da classe Acácia que verificou um aumento que pode ter sido causado pela redução da classe Mopane devido à exploração e associado ao facto das espécies que constituem a classe Acácia se desenvolverem próximo ao rio e nas zonas húmidas havendo boas condições para o seu avanço. Em contrapartida, verificou-se que a área não florestal aumentou 4.6% passando a representar 4275.793 hectares, (10.0% da área da comunidade) incluindo os corpos de água que podem ter aumentado a área devido aos pequenos cursos de água presentes nas imagens processada,

A figura (7) abaixo mostra os mapas de uso e cobertura da terra dos anos em análise (2000 e 2018) da comunidade de Chivondzoene, resultante da classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI.

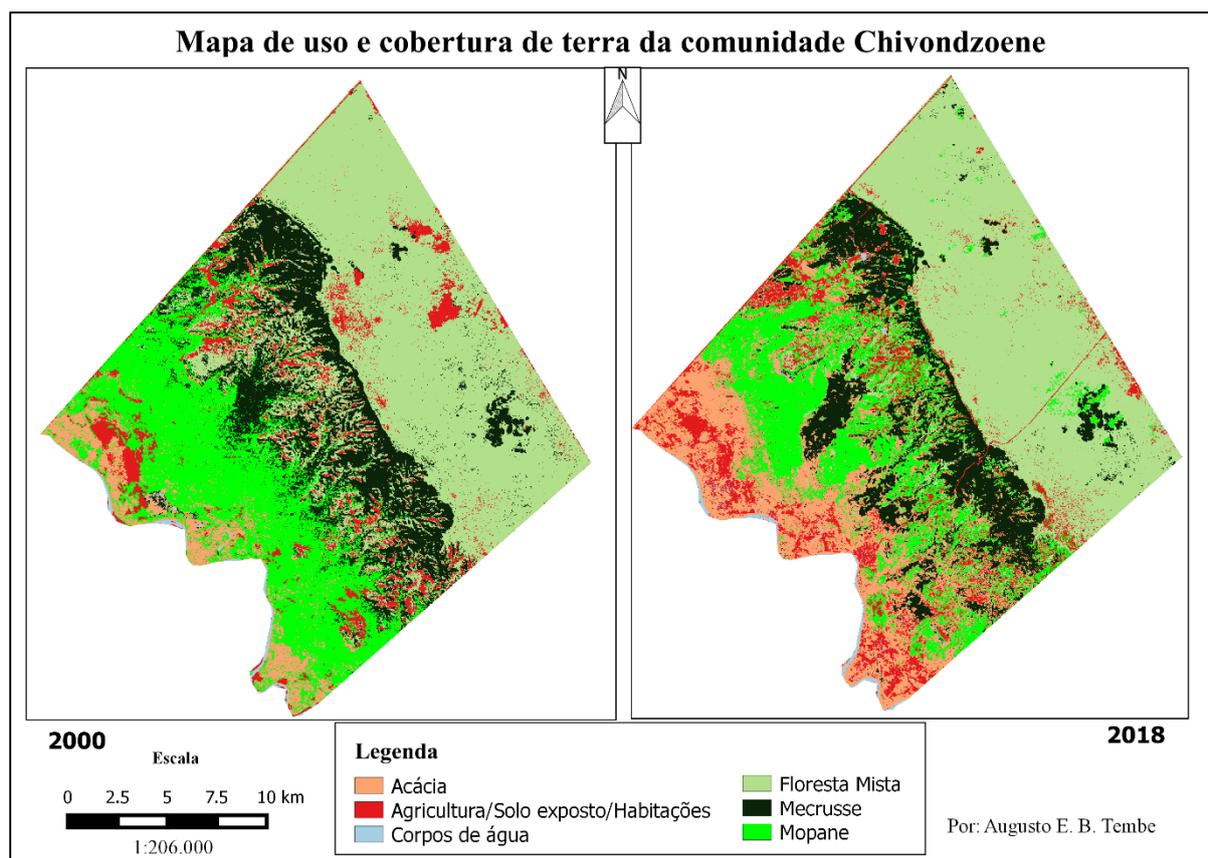


Figura 7: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Chivondzoene.

4.2. Uso e cobertura de terra na comunidade de Mahanche

Para a comunidade de Mahanche, obteve-se a partir da classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI, 4 classes de uso e cobertura de terra, as quais estão apresentadas na tabela (6), com as suas respectivas áreas em hectares e em percentagem de cobertura em relação a área total do estudo bem como a variação das áreas das classes durante o período em análise.

Tabela 6: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mahanche.

Classes	2000		2018		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	ha	%
Mopane	3402.80	36.2	5198.40	55.3	1795.60	19.1
Floresta mista	4935.17	52.5	3004.80	32.0	-1930.37	-20.5
Mearusse	37.75	0.4	14.24	0.2	-23.50	-0.3
AG/SE/HAB	1018.59	10.8	1176.87	12.5	158.27	1.7
Total	9394.33	100	9394.33	100.0	0.0	0.0

Em geral a área total da comunidade de Mahanche é de 9394.3336 hectares. Em 2000 a área coberta por floresta referente as classes (Mopane, Floresta Mista e Mearusse) correspondia à 8375.734 hectares (89.2% da área da comunidade) e a área não florestal (Agricultura, solo

exposto e habitações) correspondia à 1018.600 (10.8% da área da comunidade). Porém em 2018 a cobertura florestal reduziu para uma área de 8217.46 hectares (87.5% da área da comunidade) mesmo com o aumento de 19% da classe Mopane possivelmente ocasionado devido à regeneração do Mopane no local e ou pixéis pertencentes a classe agricultura atribuídos a classe Mopane. Em contrapartida, verificou-se que a área não florestal aumentou para 1176.87 hectares, passando a representar (12.5% da área da comunidade).

A figura (8) abaixo mostra os mapas de uso e cobertura da terra dos anos em análise (2000 e 2018) da comunidade de Mahanche, resultante da classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI.

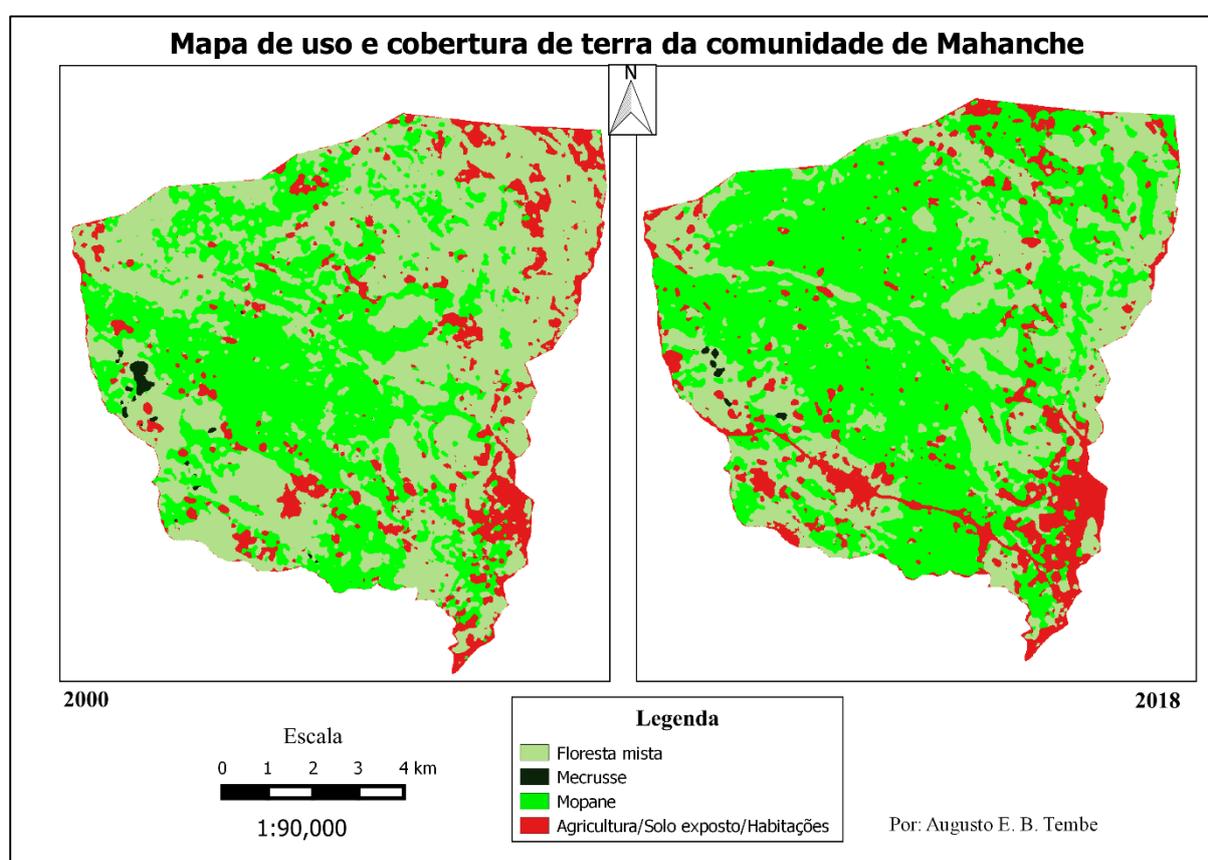


Figura 8: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mahanche.

4.3. Uso e cobertura de terra na comunidade de Mwamandzele

Com base na classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI, foram encontradas 5 classes de uso e cobertura de terra, as quais estão apresentadas na tabela (7), com as suas respectivas áreas em hectares e em percentagem de cobertura em relação a área total do estudo bem como a variação das áreas das classes durante o período em análise.

Tabela 7: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mwamandzele.

Classes	2000		2018		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	ha	%
Mopane	8199.40	25.5	9008.57	28.02	809.17	7.10
Floresta mista	11,501.33	35.8	16,264.87	50.6	4763.54	7.74
Acácia	10,847.07	33.7	4722.62	14.69	-6124.45	-18.44
Mecrusse	410.51	1.3	471.10	1.5	60.59	0.20
Ag/Se/Hab	1187.89	3.7	1679.02	5.2	491.10	3.40
Total	32146.24	100	32,146.24	100.00	0.00	0.00

Em geral a comunidade de Mwamandzele possui uma área total de 32152.133 hectares. Em 2000 a área coberta por floresta, constituída pelas classes (Acácias, Mopane, Floresta Mista e Mecrusse), correspondia à uma área de 30964.24 hectares (96.3% da área da comunidade) e área não florestal (Agricultura, solo exposto e habitações), correspondia à uma área de 1187.89 hectares (3.7% da área da comunidade), porém em 2018 a cobertura florestal reduziu para uma área de 29864.82 hectares (92.9% da área da comunidade), porém a classe Mopane registou um aumento de 7.10% justificado pela regeneração verificada no local, principalmente nas áreas que em 2000 pertenciam à agricultura, possivelmente abandonadas durante o período e ou pixéis pertencentes à classe Agricultura confundidos com Mopane, a classe Floresta mista registou igualmente um acréscimo ocasionado pela excessiva exploração na classe Acácia durante o período em estudo conforme mostram os mapas na figura abaixo onde em 2000 a classe Acácia encontrava-se amplamente distribuída porém no mapa de 2018 a área de distribuição da classe Acácia reduziu tendo-se transformado na sua maioria em Floresta mista. A classe Mecrusse também registou um comportamento estranho (registou aumento de 0.20%) podendo ter sido esse aumento originado por um erro na classificação e ou justificado pela quase ausência de exploração do Mecrusse e exploração das demais espécies pertencentes as outras classes próximo a zona de ocorrência de Mecrusse. Em contrapartida, verificou-se que a área não florestal aumentou para 2281.416 hectares, passando a representar (7.1% da área da comunidade).

A figura (9) abaixo mostra os mapas de uso e cobertura da terra dos anos em análise (2000 e 2018) da comunidade de Mwamandzele, resultante da classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI.

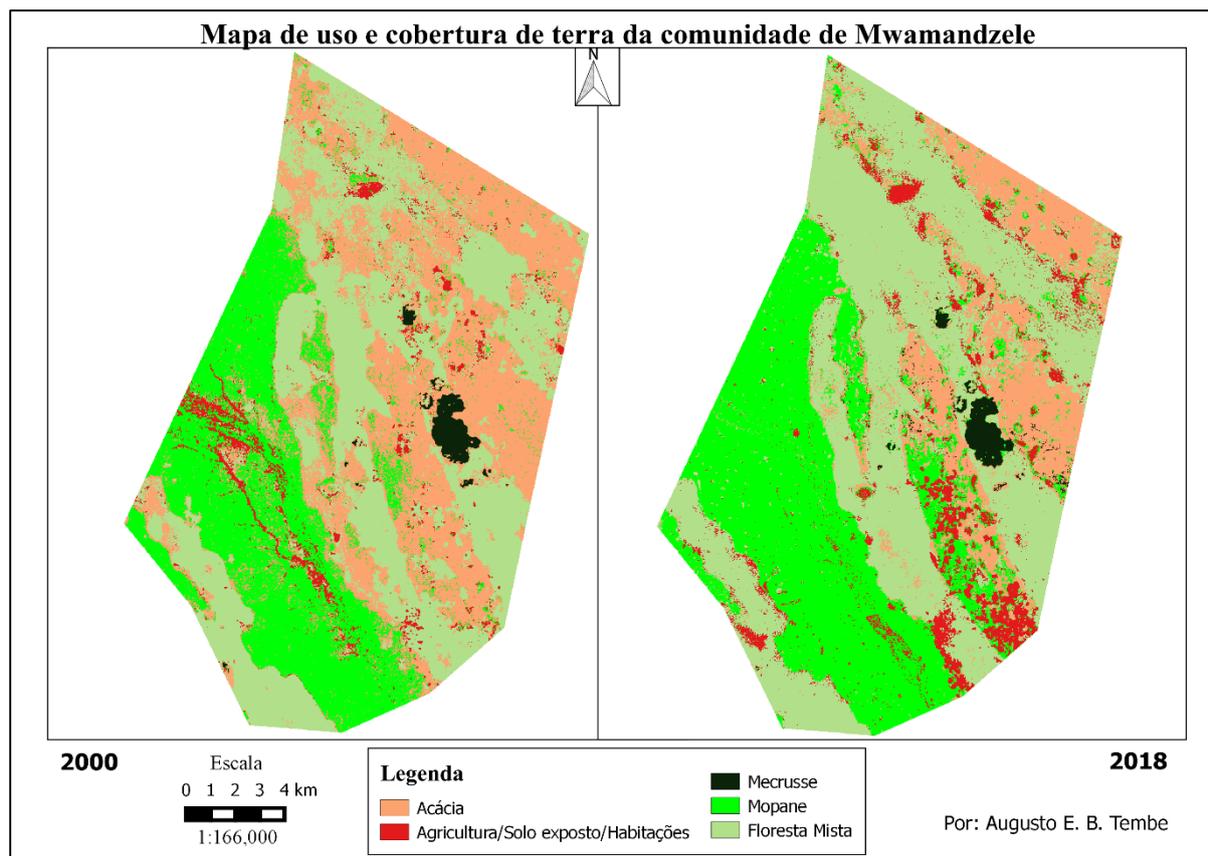


Figura 9: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mwamandzele.

4.4. Uso e cobertura de terra na comunidade de Mafada

Com base na classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI, foram encontradas 4 classes de uso e cobertura de terra na comunidade de Mafada, as quais estão apresentadas na tabela (8) abaixo, com as suas respectivas áreas em hectares e em percentagem de cobertura em relação a área total do estudo bem como a variação das áreas das classes durante o período em análise.

Tabela 8: Quantificação de áreas de cada classe de uso e cobertura de terra em hectares e em percentagem, na comunidade de Mafada.

Classes	2000		2018		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	ha	%
Mopane	3749.92	20.1	3943.03	21.1	193.11	1.0
Floresta mista	5717.32	30.6	3483.60	18.7	-2233.72	-12.0
Acácia	7500.79	40.2	6582.44	35.3	-918.35	-4.9
Ag/Se/Hab	1692.36	9.1	4650.93	24.9	2958.57	15.9
Total	18660	100	18660	100.0	0.0	0.0

Em geral a comunidade de Mafada possui uma área total de 18660 hectares. Em 2000 a área coberta por floresta, constituída pelas classes (Acácias, Mopane e Floresta Mista), correspondia

à uma área de 16968.0 hectares (90.9% da área da comunidade) e área não florestal (Agricultura, solo exposto e habitações), correspondia à uma área de 1692.36 hectares (9.1% da área da comunidade), porém em 2018 a cobertura florestal reduziu para uma área de 14009.07 hectares (84.1% da área da comunidade) mesmo a classe a Mopane tendo registado um aumento de 1% justificado pela regeneração verificada e pela exploração de indivíduos da classe floresta mista que proporciona maior crescimento do Mopane. Em contrapartida, verificou-se que a área não florestal aumentou para 4650.93 hectares, passando a representar (15.9% da área da comunidade).

A figura (10) abaixo mostra os mapas de uso e cobertura da terra dos anos em análise (2000 e 2018) da comunidade de Mwamandzele, resultante da classificação digital de imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI.

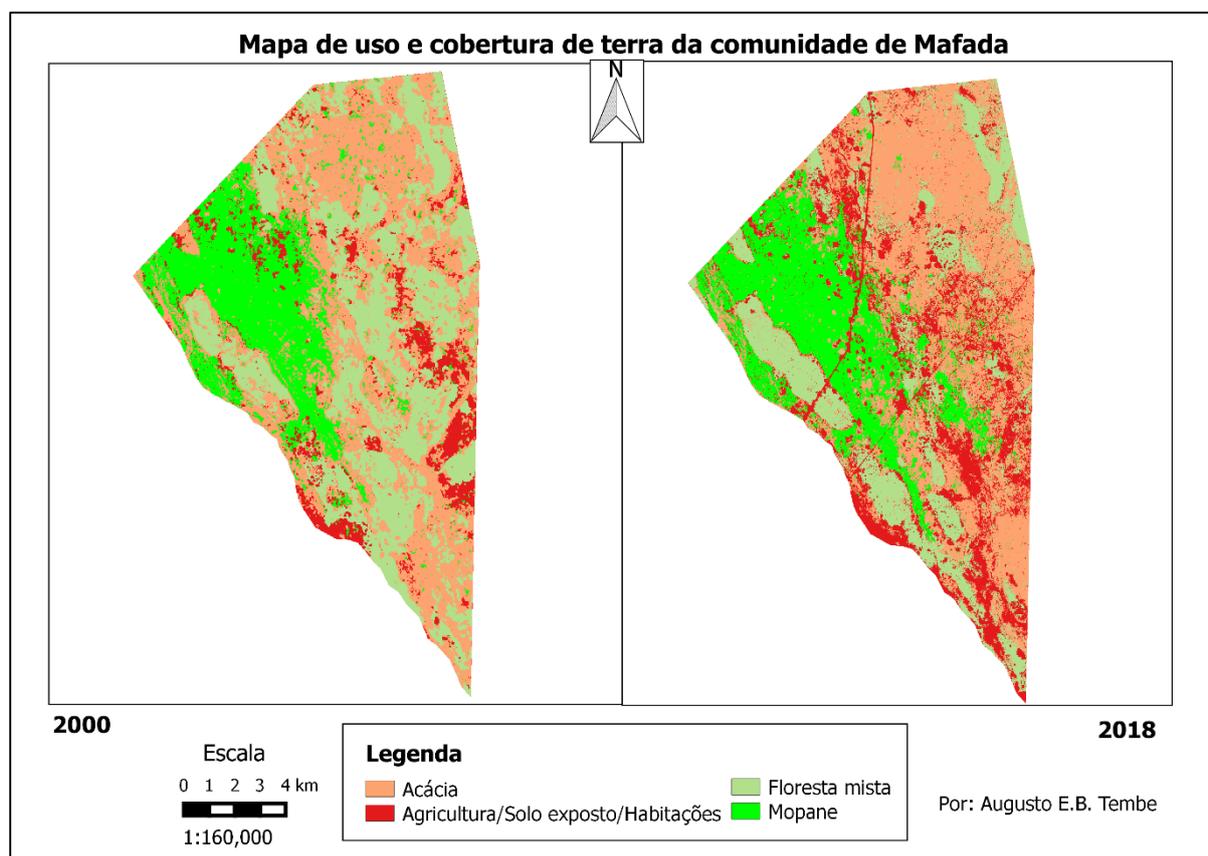


Figura 10: Mapas de uso e cobertura dos anos 2000 e 2018, comunidade Mafada.

4.5. Características das classes de uso de terra

4.5.1. Mecrusse

Estas áreas são constituídas por árvores vigorosas completamente dominadas por *Androstachys johnsonii*. Esse comportamento deve-se ao efeito alelopático de *Androstachys johnsonii*, pois, segundo Mantilla e Timane (2005), Mecrusse é um tipo de floresta onde a principal espécie, e

ocasionalmente, a única no dossel superior, é *Androstachys johnsonii*. A alelopatia é mediada pela liberação de certos metabólitos secundários pelas raízes das plantas e desempenha um papel importante no seu estabelecimento e manutenção (Molotija *et al* 2011).

Ao analisar os resultados referentes à esta classe nas comunidades onde ocorre, é possível verificar que apenas registou-se um aumento na comunidade de Mwamandzele, onde realmente não houve indícios de exploração durante a realização do trabalho de campo. Porém nas outras comunidades esta classe registou um decréscimo associado aos indícios de exploração da mesma.

4.5.2. Agricultura/Solo exposto/Habitações

Esta classe corresponde a área não produtiva, e é composta por zonas habitadas, campos agrícolas e solo descoberto. Os campos agrícolas encontram-se na sua maioria localizados próximo aos rios e a outros cursos de água. Constituídos por áreas abandonadas (áreas em pousio) e áreas em utilização (com culturas).

Nos campos recentemente abertos notou-se presença de árvores queimadas, mortas e algumas ainda em pé, outras ainda vivas. Essas áreas estavam constituídas por culturas de milho, mandioca e feijão nhemba. Estes resultados estão em concordância com o MAE (2005), segundo o qual, as comunidades locais vivem à base da agricultura de subsistência, dedicando-se à produção de milho, mandioca, arroz, amendoim, feijão nhemba e hortícolas. Esta classe registou um aumento em todas comunidades em análise, o que se justifica pelo facto das comunidades locais viverem principalmente á base de Agricultura e conseqüentemente isso condiciona expansão urbana e solo exposto devido à abertura de caminhos para fácil acesso às áreas. Mavie (2012), encontrou resultados semelhantes ao Analisar as mudanças de cobertura florestal no Distrito de Gondola, onde registaram-se alterações negativas das classes floresta densa e outras formações lenhosas, enquanto as restantes (Floresta aberta, Áreas de agricultura, Outras áreas) registaram aumento. Siteo *et. al.*, (2012), afirmam que o desmatamento aumentou a partir de 1992. O aumento da cobertura por parte da classe de áreas de agricultura e de outras áreas e a conseqüente diminuição das classes florestais, pode estar relacionado com o constante aumento da densidade populacional e da pressão sobre os produtos florestais que se verifica desde o fim da guerra em 1992, em que as populações saíram das matas ou regressaram dos países vizinhos e estabeleceram-se em zonas acessíveis com potencial agrícola.

4.5.3. Mopane

Matas ou Florestas Abertas dominadas pela espécie Chanatse / Mopane (*Colospospermum mopane*), em mistura com outras espécies pouco abundantes, como as *Combretum spp*, entre outras. Concordando com Bila e Mabjaia (2012), que diz o Mopane encontra-se misturado com outras espécies como *Sclerocarya birrea*, o *Combretum sp.*, a *Terminalia sericea*, o *Strychnos sp.* e outras. Na sua maioria as árvores de Mopane verificadas estavam em regeneração (anexo 9).

A área da classe Mopane registou aumento nas comunidades de Mafada, Mahanche e Mwamandzele, este aumento deve-se à regeneração verificada no local. Porém em Chivondzoene a área do Mopane reduziu possivelmente devido a exploração no passado dessa espécie que encontrava-se maioritariamente nas zonas húmidas tendo criado condições para o avanço da classe Acácia.

4.5.4. Floresta Mista

Esta classe é caracterizada por florestas abertas ou savanas com predominância de Ntsotso (*Guibourtia conjugata*), em mistura com espécies de género *Combretum*, *Acacia* e outras pouco abundantes.

A classe floresta mista apenas registou aumento na comunidade de Mwamandzele onde verificou-se regeneração da *Guibortia conjugata*, porém sofreu redução nas outras comunidades.

4.5.5. Acácia

Matas, savanas e/ou florestas abertas dominadas por espécies de género *Acacia* misturadas com outras espécies menos abundantes. Esta classe apenas ocorre nas comunidades de Chivondzoene e Mwamandzele, verificou-se um aumento desta classe em Chivondzoene, associado ao facto desta classe distribuir-se numa zona húmida e a exploração do Mopane no passado que permitiu o avanço desta classe. A mesma classe sofreu redução em Mwamandzele caracterizada pela exploração acentuada existente principalmente por possuir espécies preferidas para a produção de carvão.

4.6. Avaliação da classificação

A avaliação da precisão pelo índice kappa (K) mostra que a classificação foi excelente em todas as comunidades. De acordo com o índice de exatidão global (EG), a probabilidade de que as classes obtidas pela interpretação das imagens de satélite correspondam a verdade no campo é de 95% para Chivondzoene, 94% para Mahanche, 94% para Mafada e 96% para Mwamandzele

e a perfeição da classificação, medida pelo índice kappa (K), é de 0.88%, 0.90%, 0.91% e 0.93% para Chivondzoene, Mahanche, Mafada e Mwamandzele respectivamente.

De acordo com a tabela de referência de Lands & Koch, (1977), adaptada por Moreira (2001), (tabela 2) valores de índice kappa (k) entre 80 a 100% revelam uma excelência de classificação. As informações detalhadas sobre a matriz confusão para cada comunidade encontram-se nos anexos 4 à 7.

4.7. Áreas e fluxos de mudanças

A transição de uma classe de cobertura florestal para a outra está intimamente ligada ao seu uso (Mavie, 2012). De acordo com Siteo *et al.*, (2012), a conversão de florestas para outras formações pode levar um processo longo de degradação.

Em relação a dinâmica de mudanças para o estudo, foram constatadas duas situações distintas: modificações e conversões de cobertura de uma classe a outra e, áreas de classes de cobertura que não sofreram mudanças capazes de serem detectadas.

Para encontrar as áreas que mantiveram e as áreas que sofreram mudanças de uma classe para outra a fim de analisar a relação entre o uso de terra e degradação florestal, foram criadas matrizes de mudanças para cada comunidade. Quanto há mudanças, é possível verificar nas matrizes de mudanças (tabelas 9 à 12) e nos mapas de mudanças (figura 11 à 14) casos de ganho e perda de cobertura.

4.7.1. Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Chivondzoene

Tabela 9: Matriz de mudanças de cobertura em Chivondzoene durante os 18 anos.

Classes cobertura 2018	Classes de cobertura 2000										Total classes
	TFME		TFMI		AG/SE/HAB		TFA		TFMO		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
TFME	5030.9	61.9	494.1	2.7	23.7	1.0	101.8	3.0	849.1	8.1	6346.7
TFMI	501.5	6.2	14501.6	78.7	612.7	26.7	5.4	0.2	188.6	1.8	16095.9
AG/SL/HAB	291.4	3.6	1118.0	6.1	881.9	38.4	721.1	21.1	1055.7	10.0	4275.8
TFA	1130.3	13.9	459.8	2.5	417.1	18.1	2423.7	70.8	4350.2	41.4	8190.6
TFMO	1130.7	13.9	1832.0	9.9	328.2	14.3	97.7	2.9	4029.0	38.3	7513.9
CA	37.6	0.5	9.9	0.1	35.3	1.5	73.4	2.1	38.8	0.4	348.5
Total classes	8122.5	100	18415.5	100	2298.9	100	3423.1	100	10511.4	100	42771.4
Mudanças	3091.5	38.1	3913.8	21.3	1417.0	61.6	999.4	29.2	6482.5	61.7	
Variações	-1775.8	-19.8	-2319.6	-12.6	1976.9	1383.0	4767.5	256.4	-2997.5	-28.5	

Onde: TFME= Tipo florestal Mecrusse; TFMI = Floresta mista; AG/SL/HAB = Agricultura, Solo exposto, Habitações; TFA= Tipo florestal Acácia; TFMO= Tipo florestal Mopane e CA = Corpos de água.

A partir da tabela (9) de matriz de mudanças para a comunidade de Chivondzoene, pode-se perceber que do total da área de mudanças em Chivondzoene, 3381.25 ha (7.91%) corresponde à área de mudanças negativas (Soma das mudanças de classes florestais para não florestal) e 12522.84 ha (29.38%) à área de mudanças positivas (ganho de cobertura e soma de mudanças de uma classe florestal para outra florestal). Em relação à área de perda de cobertura, à semelhança dos estudos feitos por Mavie (2012); Soares (2017); Siteo, verificou-se que todas as classes referentes a área florestal (Mecrusse, Mopane, Floresta mista e Acácia), registaram áreas que mudaram para a classe (Agricultura/Solo exposto/Habitacões). Destaca-se a mudança da classe Acácia para (Agricultura/Solo exposto/Habitacões) que registou maior fluxo de 21.1%. Tal facto justifica-se por a classe Acácia se encontrar nas margens do rio, local zoneado para a prática da Agricultura pela comunidade.

Em relação as mudanças positivas, nota-se que a mudança da classe Mopane para Acácia é a que apresentou maior área de mudança com 4350.2 ha (41.4%), seguido da mudança da classe agricultura/solo exposto/habitacões (AG/SE/HAB) para as classes Floresta Mista com 26.7%, Acácia com 18.1% e Mopane com 14.3 %. As mudanças AG/SE/HAB para classes florestais estão relacionadas com o período de pousio em que depois de um tempo verifica-se uma sucessão vegetal na área abandonada. A figura (11) abaixo, indica o mapa do fluxo das mudanças da cobertura.

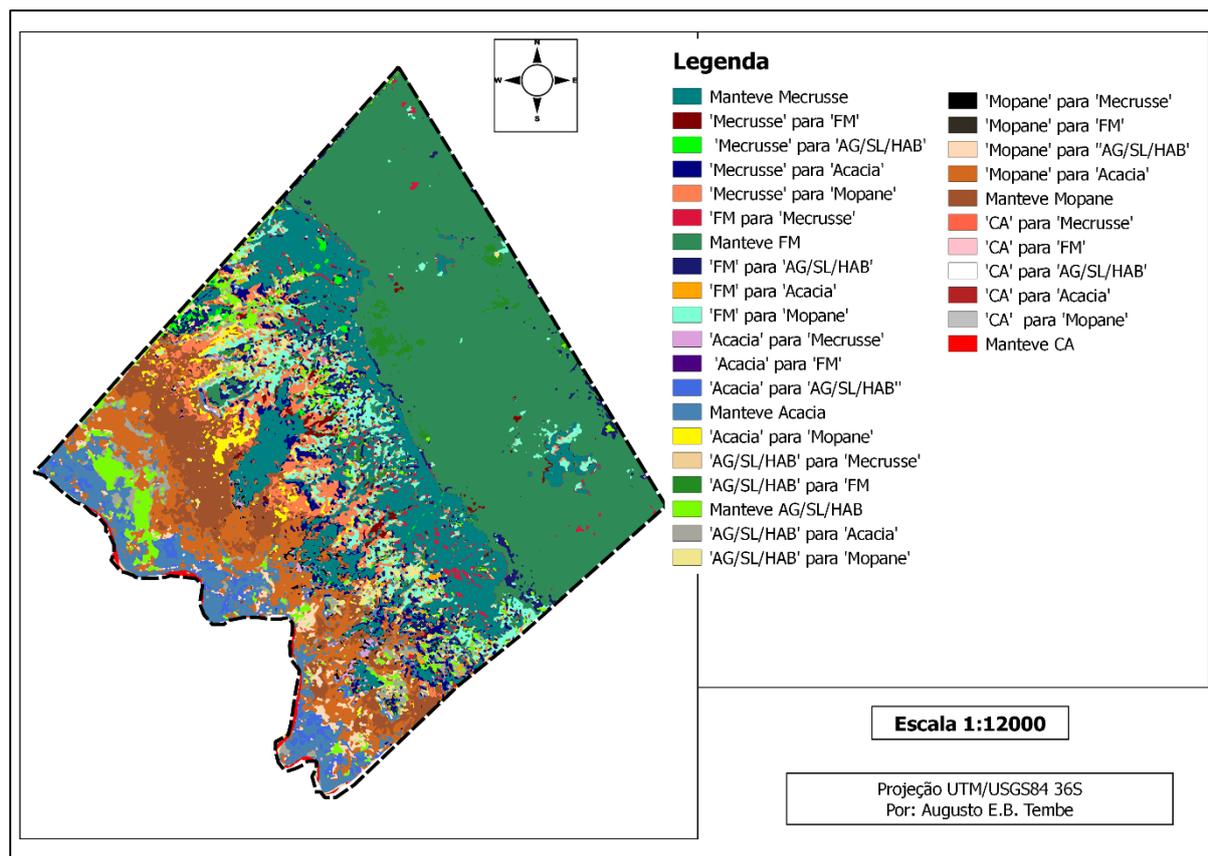


Figura 11: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Chivondzoene entre 2000 e 2018.

4.7.2. Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Mahanche

Tabela 10: Matriz de mudanças de cobertura em Mahanche durante os 18 anos.

Classes de cobertura 2018	Classes de cobertura 2000								Total classes
	TFMO		TFMI		AG/SL/HAB		TFME		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
TFMO	2906.8	85.4	1961.8	39.8	52.5	5.2	1.0	2.8	5198.4
TFMI	260.0	7.6	2469.9	50.0	39.8	3.9	25.1	66.5	3004.8
AG/SL/HAB	236.0	6.9	500.0	10.1	926.3	90.9	0.9	2.3	1176.9
TFME	0.0	0.0	3.6	0.1	0.0	0.0	10.7	28.4	14.2
Total classes	3402.8	100	4935.2	100	1018.6	100	37.8	100	9394.3
Mudanças	496.0	14.6	2465.3	50.0	92.3	9.1	27.0	71.6	
Variações	1795.6	52.9	-1930.4	-39.1	158.3	2.5	-23.5	-62.1	

Onde: TFME= Tipo florestal Mecrusse; TFMI = Floresta mista; AG/SL/HAB = Agricultura, Solo exposto, Habitações; TFMO= Tipo florestal Mopane.

A partir da tabela (10) de matriz de mudanças para a comunidade de Mahanche, pode-se perceber que do total da área de mudanças em Mahanche, 736.79 ha (7.84%) corresponde à área de mudanças negativas (Soma das mudanças de classes florestais para não florestal) e 2343.85 ha (24.94%) à área de mudanças positivas (ganho de cobertura e soma de mudanças de uma classe florestal para outra florestal). Em relação à área de perda de cobertura, verificou-se que todas as classes referentes a área florestal (Mecrusse, Mopane e Floresta mista), registaram áreas com fluxo de mudanças para a classe (Agricultura/Solo exposto/Habitacões) resultados similares foram encontrados por Mavie (2012); Soares (2017); Siteo. Destaca-se a mudança da classe Floresta mista para (Agricultura/Solo exposto/Habitacões) que registou maior fluxo de 10.1%.

Em relação as mudanças positivas, nota-se que a mudança da classe Mecrusse para Floresta mista é a que apresentou maior área de mudança com (66.5%), seguido da mudança da classe Mopane para a classe Floresta Mista com 39.8%, essas mudanças podem ser tido causadas devido a exploração verificada no passado das espécies preferidas para madeira e carvão o que culminou no avanço de outra formação vegetal. A figura (12) abaixo, indica o mapa do fluxo das mudanças da cobertura.

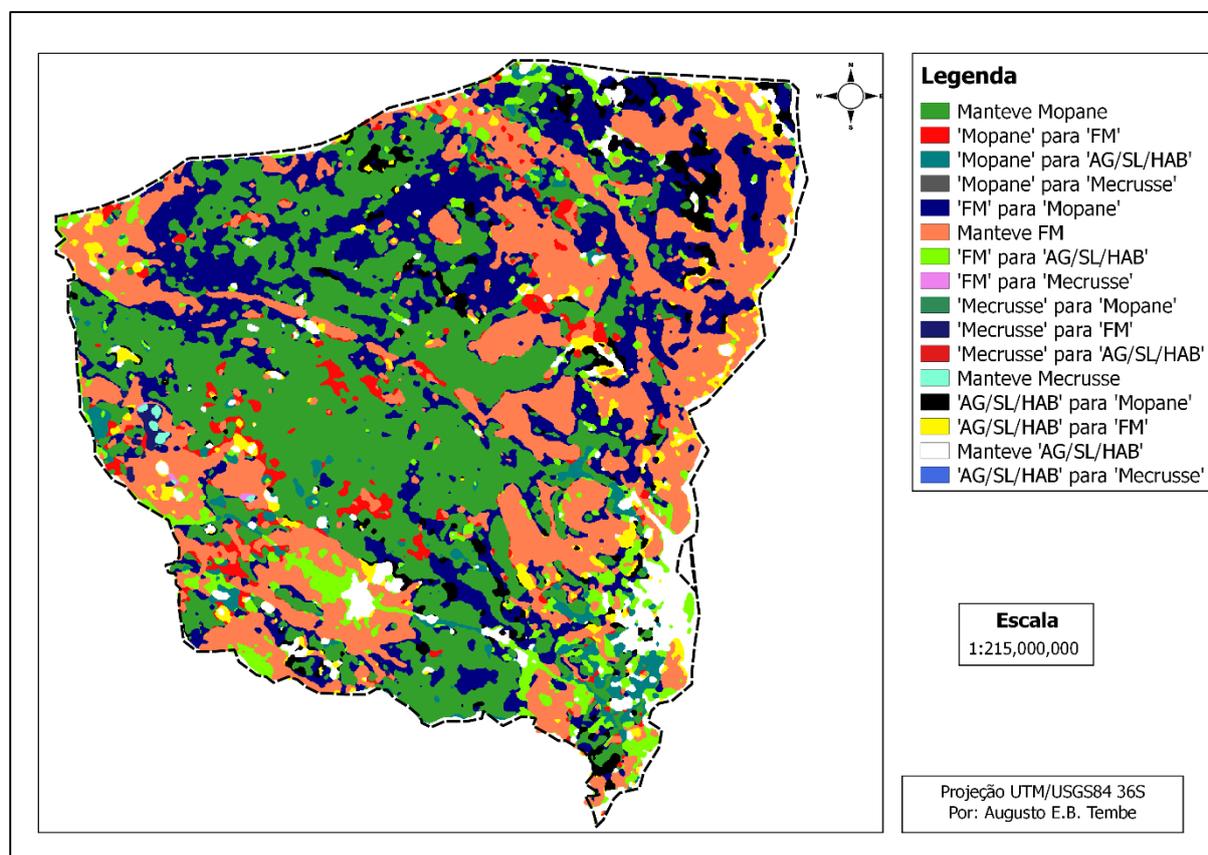


Figura 12: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mahanche entre 2000 e 2018.

4.7.3. Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade Mafada

Tabela 11: Matriz de mudanças de cobertura em Mafada durante os 18 anos.

Classes de cobertura 2018	Classes de cobertura 2000								Total classes
	TFMO		TFMI		AG/SL/HAB		TFA		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
TFMO	2772.3	73.9	275.7	4.8	18.4	1.1	733.1	9.8	3943.03
TFMI	124.4	3.3	2041.6	35.7	32.8	1.9	1211.2	16.1	3483.6
AG/SL/HAB	399.1	10.6	1458.3	25.5	1598.7	94.5	1271.2	16.9	4650.93
TFA	454.2	12.1	1941.8	34.0	42.4	2.5	4285.4	57.1	6582.44
Total classes	3749.9	100	5717.3	100	1692.3	100	7500.7	100	18660.0
Mudanças	977.6	14.6	3675.7	50.0	93.7	9.07	3215.4	71.6	
Variações	193.1	52.9	-2233.7	-39.1	2958.6	2.48	-918.4	-62.1	

Onde: TFMI = Floresta mista; AG/SL/HAB = Agricultura, Solo exposto, Habitações; TFA= Tipo florestal Acácia; TFMO= Tipo florestal Mopane.

A partir da tabela (11) de matriz de mudanças na comunidade de Mafada, pode-se perceber que do total da área de mudanças em Mafada 3128.48 ha (16.77%) corresponde à área de mudanças negativas (Soma das mudanças de classes florestais para não florestal) e 4834.00 ha (25.91%) à área de mudanças positivas (ganho de cobertura e soma de mudanças de uma classe florestal para outra florestal). Em relação à área de perda de cobertura, verificou-se que todas as classes referentes a área florestal (Mopane, Floresta mista e Acácia), registaram áreas com fluxo de mudanças para a classe (Agricultura/Solo exposto/Habitações) resultados similares foram encontrados por Mavie (2012); Soares (2017); Siteo. Com destaque para a mudança das classes Floresta mista e Acácia para (Agricultura/Solo exposto/Habitações) com maiores fluxos de 25.5% e 16.9% respectivamente, esse facto deve-se a elevada presença de espécies do género *Acacia* em ambas classes, espécies geralmente usada para produção de carvão, primeiramente ocorre a sua exploração e posteriormente aproveitamento para agricultura.

Em relação as mudanças positivas, nota-se que a mudança da classe Floresta mista para Acácia é a que apresentou maior área de mudança com (34.0%) facto possivelmente relacionado com regeneração de espécies do género *Acacia* verificada no campo, seguido da mudança da classe Acácia para Floresta mista com 16.1%, devido a elevada exploração de espécies deste género. A figura (13) abaixo, indica o mapa do fluxo das mudanças da cobertura.

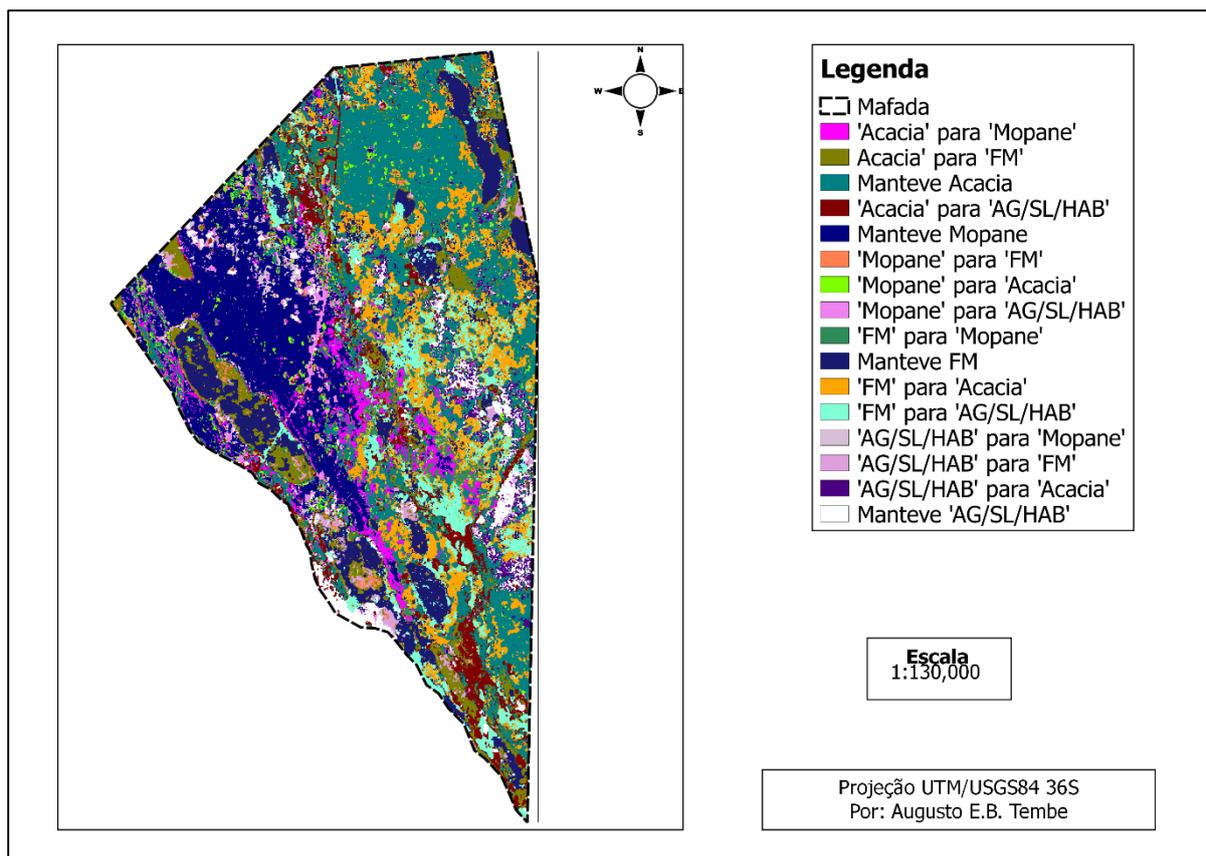


Figura 13: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mafada entre 2000 e 2018.

4.7.4. Áreas e fluxos de mudanças de cobertura na comunidade de Mwamandzele

Tabela 12: Matriz de mudanças de cobertura em Mwamandzele durante os 18 anos.

Classes de cobertura 2018	Classes de cobertura 2000										Total classes
	TFME		TFMI		AG/SL/HAB		TFA		TFMO		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
TFME	405.5	98.8	4.6	0.0	1.3	0.1	59.4	0.5	0.2	0.0	471.1
TFMI	3.0	0.7	10670.7	92.8	253.7	21.4	4062.4	37.5	1276.0	15.6	16264.9
AG/SL/HAB	0.2	0.0	428.1	3.7	248.5	20.9	873.5	8.1	128.8	1.6	1679.0
TFA	1.9	0.5	144.9	1.3	22.8	1.9	4456.2	41.1	96.9	1.2	4722.6
TFMO	0.0	0.0	253.0	2.2	661.5	55.7	1395.5	12.9	6698.5	81.7	9008.6
Total classes	410.5	100	11501.3	100	1187.9	100	10847.1	100	8199.4	100	32146.2
Mudanças	5.0	1.2	830.6	7.2	939.3	79.1	6390.9	58.9	1502.0	18.3	
Variações	60.6	14.8	4763.3	41.4	491.1	41.3	-6124.4	-56.5	809.2	27.8	

Onde: TFME= Tipo florestal Mecrusse; TFMI = Floresta mista; AG/SL/HAB = Agricultura, Solo exposto, Habitações; TFA= Tipo florestal Acácia; TFMO= Tipo florestal Mopane.

A partir da tabela (12) de matriz de mudanças na comunidade de Mwamandzele, pode-se perceber que do total da área de mudanças em Mwamandzele, 1430.48 ha (4.4%) corresponde à área de mudanças negativas (Soma das mudanças de classes florestais para não florestal) e 8236.28 ha (25.6%) à área de mudanças positivas (ganho de cobertura e soma de mudanças de

uma classe florestal para outra florestal). Em relação à área de perda de cobertura, verificou-se que todas as classes referentes a área florestal (Mecrusse, Mopane, Floresta mista e Acácia), registaram áreas com fluxo de mudanças para a classe (Agricultura/Solo exposto/Habitações) resultados similares foram encontrados por Mavie (2012); Soares (2017); Siteo. Nessas mudanças positivas destaca-se a mudança da classe Acácia para (Agricultura/Solo exposto/Habitações) que registou maior fluxo de 8.1%.

Em relação as mudanças positivas, nota-se que a mudança da classe agricultura/solo exposto/habitações (AG/SE/HAB) para Mopane apresentou maior área de mudança com (55.7%), Essa mudança justifica o facto de existir uma extensa área de Mopane em regeneração, dando a entender que no passado essa comunidade sofreu elevada exploração, porém está se seguindo uma nova sucessão. Segue a mudança das classes Acácia, Agricultura/Solo exposto/Habitações (AG/SE/HAB) e Mopane para a classe Floresta Mista com 37.5%, 21.4% e 15.6% respectivamente. A figura (14) abaixo, indica o mapa do fluxo das mudanças da cobertura.

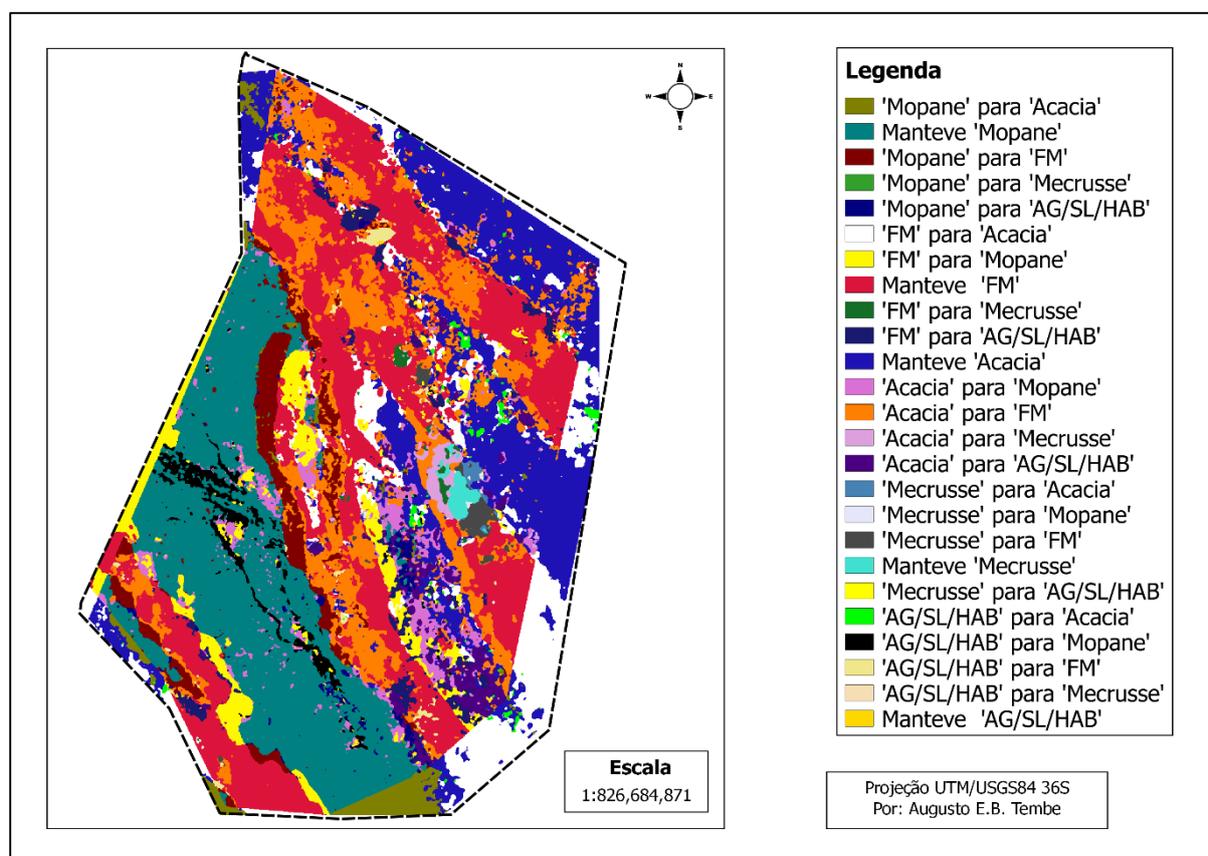


Figura 14: Mapa de fluxo de mudanças da comunidade de Mwamandzele entre 2000 e 2018.

No geral para todas as comunidades nas mudanças negativas (perda de floresta) verifica-se mudança de uso de terra das classes (Mecrusse, Mopane, Floresta Mista e Acácia) correspondentes à área florestal para (Agricultura, Solo exposto e Habitações), mudança que acontece de forma indirecta quando primeiramente faz-se a exploração do material lenhoso, pastagens e de forma directa através de queimadas. A área florestal transforma-se em solo exposto devido a abertura de clareiras durante o processo de exploração florestal e devido a abertura de caminhos. A área florestal transforma-se em Habitações e destaca-se quando a comunidade vive aglomerada. Ribeiro e Nhabanga, (2009), referem que a exploração florestal causa mudanças de cobertura em Moçambique. Portanto, a combinação de factores como agricultura, exploração de madeira condicionam a degradação.

4.8. Factores que condicionam as mudanças de uso e cobertura de terra

De acordo com Siteo *et al* (2012), a conversão de florestas para outras formações pode levar um processo longo de degradação, ou seja os factores que condicionam mudanças de uso consequentemente condicionam o desmatamento e degradação florestal. No seu estudo sobre as causas do desmatamento e da degradação florestal em Moçambique, CEAGRE e Winrock International (2015), identificou 7 agentes de desmatamento e degradação florestal, nomeadamente agricultura comercial, agricultura itinerante, extracção de produtos florestais, lenha e carvão, expansão urbana e outras infraestruturas, mineração e pecuária. Porém para o presente estudo destacam-se: produção de combustível lenhoso (carvão), abertura de machambas como actividades que contribuíram para as mudanças de cobertura florestal e consequentemente degradação florestal, isso deve-se ao facto de agricultura ser a principal fonte de sustento e os combustíveis lenhosos serem a principal fonte de energia, esses resultados dos factores de mudança assemelham-se aos encontrados por Mavie (2012), no estudo referente à estimativas de perdas de carbono associadas com mudanças da cobertura florestal em Gondola e também aos encontrados por Siteo quando analisou a dinâmica de mudança de cobertura no corredor da beira.

4.8.1. Produção de combustível lenhoso (carvão)

Igualmente às outras regiões do país, os combustíveis lenhosos (carvão e lenha) são a principal fonte de energia. Em todas comunidades com excepção de Chivondzoene verificou-se fortes indícios de exploração de espécies florestais desde árvores abatidas, fornos antigos e fornos em preparação ver anexo 2 (na sua maioria nas classes de uso de terra Acácia e Mopane) para produção de carvão, posteriormente algumas dessas áreas exploradas são utilizadas para

agricultura familiar, outras acabam originando clareiras. Ribeiro e Nhabanga (2009), referem que a exploração florestal causa mudanças de cobertura em Moçambique. Os produtores de carvão afirmaram que no processo de obtenção de matéria-prima fazem o corte selectivo das árvores de modo a permitir o crescimento dos indivíduos mais pequenos ou em regeneração, como forma de prevenir o desmatamento, porém nos locais de produção verificou-se casos de diminuição parcial da floresta (degradação florestal) e noutros, transformação para outro tipo de uso não florestal e de facto no campo verificou-se algumas machambas recentemente abertas próximas as áreas de produção. Fernandes *et al.*, (2016), no estudo de causas de desmatamento e degradação florestal constatou que após a produção de carvão, as áreas são geralmente usadas para a agricultura familiar e a produção de carvão vegetal resulta de forma geral em degradação acentuada da floresta nas áreas de produção.

4.8.2. Agricultura itinerante

Nas comunidades em estudo há casos em que a abertura de campos agrícolas é feita por meio de queimadas e após a exploração das espécies florestais para produção de combustível lenhoso, isso por não se respeitar os locais pré-estabelecidos para a prática de agricultura, o que culmina em transformação de áreas florestais em áreas não florestais. Em geral percebe-se que os factores exploração de combustível lenhoso e agricultura trabalham em combinação sobre a mudança da cobertura florestal, concordando com Siteo *et al.*, (2012); Ceagre e Winrock (2016), que constataram o mesmo.

4.8.3. Mapas de distribuição das zonas de produção de carvão

Abaixo encontram-se as figuras 15 e 16 referentes aos mapas de distribuição dos pontos de produção de carvão para as comunidades de Mafada e Mwamandzele respectivamente. Os pontos foram sobrecarregados nas imagens de uso de terra dos dois anos de forma a melhor perceber a influência desta actividade na mudança de uso e degradação florestal.

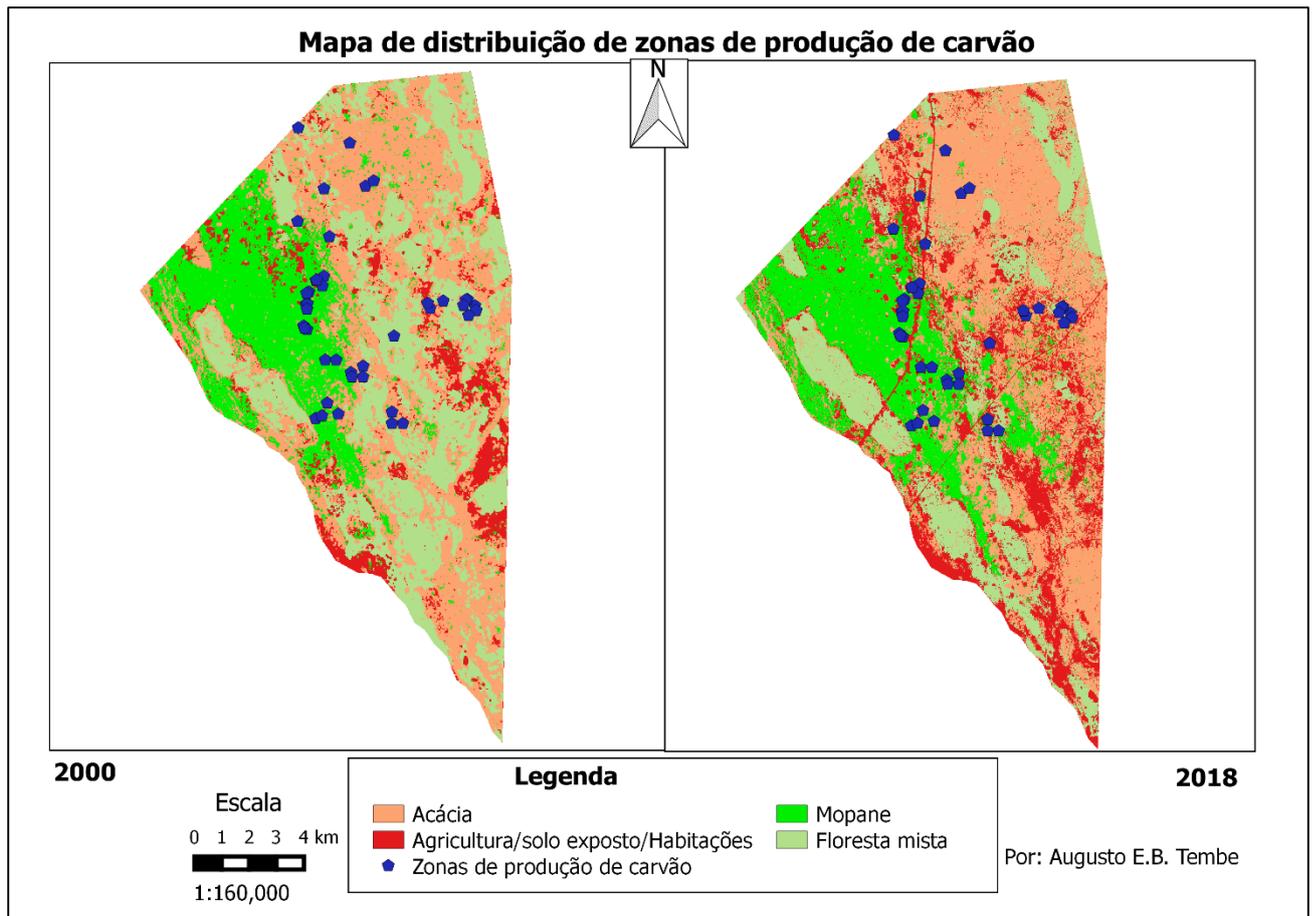


Figura 15: Distribuição de algumas zonas de produção de carvão encontrados em Mafada.

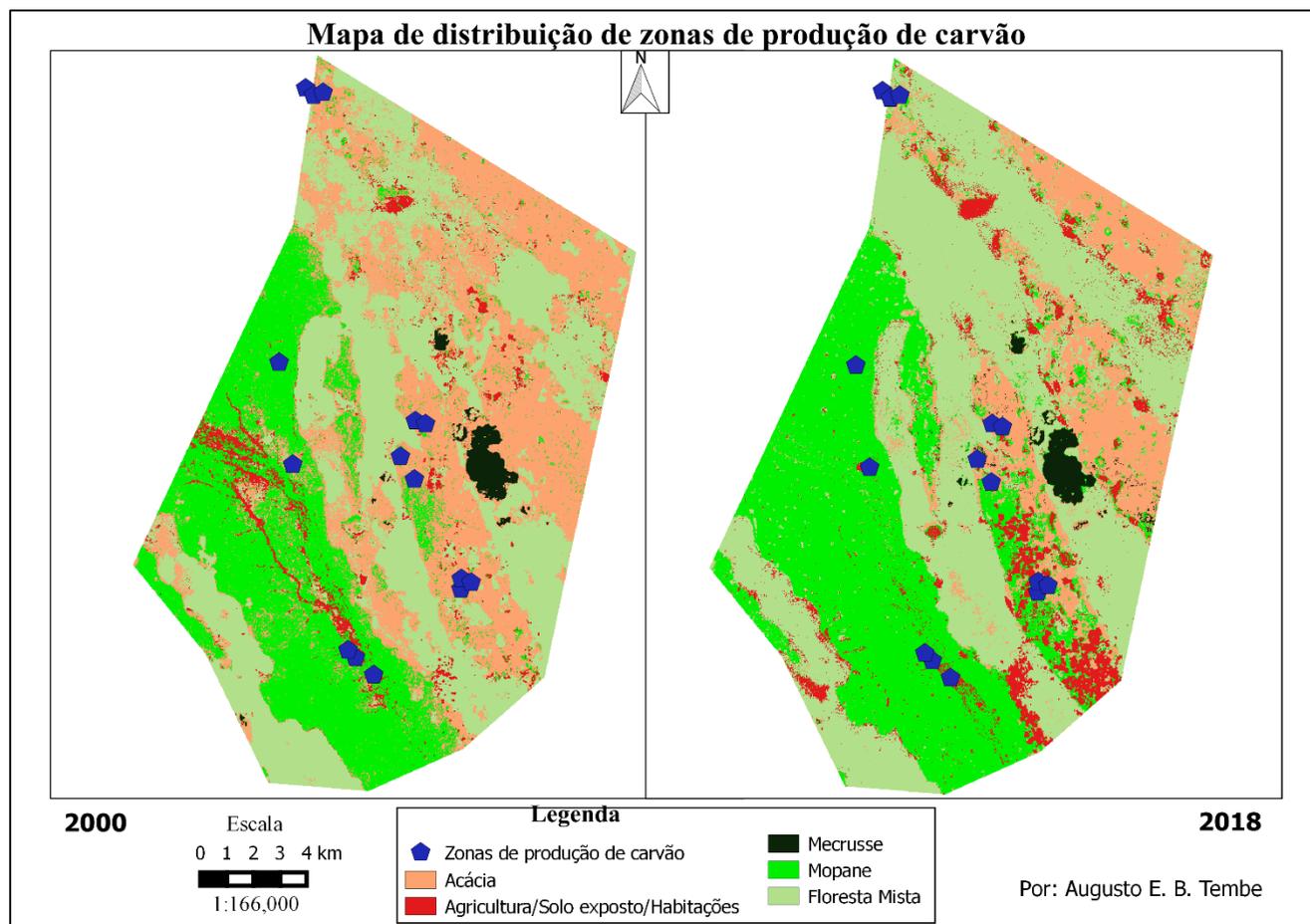


Figura 16: Distribuição de algumas zonas de produção de carvão encontrados em Mwamandzele.

4.9. Taxa de desflorestamento

Abaixo encontram-se a tabela 13 e os mapas da figura 17 referentes ao ganho e perda de floresta em cada comunidade que mostram as áreas que sofreram perdas, ganhos e nenhuma mudança.

Tabela 13: Área florestal inicial e final, perdas e ganhos, desflorestamento periódico e taxa de desflorestamento anual.

Comunidade	Área florestal		Perda	Ganho	Desflorestamento	Desflorestamento anual	
	2000	2018				Há	%
Chivondzoene	40472.53	38495.61	3345.91	1381.70	1964.21	109.12	0.26
Mafada	16968.03	14009.07	3128.48	93.69	3034.79	168.60	0.90
Mahanche	8375.73	8217.46	736.79	92.34	644.46	35.80	0.38
Mwamandzele	30958.30	30467.16	1430.48	939.34	491.14	27.28	0.08

A informação da tabela (13) acima é o resultado das análises do fluxo de mudanças de classe em cada comunidade, que revelam que durante o período em estudo houve um declínio da área florestal (degradação florestal).

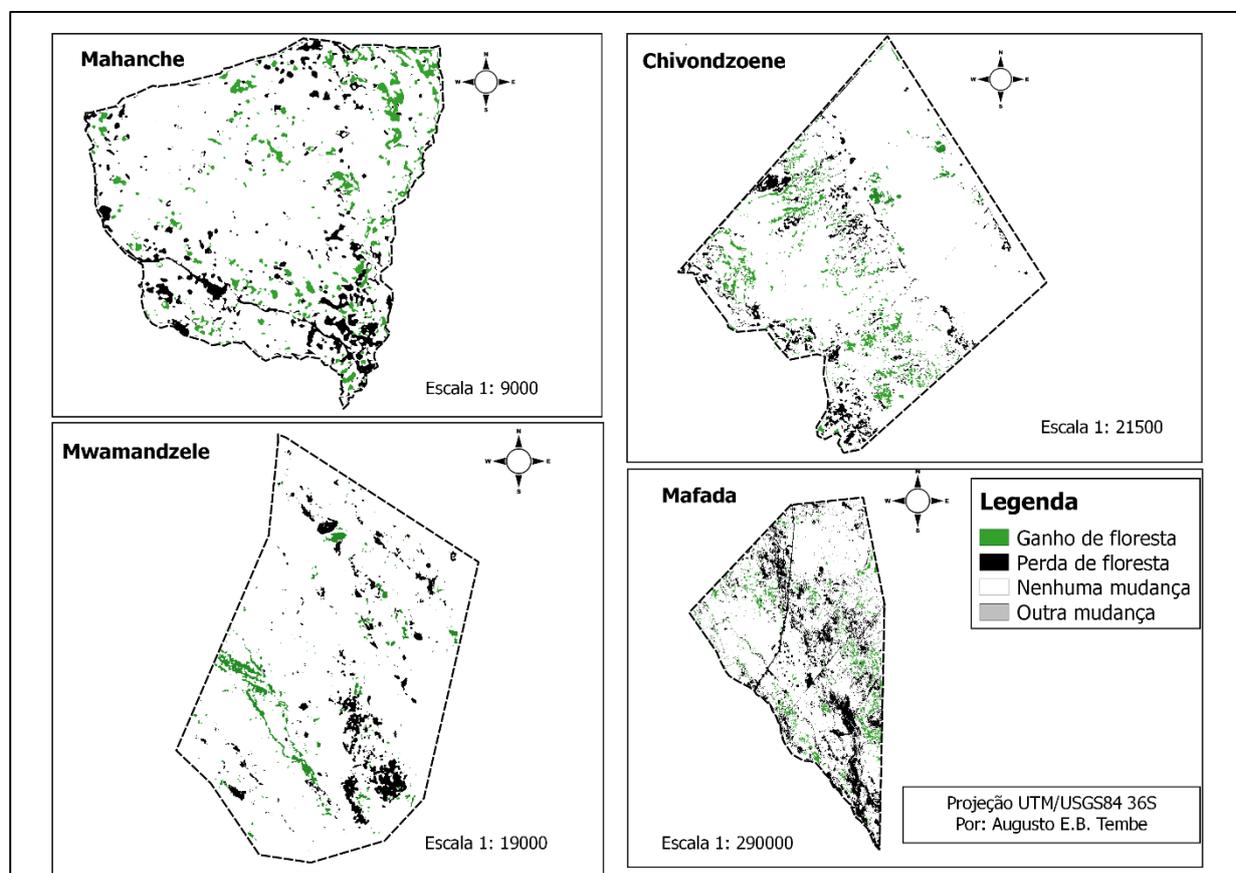


Figura 17: Ganhos e perdas de floresta ocorridos entre 2000 e 2018 em cada comunidade.

Fazendo a análise do ganho e perda da cobertura florestal, tendo em conta os fluxos de mudanças positivas e negativas, esta revela que todas comunidades sofreram degradação florestal e desmatamento, cujas taxas de desflorestamento encontram-se na tabela (14). Das quais Mahanche e Chivondzoene apresentam taxas de desmatamento anuais iguais à taxa provincial (0.33) e Mwamandzele uma taxa anual inferior de 0.08%. Destaca-se a comunidade de Mafada que perdeu 2959 ha de floresta durante o período em estudo o que corresponde à 168.6ha (0.90%) perdidos por ano, justificado pela elevada exploração verificada aquando da realização do trabalho no campo. A taxa obtida nesta comunidade (0.90 %) situa-se muito acima da taxa média anual nacional (0.58 %) e à taxa média anual na Província de Gaza (0.33%). Essa disparidade deve-se, talvez ao desflorestamento localizado numa escala regional e uma observação importante é que o desflorestamento tende a aumentar desde 1990 à esta parte. Relacionado ao crescimento populacional no país. Em 1997 a população era de 16 milhões de habitantes, em 2007 a população cresceu para cerca de 20.5 milhões de habitantes, e os dados

do censo 2017 indicam uma população de cerca de 28 milhões de habitantes (INE,2007, 2017). Este crescimento foi mais acelerado nas zonas rurais, onde se localizam os recursos florestais, e mais de 85% das populações dependem destes recursos para a sua sobrevivência (Marzoli, 2007). Essa tendência do desflorestamento (maior que a taxa média anual nacional e provincial) verificado neste estudo vai de acordo com a verificada por Cumbula (2015), ao analisar a dinâmica do Mangal no estuário de Limpopo entre 1994-2014, que obteve 0,6 e 0.8% para o desflorestamento líquido e bruto respectivamente.

4.10. Relação uso de terra e degradação florestal

A partir da análise do fluxo de mudanças, ganho e perda de floresta e os factores que condicionam as mudanças e perda de floresta percebe-se que nestas comunidades as mudanças de uso de terra associados à exploração do combustível lenhoso e prática da agricultura, relacionam-se com a degradação florestal influenciando para a sua ocorrência, pois quando uma parte da área de floresta se converte em uma área não florestal, os benefícios advindos da área florestal reduzem e de acordo com Falcão e Noa (2016), degradação florestal leva a diminuição do fornecimento de benefícios a partir da floresta, os quais inclui madeira, biodiversidade e outros produtos e serviços. Ceagre e Winrock (2015), considera que o desmatamento e degradação florestal resulta de mudança do uso da terra associados a múltiplos agentes responsáveis por essas mudanças e de acordo com Siteo *et al.*, (2012), a conversão de florestas para outras formações pode levar um processo longo de degradação.

Sob ponto de vista socioeconómico e ecológico nas comunidades, percebe-se que mesmo as mudanças positivas influenciam para a degradação florestal quando o fluxo de mudança é de uma classe socioeconomicamente importante para outra relativamente menos importante e também ecologicamente pode ocorrer uma alteração negativa.

Embora estudos sobre a degradação florestal sejam pouco comuns e tenham sido conduzidos em áreas relativamente pequenas (província de Manica e Corredor da Beira), estes sugerem que a degradação florestal é elevada e associada a mudança do uso de terra particularmente na província da Manica no estudo feito pelo projecto AIFM entre 1990 e 2004 usando imagens LANDSAT 5 TM (Siteo *et al* 2012; Marzoli 2007).

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, associados aos objectivos traçados para o estudo, constatou-se:

- A existência de 6 classes (Acácia, Agricultura Solo exposto e Habitações, Corpos de água, Floresta mista, Mecrusse e Mopane) das quais 4 classes de uso de terra para as comunidades de Mafada e Mahanche, 5 classes de uso de terra para Mwamandzele, e todas 6 classes para Chivondzoene;
- Em todas as comunidades verificou-se, fazendo análise do fluxo de mudanças, que houve mudanças positivas no sentido de uma área da classe não florestal se converter em outra classe florestal e mudanças negativas referente a conversão de uma área florestal para não florestal.
- As mudanças de cobertura e consequente Degradação florestal e Desmatamento que se verificaram são uma combinação dos factores: expansão de áreas de agricultura e produção de carvão principalmente usando *Colophospermum mopane* e espécies do género *Acacia*;
- No geral fazendo análise dos ganhos e perdas de florestas, as áreas florestais sofreram redução de cobertura em todas as comunidades, Chivondzoene teve 1964.2ha reduzidos, Mahanche 644.5ha, Mwamandzele 491.1ha, destacando-se a comunidade de Mafada que apresentou maior área florestal transformada em não floresta 3034.8ha durante o período em estudo o que significa uma perda de cobertura anual de 168.60ha (0.90%);
- As mudanças no uso de terra tanto as positivas como as negativas influenciam na degradação florestal verificada nas quatro comunidades em análise.

6. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se a promoção de políticas que incentivem o controlo do nível de exploração dos recursos florestais principalmente para a comunidade de Mafada, de modo a garantir a sustentabilidade dos recursos florestais sobretudo para o Mopane por ser a espécie mais preferida para a produção de carvão e lenha;
- Que se façam mais estudos sobre Mudanças de cobertura florestal nestas comunidades, usando imagens de satélites de alta resolução espacial, como IKONOS e QUICKBIRD, empregando classificador orientado a objecto, com vista a fornecer uma informação mais detalhada;
- Adicionalmente, recomenda-se que a partir deste estudo se faça um estudo de estimativa de biomassa e carbono nas Classes de floresta nas comunidades Chivondzoene, Mafada, Mahanche e Mwamandzele, de modo a relacionar áreas de mudanças com a quantidade de carbono perdido para a atmosfera.
- Promoção de fontes alternativas de rendimento (Apicultura, Agricultura intensiva, criação de pequenas associações para produção de esculturas, que sejam economicamente mais rentáveis) de forma a minimizar o índice de desflorestamento feito pela comunidade local em todas as comunidades;
- Reforçar a fiscalização e implementação da lei de florestas para com os concessionários e exploradores por licenças simples nas comunidades.
- Elaboração de planos de uso e aproveitamento sustentável de terra;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, DS, Moreira, JC, Kalil, EM, Soares, JV, Fernandez, O, Almeida, S, Ortiz, JD, Amaral S, (1996). *Mapeamento do Uso da Terra em Rondônia Utilizando Técnicas de Segmentação e Classificação de Imagens TM*.

Avila, AMH, (2007). “*Mudanças Climáticas. Uma Síntese do Quarto Relatório do IPCC,*” Revista Multiciência, Campinas, Ed. 8^a.

Azeredo, M, Monteiro, AMV, Escada, MIS, Ferreira, KR, Vinhas L, Pinheiro, TF, (2015), Mineração de trajetórias de mudança de cobertura da terra em estudos de degradação florestal.

Bila, J. M.; e Mabjaia, N, (2012). Crescimento e fitossociologia de uma floresta com *Colophospermum mopane*, em Mabalane, Província de Gaza, Moçambique. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo.

Brito, JLS e Prudente, TD, (2005). *Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia – mg, utilizando imagens ccd/cbers 2*, Caminhos de Geografia.

Centeno, JAS 2009. *Sensoriamento e Processamento de Imagens Digitais*. Curitiba Ed. Curso de Pos Graduacao em Ciencias Geodesicas, UFPR, 2a edição, CHAMBA.

Centeno, J. A. S., (2009). *Sensoriamento e Processamento de Imagens Digitais*. Curitiba Ed. Curso de Pos Graduacao em Ciencias Geodesicas UFPR, 2a edição.

Centro de Estudos de Agricultura e Recursos Naturais e Winrock International, (2016). *Identificação e análise dos agentes e causas directas e indirectas de desmatamento e degradação florestal em Moçambique*, Maputo.

Cohen, WB, Goward, ESN, (2004). *Landsat's role in ecological applications of remote sensing*. Bioscience.

Congalton, R. G.; Green, K (1998). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. New York: Lewis Publishers.

Coppin, PI, Jonckheere, K, Nackaerts, B, Muys EE, Lambin, (2004). Review Article: Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*.

Crosta, AP, (1992). *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto* Ed. Rev. – Campinas, SP: IG/UNICAMP.

Cumbula, S (2015). *Análise multi-temporal da dinâmica de cobertura do mangal entre 1990-2014 estudo de caso: estuário do Limpopo*. UEM. FAEF. Departamento de engenharia florestal, Maputo.

Cunha, KL, (2009). “*Uso de imagens Landsat e Cbers no mapeamento da susceptibilidade à erosão na região de primavera do leste – MT*”, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Física Ambiental, Universidade Federal De Mato Grosso Instituto de Física Cuiabá.

Domingues, Ms e Bermann C, (2012). *O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Ambiente e sociedade*.

Erbek, FS, Özkan, C, Taberner, EM, (2004). “*Comparison of maximum likelihood classification method with supervised artificial neural network algorithms for land use activities*,” International Journal of Remote Sensing.

Falcão, MP e Noa M (2016). *Definição de Florestas, Desmatamento e Degradação Florestal no âmbito do REDD+*, Maputo.

Fernandes, AM, Andrade, EF, Bila, NF, Júnior, EU, Nube, TG, Wilisone, A (2016). *Estudo das causas de desmatamento e da degradação florestal nos distritos abrangidos pelo programa de gestão integrada de paisagens de cabo delgado (progip-cd)*, Maputo.

Ferrão, MFG, (2005). *Manual de Teledeteção Fascículo II: Satélites e Princípios Físicos da Teledeteção*, CENACARTA.

Ferreira, AB, Costa, ALS, Santos, CR, Silvestre, KB (2009). *Avaliação do impacto ambiental do uso e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim/RS-Brasil*.

FIDALGO, EC 1995. *Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no Estado de São Paulo, à partir de imagens TM-LANDSAT*. INPE-5944-TDI/57. Dissertação de Mestrado.

Foley, JA, Defries, R, Asner, GP, Barford, C, Bonan, G, Carpenter, SR, Chapin, FS, Coe, MT, Daily, GC, Gibbs, HK, Helkowski, T, Holloway, T, Howard, EA, Kucharik, CJ, Monfreda, C, Patz, JA, Prentice, IC, Ramankutty, N, Snyder, PK (2005). *Global consequences of land use. Science.*

Food and Agriculture Organization (2009). *Desflorestação: indicadores de Pressão situação resposta.* Disponível em:<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Grazing/DeforeEA.htm>

Food and Agriculture Organization (2010). *Global forest resources assessment 2010 - Country report: Mozambique. Food and Agriculture Organization of the United Nations.* Rome.

Gibbs, HK, Brown S, Niles, JO., Foley, JA, (2007). *Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REED a reality.* USA.

GIRI, CP (2012). *Remote sensing of land use and land cover: Principles and applications.* Boca Raton, FL: CRC Press. 469 p. ISBN 1420070746.

Houghton, RA, (1990). *Carbon In: Changes in land-use and land-cover.* A global perspective. University Press, Cambridge.

Instituto Nacional de Estatística (2007). *Resultados preliminares do censo 2007.*

Instituto Nacional de Estatística (2017). *Divulgação dos resultados preliminares do censo 2017.*

Kauth e Thomas (1976). *"The Tasselled Cap-A Graphic Description of Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by Landsat,"* Proceedings: 2nd International Symposium 011 Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, IN.

Kiel, R (2008). *Detecção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio grande do sul.* UFRGS. Porto alegre.

Kok, K, Verburg PH, Veldkamp, TA (2007). *Integrated Assessment of the land system: The future of land use.* Land Use Policy.

Lambin, EF, Turner, BL, Geist, HJ, Agbola, SB, Angelsen, A, Bruce, JW, Coomes, OT, Dirzo, R, Fischer, G, Folke, C, George, PS, Homewood, K, Imbernon, J, Leemans, R, Jia, X, Moran, EF, Mortimore, M, Ramakrishnan, P,S, Richards, JF, Skanes, H, Steffen, W, Stone, GD,

Svedin, U, Veldkamp, TA, Vogel, C, Xu, J (2001). *The Causes of Land-use and Land-cover Change: moving beyond the myths*, Global Environmental Change.

Lillesand, MT e Kiefer, WR (2004). *Remote sensing and image interpretation*. (5th ed), John Wiley and Sons, Inc, New York.

Lillesand, T, Kiefer, RW, Chipman, EJ (2014). *Remote sensing and image interpretation*. EUA: John Wiley & Sons.

Lillesand, T.M, Kiefer, R.W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, Inc. 4th ed., New York: Wiley.

Lillsand, TM, e Kieffer, RW (2003). *Remote Sensing and Image Interpretation* 5o edition new York: John Wiley e Sons.

Luiz, S, Oliveira, CG, Okida, R (2003). *Comparação entre diferentes métodos de correcção geométrica em imagem RADARSAT-1 no Flona Tapajós*, In: Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil. INPE.

Mantilla, J e Timane R (2005). *Orientação para manejo de Mecrusse*, Symfo Design Lda, Maputo.

Maposse, RR (2003). *Uma reflexão sobre a redução das áreas florestais Caso do Distrito de Mabalane- Província de Gaza*. Projecto final, UEM, Maputo.

Marzoli A (2007). *Relatório do inventário florestal nacional*, Direcção Nacional de Terras e Florestas, Ministério da Agricultura, Maputo.

Mather, PM (2009). *Computer processing of remotely sensed images*. 3a edição, John Wiley and Sons;

Mavie, EB (2012). *Estimativas de Perdas de Carbono Associadas com Mudanças da Cobertura Florestal (Estudo de caso: Distrito de Gondola)*, Tese de Licenciatura em Engenharia Florestal Maputo.

Meneses, PR e Almeida TM (2012). *Introdução ao processamento de imagens digitais de sensoriamento remoto*. Ed. UNB, Brasília.

Ministério da Administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Chicualacuala província de gaza.*

Ministério da Administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Guijá província de gaza.*

Ministério da Administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Mabalane província de gaza.*

Ministério da Administração Estatal (2014). *Perfil do distrito do Chigubo província de gaza*, 1ª edição, Maputo.

Molotija, GM, Ligavha, MH, Bhat, RB (2011). *Antifungal activity of root, bark, leaf and soil extracts of Androstachys johnsonii* Prain. African Journal of Biotechnology.

Moreira, MA (2001). *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*, São José dos Campos: INPE.

Mourana, B e Serra CM (2007). *20 Passos para a Sustentabilidade Florestal em Moçambique*, Amigos da Floresta/Centro de Integridade Pública, Maputo.

National Aeronautics and Space Administration (2000). *Landsat 7 science data users handbook*. 186 p.

National Aeronautics and Space Administration (2015). *Landsat 8 (L8) data data users handbook*. 106 p

Parker, C., Mitchell, A., Trivedi., M., Mardas, N (2009). *O pequeno livro do REDD+, Um guia de propostas governamentais e não governamentais para a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação*. Brasil

Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito (2008). *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito de Mabalane*. Dezembro P. 10-12

Prentice, IC, Farquhar, GD, Fasham, MJR, Goulden, ML, Heimann, M, Jaramillo, VJ., HS. Kheshgi, H.S, Quéré, C. Le., Scholes, R.J, Wallace, DWR. (2001). *The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide*

Rezende, M e Rosendo, JS (2009). *Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de ituitaba-mg nos períodos de 1987, 1997 e 2007.*

Ribeiro, D e Nhabanga, E (2009). *Levantamento Preliminar da Problemática das Florestas de Cabo Delgado*. Maputo: Justiça Ambiental, Maputo, Moçambique.

Richards, JA e Jia, X (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*. 3th Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York e UA.

Rosa, R (2007). *Introdução ao Sensoriamento Remoto*, 6^a.ed. Uberlândia: EDUFU.

Rosa, R (2009). *Introdução ao Sensoriamento Remoto*, 6^a.ed. Uberlândia: EDUFU.

Sano, EE, Assad, ED, Orioli, AL (1998). *Monitoramento da ocupação agrícola*. In: ASSAD, E. D

Schowengerdt, R.A. (1997). *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*. 2nd Edition, Academic Press.

Sepúlveda, T (2017). “*Impacto do sistema copernicus em aplicações de monitorização marítima*,” Revista Marinha.

Sitoe, A, Salomão, A e Wertz-Kanounnikoff, S (2012). *O contexto de REDD+ em Moçambique: causas, actores e instituições*. Publicação Ocasional 76. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Soares, GM (2017). “*Relação entre as mudanças de uso e cobertura de terra e as queimadas em florestas de miombo, gurué, moçambique*”, tese de mestrado em Maneio e Conservação da Biodiversidade, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

Tomo, TG (2017). “*Impacto das Actividades Humanas Sobre o Estrato Lenhoso da floresta da Reserva Florestal de Inguane no Distrito Municipal KaNyaka, Maputo*”, tese de mestrado em Gestão e Conservação da Natureza, Universidade dos Açores.

Turner, BL, Lambin, EF, Reenberg, A (2007). *The emergence of land change science for global environmental change and sustainability*. PNAS.

Tuzine, MS (2011). *Mapeamento da cobertura e uso da terra a partir de imagens ikonos na floresta de Inhamacari, província de Manica – Moçambique*, Curitiba Parana- Brasil.

United Nations Framework Convention on Climate Change, (2001). Decision 11/cp. 7 - Land-use, land-use change and forestry, report of cop-7. Marrakech. 69 p.

United States Geological Survery, consultado em 2018, disponível em disponível em
<<http://www.glovis.usgs.gov/>>, acesso em Abril de 2018.

Virtuoso, AM, Reis, CH (2017). *Mapeamento da cobertura e uso da terra nas áreas de
preservação permanente do rio muriaé no município de campos dos goytacazes – RJ.*

8. ANEXOS

Anexo 1: Atividades que condicionam as mudanças de uso e cobertura de terra, **A-** agricultura; **B-** abate de árvores para produção de carvão; **C-** forno em preparação para produção de carvão; **D-** forno recentemente usado; **E-** Carvão pronto para comercializar.



Anexo 2: Matriz de confusão da comunidade de Chivondzoene (2018).

Classificação	Mecrusse	FM	Ag/Hab/Se	Acácia	Mopane	Água	Total	Eco%
Mecrusse	29769	1419	11	587	16	0	31802	6.39
FM	255	315055	682	9	208	0	316209	0.36
Ag/SI/Hab	179	6538	6230	1733	119	11	14810	57.93
Acácia	309	309	172	27340	925	14	29069	5.95
Mopane	161	3858	234	1539	18674	0	24466	23.67
Água	40	0	152	182	0	2337	2711	13.80
Total	30713	327179	7481	31390	19942	2362	419067	
Eo%	3.07	3.71	16.72	12.90	6.36	1.06		
EG% = 95%								
k % = 0.88								

Anexo 3: Matriz de confusão da comunidade de Mafada (2018).

Classificação	Mopane	FM	Acácia	Ag/Hab/Se	Total	Eco%
Mopane	60200	30	784	177	61191	1.62
FM	14	58211	2064	232	60521	3.82
Acácia	977	1999	56160	102	59238	5.20
Ag/Hab/Se	1185	1609	1637	5924	10355	42.79
Total	1185	61849	60645	6435	191305	
Eo%	3.49	5.88	7.40	7.94		
EG% = 94%						
K % = 0.91						

Anexo 4: Matriz de confusão da comunidade de Mahanche (2018).

Classificação	Mopane	FM	Ag/Hab/Se	Mecrusse	Total	Eco%
Mopane	5346	191	38	0	5575	4.11
FM	246	2475	14	1	2736	9.54
Ag/Hab/Se	10	19	1066	0	1095	2.65
Mecrusse	0	0	0	94	94	0.00
Total	5602	2685	1118	95	9500	
Eo%	4.57	7.82	4.65	1.05		
EG% = 94%						
k % = 0.90						

Anexo 5: Matriz de confusão da comunidade de Mwamandzele (2018).

Classificação	Acácia	Mopane	FM	Mecrusse	Ag/Hab/Se	Total	Eco%
Acácia	21631	283	2705	241	5	24865	13.01
Mopane	249	70912	731	52	42	71986	1.49
FM	758	623	181612	35	131	183159	0.84
Mecrusse	357	4	13	8516	0	8890	4.21
Ag/Hab/Se	3	468	4218	1	4306	8996	52.13
Total	22998	72290	189279	8845	4484	297896	
Eo%	5.94	1.91	4.05	3.72	3.97		

EG% = 95%

K %= 0.88

Anexo 6: Características da vegetação do Mopane.

