



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA  
DIVISÃO DE AGRICULTURA  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DE TERRA DO PARQUE  
NACIONAL DE LIMPOPO ENTRE OS ANOS 2010 – 2020**

Monografia a ser apresentada e defendida na Divisão de Agricultura no curso de Engenharia Florestal - ISPG em cumprimento do requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal

**Autor:** Adriano Ernesto Siteo

**Tutor:** dr. Arão Raimundo Finiasse (MSc)

Lionde, Novembro de 2022



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Monografia científica com o tema “Monografia a ser apresentada e defendida na Divisão de Agricultura no curso de Engenharia Florestal - ISPG em cumprimento do requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal”, apresentado ao curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

**Tutor:** dr. Arão Raimundo Finiasse (MSc)

Lionde, Novembro de 2022



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Monografia científica sobre: **Análise da dinâmica de uso e cobertura de terra do Parque Nacional de Limpopo entre os anos 2010 – 2020**, a ser apresentado ao curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Supervisor: Arão Raimundo Fimasse

Avaliador 1: Edson Massingue

Avaliador 2: Pedro Venâncio Mate

Lionde, Novembro de 2022

## ÍNDICE

Índice de Tabelas .....	I
Índice de Figuras .....	I
Índice de Anexo.....	I
DECLARAÇÃO.....	III
DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTO .....	V
RESUMO .....	VI
ABSTRACT .....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. Problema e Justificativa de Estudo.....	9
1.2. Objetivos .....	10
1.2.1. Objetivo geral.....	10
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1. Cobertura florestal em Moçambique .....	11
2.2. Mudanças de uso e cobertura da terra .....	11
2.3. Principais categorias de uso e cobertura da terra.....	11
2.3.1. Causa de desmatamento florestal em Moçambique .....	11
2.4. Sensoriamento remoto.....	12
2.5. Satélites Landsat .....	12
2.5.1. Satélite Landsat 7 ETM+ .....	12
2.5.2. Satélite Landsat 8 OLI.....	13
2.5.3. Tipo de resolução espectrais .....	13
2.5.3.1. Resolução espectral .....	13
2.5.3.2. Resolução espacial .....	13
2.5.3.3. Resolução temporal .....	13
2.5.3.4. Resolução radiométrica .....	13
2.6. Comportamento Espectral de Alvos .....	13
2.7. Comportamento espectral dos solos .....	14
2.8. Comportamento espectral da Vegetação .....	14
2.9. Comportamento espectral da água.....	15

2.10	. Processamento de imagens .....	15
2.11.	Correção das imagens .....	15
2.11.1.	Correção geométrica .....	15
2.11.2.	Correção radiométrica .....	16
2.11.3.	Correção atmosférica.....	16
2.12.	Remoção de ruído .....	16
2.13.	Classificação de imagens .....	16
2.13.1.	Classificação supervisionada.....	17
2.14.	Algoritmo Isodata .....	17
2.15.	Algoritmo de Máxima Verosimilhança .....	18
2.16.	Análise de exatidão .....	18
3.	<b>METODOLOGIA</b> .....	20
3.1.	Descrição da área de Estudo.....	20
3.1.1.	Localização e limites .....	20
3.1.2.	Clima e Relevo .....	21
3.1.3.	Temperatura e Pluviosidade .....	21
3.1.4.	Hidrologia.....	22
3.1.5.	Historial do Parque Nacional de Limpopo .....	22
3.2.	Recursos Naturais.....	23
3.2.1.	Flora .....	23
3.2.2.	Fauna.....	23
3.2.3.	Atividades económicas dentro do Parque .....	23
3.3.	Visão e Objetivos Do Parque Nacional Do Limpopo.....	24
3.3.1.	Visão .....	24
3.3.2.	Objetivos principais do PNL.....	24
3.3.2.1.	Parceiros .....	24
3.3.2.2.	Distribuição da População.....	25
3.4.	Matérias e Métodos .....	25
3.4.1.	Matérias .....	25
3.5.	Métodos .....	26

3.5.1.1.	Aquisição de dados.....	28
3.6.	Pré-processamento.....	28
3.6.1.	Projeção geométrica.....	28
3.6.1.1.	Delimitação da região de interesse e combinação de bandas.....	29
3.7.	Classificação das imagens .....	30
3.7.1.	Classificação não-supervisionada .....	30
3.8.	Pontos da amostra de validação.....	30
3.9.	Número de pontos de amostra por cada classe .....	31
3.10.	Classificação supervisionada: Fase II .....	33
3.10.1.	Validação de dados no campo.....	33
3.11.	Descrição das classes de uso e cobertura da terra.....	33
3.12.	Análise do fluxo das mudanças de uso e cobertura de terra .....	33
3.13.	Taxa de Desmatamento.....	34
3.14.	Atividade que influenciam no Desmatamento dentro do Parque .....	34
4.	RESULTADOS e DISCUSSÃO .....	35
4.1.	Uso e Cobertura de Terra no Parque Nacional do Limpopo .....	35
4.2.	Fluxos de mudanças de cobertura de terra no PNL entre os anos 2010-2020.....	37
4.3.	Taxa de Desmatamento do PNL.....	38
4.4.	Atividades que influenciam no desmatamento florestal no PNL .....	40
4.5.	Avaliação da Classificação.....	41
5.	CONCLUSÃO.....	43
6.	RECOMENDAÇÕES.....	44
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
8.	Anexo .....	50

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1: Valor do Coeficiente Kappa.....	24
Tabela 2: Características das imagens satélites adquiridas.....	32
Tabela 3: Amostras de validação de classificação.....	35
Tabela 4: Evolução do uso e cobertura de terra no Parque Nacional do Limpopo entre os anos de 2010 e 2020.....	40
Tabela 5: Área e desmatamento florestal do PNL de 2010-2020.....	42
Tabela 6: Matriz de confusão para a classificação de 2020.....	45

## **Índice de Figuras**

Figura 2: Mapa de localização do Parque Nacional de Limpopo.....	25
Figura 3: Fluxograma das atividades.....	31
Figura 4: Composição falsa cor das imagens de satélite.....	33
Figura 5: Classificação não supervisionada do uso e cobertura de terra no Parque Nacional de Limpopo.....	34
Figura 6: Evolução do UCT no Parque Nacional de Limpopo de 2010-2020.....	38
Figura 7: Fluxo das Classes de Uso e Cobertura de Terra no PNL 2010-2020.....	41
Figura 8: Desmatamento florestal do PNL de 2010-2020.....	43
Figura 8: Atividades praticadas pelas comunidades no PNL.....	44
Figura 1: Refletância espectral de alvos naturais.....	19

## **Índice de Anexo**

Anexos 1: Atividades que influencia no desmatamento florestal no Parque Nacional de Limpopo.....	53
Anexos2: Inquérito referente ao uso e cobertura de terra no PNL.....	54
Anexo 3: Espécies florestal que ocorrem no Parque Nacional de Limpopo.....	55

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

CENACARTA – Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia

ETM+ – Enhanced Thematic Mappe Plus

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite/Satélite de sensoriamento remoto da Terra

UCT – Uso e Cobertura de Terra

USGS – United States Geological Survery

MAE – Ministério da Administração Estatal

MAXVER – Máxima Verossimilhança

MICOA - Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental

FAO– Food and Agriculture Organization

GPS – Global Positioning System

DDF – Desmatamento e Degradação Florestal

NASA - National Aeronautics and Space Administration

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SR – Sensoriamento remote

MITADER – Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural

PNL – Parque Nacional de Limpopo

MITUR- Ministerio de Turismo





INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO DE GAZA

### DECLARAÇÃO

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

Lionde, Novembro de 2022

*Adriano Ernesto Siteo*

(Adriano Ernesto Siteo)

## **DEDICATÓRIA**

### **Aos meus pais:**

Dedico este trabalho ao meu pai Ernesto Jonas Siteo que me ensinou como se reerguer diante das adversidades da vida e há minha querida mãe Laurinda Rodrigues Cossa (in memoriam), cujo empenho me educar sempre veio em primeiro lugar. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Com muita gratidão.

### **Aos meus irmãos:**

Geraldo Siteo, Argentina Siteo, Anastácia Siteo, Anieta Siteo, Jonas Siteo, Analda Siteo, Geraldo Cossa, Hélio Siteo.

### **Aos meus tios**

Arlindo Cossa, Maria Cossa, Maria Manhiça.

### **Aos meus sobrinhos**

Ilídio Machava, Pilonia Machava, Henrique Matável, Arminda Matável, Nelma Machava.

**Dedico!**

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forcas para chegar até o final.

Aos meus pais Ernesto Jonas Siteo e Laurinda Rodrigues Cossa pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Aos meus irmãos Geraldo Siteo, Argentina Siteo, Anastácia Siteo, Anieta Siteo, Jonas Siteo, Analda Siteo, Geraldo Cossa, Hélio Siteo pela amizade e atenção dedicada quando sempre precisei.

Ao meu tutor Arão Raimundo Finiasse pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo deste projeto.

A todos os meus amigos Osvaldo Mandlate, Luís Lúcia, Sérgio Matusse, Engenheiro Edson Machava, Osvaldo Pelembe, Delcídio Saloque, Samuel Tiago, Cátia Gilda, Tonecas Marime pelo apoio e companheirismo, e aos meus colegas do curso de Engenharia Florestal Rosália Cossa, Engenheiro Inocêncio Vasco, Justino Natalino, Márcio de Jesus, Lezia, Luiza, Jordina, Engenheiro soqueres, Engenheiro King, Álvaro e José Jorge que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com espírito colaborativo. E em particular quero agradecer ao Engenheiro Inocêncio Vasco Daniel e Engenheiro Justino Natalino por contribuírem na elaboração deste projeto de pesquisa.

Agradeço a Paula Siteo que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

Também quero agradecer ao ISPG em especial Divisão de Agricultura ao curso de Engenharia Florestal, ao Engenheiro severino Macoô, Engenheiro wate, Engenheiro Massingue, Engenheiro Mátusse e Doutor Arão Finiasse que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

**Agradeço!**

## RESUMO

A cobertura vegetal é de extrema importância para o meio ambiente, pois contribui para a protecção do solo contra erosão, abriga a fauna e equilibra a temperatura. O conhecimento e monitoramento da ocupação da terra são primordiais para a compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que permite que as tendências de mudança possam ser analisadas. O presente estudo teve como objectivo analisar a dinâmica de uso e cobertura de terra no Parque Nacional de Limpopo entre os anos 2010-2020. Para tal recorreu-se o uso de imagens satélite Landsat 7 ETM+ e 8 OLI através da classificação não supervisionada pelo método Isodata seguida da classificação supervisionada pelo método máximo verossimilhança no ENVI 5.3 após a confirmação das classes na actividades de campo. Feita a estimativa das áreas das classes que em cada ano, determinou-se a taxa de desmatamento no Parque. Por fim fez-se entrevistas nas comunidades locais para identificar actividades que influenciam no desmatamento florestal no PNL. Como resultado, foram identificadas 7 classes de uso e cobertura de terra, nomeadamente: Floresta Aberta, Floresta Fechada, Matagal, Pradaria, Solo Exposto/Habituação/Agricultura e Corpos de água, onde verificou-se uma perda significativa da vegetação e aumento de Solo Exposto/Habituação/Agricultura, Matagal e Pradaria, a classe de Floresta Aberta foi a classe que mais houve perda, cerca de 39624.33ha equivalente a 15% da sua área em 2010, seguida da classe de Floresta Fechada com uma perda de 31634.16ha (6,91%), em contra partida verificou-se um aumento da pradaria em 40910,51ha (34,11%), Matagal em 25259,37ha (12,24%), corpos de água em 3444,26ha (54,37%). e a classe de Solo Exposto/Habituação/Agricultura Solo foi a classe com menos aumento com 1644,35ha (3,78%, observou-se uma perda florestal de 71258,49 hectares, correspondendo a taxa de desmatamento e 1.04%/ano (7125,85 hectares/ano). Actividades que influenciam na mudança de uso e cobertura de terra e consequentemente no desmatamento florestal no Parque Nacional de Limpopo são a prática de agricultura, exploração de estacas, extracção de lenha, queimadas descontroladas e produção de carvão vegetal. Verificou-se que as mudanças no uso de terra levam a diminuição de recursos da floresta constando assim que relacionam-se com o desmatamento florestal verificado no PNL influenciando para a sua ocorrência, devendo-se promover ações que visam a utilização sustentável dos recursos naturais no PNL afim de reduzir o desmatamento e degradação florestal.

**Palavras-chaves:** Imagens de Satélite, Satélite Landsat, Uso e cobertura de terra , Desmatamento florestal

## 2. ABSTRACT

### 3.

Vegetation cover is extremely important for the environment, as it contributes to the protection of the soil against erosion, shelters the fauna and balances the temperature. Knowledge and monitoring of land occupation are essential for understanding the patterns of space organization, as it allows changing trends to be analyzed. The present study aimed to analyze the dynamics of land use and land cover in the Limpopo National Park between the years 2010-2020. For this purpose, Landsat 7 ETM+ and 8 OLI satellite images were used through the unsupervised classification by the Isodata method followed by the supervised classification by the maximum likelihood method in ENVI 5.3 after confirmation of the classes in the field activities. After estimating the areas of the classes that in each year, the deforestation rate in the Park was determined. Finally, interviews were carried out with local communities to identify activities that influence forest deforestation in the PNL. As a result, 7 classes of land use and land cover were identified, namely: Open Forest, Closed Forest, Bush, Prairie, Exposed Soil/Housing/Agriculture and Water bodies, where there was a significant loss of vegetation and increase in soil Exposed/Housing/Agriculture, Bush and Prairie, the Open Forest class was the class with the most loss, about 39624.33ha equivalent to 15.00% of its area in 2010, followed by the Closed Forest class with a loss of 31634.16 ha (6.91%), on the other hand, there was an increase in the prairie in 40910.51ha (34.11%), Bush in 25259.37ha (12.24%), bodies of water in 3444.26ha (54 .37%).ha and the class of Exposed Soil/Housing/Agriculture Soil was the class with the least increase with 1644.35ha (3.78%), there was a forest loss of 71258.49 hectares, corresponding to the deforestation rate and 1.04%/year (7125.85 hectares/year) Activities that influence the change of land use and cover and, consequently, forest deforestation in the Limpopo National Park are the practice of agriculture, exploitation of stakes, extraction of firewood, uncontrolled burning and production of charcoal. It was found that changes in land use lead to a decrease in forest resources, thus being related to forest deforestation verified in the PNL, influencing its occurrence, and actions aimed at the sustainable use of natural resources in the NLP in order to reduce deforestation and forest degradation

**Keywords:** Satellite Images, Landsat Satellite, Land use and land cover, Forest deforestation.

## 1. INTRODUÇÃO

Em Moçambique o uso e ocupação desordenados da terra estão associados a carência de informação espacial georreferenciada e crescimento populacional aliado ao desenvolvimento acelerado que o país vive. Estes factores, levam a população a procurar novas áreas para habitação. O Parque Nacional de Limpopo, tem sofrido muita pressão da população a procura de novas áreas para a prática da agricultura, caca e cortes florestais para produção de combustíveis diversos.

O conhecimento e monitoramento da ocupação da terra são primordiais para a compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que permite que as tendências de mudança possam ser analisadas. Este monitoramento consiste em buscar conhecimento de toda sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (Rosa, 2007).

Estima-se que mais de 50% da população que reside nas zonas rurais e dependem da agricultura de subsistência, produção de carvão vegetal, mineração, exploração de madeira comercial e pecuária. Destas, a agricultura de subsistência é a principal, sendo responsável por 65% do desmatamento ocorrido no país, por ser caracterizada pela actividade de corte e queima de árvores, que muitas das vezes são impróprias e descontroladas, acabando por não conhecer-se onde e como elas ocorrem (FAO, 2007).

A perda de habitat pode ocorrer independentemente do processo de fragmentação apesar de reconhecida a interação existente entre eles, na perda do habitat, ocorre modificação e redução da cobertura do solo enquanto na fragmentação, uma mancha de habitat é transformada em numerosas manchas menores e isoladas. Deste modo, o processo da perda do habitat pode ser compreendido dentro do contexto do processo de fragmentação de habitats (Fahrig, 2003).

Com a descoberta da teledeteção, a observação e monitoria na dinâmica da cobertura vegetal tornou-se mais fácil e eficiente, pois, este método despense menos tempo e recursos, ao mesmo tempo que, permite uma visão ampla e facilita a monitoria dos impactos em locais inacessíveis para os métodos baseados no levantamento in-situ (Soares, 2017).

Hoje, a deteção de mudanças do uso e cobertura da terra com recurso a imagens de satélite é considerada uma das funções da deteção remota que agrega uma dimensão temporal à análise das informações contidas nas imagens, representando uma importante base para ações de

monitorização, estabelecimento de novas políticas ambientais, e a convenção da biodiversidade, que requerem informação detalhada sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra (Kiel, 2008).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica de uso e cobertura de terra do PNL durante o período de 2010-2020, com base em imagens satélites. Com vista a dar conhecer a dinâmica de uso e cobertura de terra do PNL durante o período em causa, com objetivo de servir como base para a criação de estratégias que visam garantir a gestão sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade local e a nível nacional.

### **1.1. Problema e Justificativa de Estudo**

Em Moçambique as actividades humanas são as causas directas de mudanças de cobertura de terra, que resultam em perda ou redução da biodiversidade, Entre Tanto, a biodiversidade é um pilar vital para o desenvolvimento de Moçambique e para o apoio da maioria da população Moçambicana (MITADER, 2015).

A crescente influência das actividades do homem no funcionamento e no equilíbrio do ecossistema no Parque Nacional de Limpopo (PNL), nos últimos anos tem merecido cada vez mais atenção por parte da comunidade científica e dos gestores do parque. Por estas razões, ao longo dos anos também se exploraram as possibilidades de levantamento do uso e cobertura da terra a partir de imagens de baixo custo, alta resolução temporal e baixa ou moderada resolução espacial (Novo, 2008).

Nos últimos anos o PNL tem sofrido a ocorrência constante de alteração na cobertura e uso de terra, causadas pela abertura de novos campos agrícolas, produção de carvão, caça e entre outras actividades (Sacur, 2018). Como consequências têm-se verificado o desmatamento e degradação florestal no PNL, trazendo ameaças a biodiversidade local, assim como a insegurança alimentar às comunidades locais, visto que a maior parte das comunidades é completamente dependente dos recursos naturais (lenha, carvão, mel, caça de animais selvagens) para a sobrevivência e desenvolvimento económico (Nhanengue, *et al.*, 2017).

O estudo da dinâmica e da evolução das alterações do ecossistema tem importância económica, social e ambiental para a comunidade. Devido a frequentes alterações que o ecossistema apresenta em climas diversos, a sua monitorização é importante para estudos de evolução da paisagem como

também para atividades de planeamento e ordenamento territorial bem como perspetivar ações futuras nas regiões com desflorestamento acentuado ou não (Mazalo, 2018)..

De acordo com Filho (2005), a aplicação de Detecção Remota em várias escalas temporais por meio de mapeamento, servirá de análise nas relações espaciais, obtidas e armazenadas em SIG e para desvendar os processos que resultaram na análise da dinâmica do uso e cobertura da terra.

A escassez de informação sobre a dinâmica de uso e cobertura de terra do Parque Nacional de Limpopo é tida como um dos maiores obstáculos pelos Órgãos Administrativos locais para questões de gestão da biodiversidade, ou seja, não conhece-se onde, quando, como e quais as suas reais causas da variação da dinâmica de uso e cobertura de terra dentro do parque. Surgindo assim a necessidade de analisar a dinâmica de uso e cobertura de terra do Parque Nacional de Limpopo com recurso a imagens de satélite Landsat 7 ETM + e 8 OLI, de modo a conhecer-se a área total abrangida pelas variações de cobertura e os possíveis factores contribuintes para a ocorrência das mesmas. Na base deste conhecimento poderá definir-se as áreas prioritárias para o maneio, com vista a garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e o desenvolvimento das comunidades locais.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

- ✚ Analisar a dinâmica de uso e cobertura de terra do Parque Nacional de Limpopo entre os anos 2010-2020.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- ✚ Gerar mapas de uso de cobertura de terra do PNL entre os anos 2010-2020;
- ✚ Determinar os fluxos de mudanças de cobertura de terra no PNL entre os anos 2010-2020;
- ✚ Determinar a taxa de desmatamento do PNL;
- ✚ Identificar as atividades que influenciam no desmatamento florestal no Parque Nacional de Limpopo.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Cobertura florestal em Moçambique**

Moçambique é um dos poucos países da África Austral que possui uma área considerável de florestas nativas, sendo os seus principais tipos: o Miombo, o Mecrusse e o Mopane (Magalhães, 2018). Estas florestas estão sujeitas a uma elevada taxa de desmatamento e degradação florestal devido à alta demanda por bens e serviços e por constituírem o principal meio de abrir novas áreas pelos agricultores. As florestas são importantes como fonte de madeira, reduzem a taxa de erosão, constituem habitat para a vida selvagem, são importantes reservas de carbono, exercendo assim um importante papel na mitigação de mudanças climáticas, entre outros (Magalhães, 2018).

### **2.2. Mudanças de uso e cobertura da terra**

Por mudança da cobertura da Terra se entende a mudança dos materiais biofísicos que cobrem a superfície da Terra, enquanto por mudança de uso da terra se entende a mudança do uso que o homem faz da mesma (Jensen, 2009), mantendo uma floresta ou derrubando-a para um campo de cultivo ou pastagem, tornando áreas rurais em urbanas, inundando vales com a construção de barragens, criando unidades de conservação enfim toda a gama de possibilidades de uso que se pode fazer da superfície da terra. Conforme (Siteo *et al*, 20013), mudanças de uso das terras afetam não somente as propriedades locais da paisagem; por exemplo, a degradação do solo e aumento da erosão após desmatamento, mas também podem ser causadoras de mudanças da utilização do solo nas zonas adjacentes; por exemplo, a deposição de sedimentos da erosão sobre áreas de cultivo a jusante.

### **2.3. Principais categorias de uso e cobertura da 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).

#### **2.3.1. Causa de desmatamento florestal em Moçambique**

As principais causas subjacentes do desmatamento em africa são fatores demográficos, económicos e tecnológicos (Geist & Lambin, 2002). Em relação à degradação florestal, as principais causas em África são a produção de carvão e a exploração de madeira comercial (Hosonuma *et al*, 2012). Em Moçambique, as principais causas de degradação e desmatamento florestal são a agricultura de

subsistência, agricultura comercial, a produção de lenha e carvão, a urbanização, a mineração, a exploração de madeira comercial e a pecuária (Sitoe *et al*, 2016).

#### **2.4. Sensoriamento remoto**

O sensoriamento remoto foi desenvolvido com o objetivo de designar o surgimento de novas tecnologias e instrumentos capazes de obter informações da superfície terrestre a partir de longas distâncias. Conseqüentemente, sensoriamento remoto pode ser definido como sendo uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto (Novo, 2010). Esta técnica é composta por diversas atividades, que envolvem a detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos presentes na superfície terrestre e registradas por sensores remotos. 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. (Leite, 2012).

#### **2.5. Satélites Landsat**

A série de satélites Landsat faz parte de um programa da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos (NASA) para o estudo dos recursos naturais da terra. O primeiro satélite (Landsat 1) foi lançado em 1972 e desde então mais sete satélites foram sendo sucessivamente lançados, permitindo uma série de dados ininterruptos desde 1972. O satélite Landsat 5, com o sensor TM (Thematic Mapper) a bordo, foi o satélite que esteve mais tempo operacional, de Março de 1984 a Novembro de 2011. Atualmente, dois satélites estão ativos, o Landsat 7 e o Landsat 8 (NASA, 2015).

##### **2.5.1. Satélite Landsat 7 ETM+**

O satélite Landsat 7 ETM+ foi lançado em 15 de abril de 1999, com um novo sensor a bordo denominado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). A operação do satélite em órbita era, inicialmente, administrada pela NASA e os dados gerados por ele, como imagens e a comercialização destas, ficam sob os cuidados da USGS (United States Geological Survey). Contribuiu para ampliar o uso dos produtos, pois conseguiu melhorar a acurácia do sistema, ampliou a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, além de tornar a banda pancromática operante e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução (NASA, 2000).

### **2.5.2. Satélite Landsat 8 OLI**

O satélite Landsat 8 foi lançado a 11 de Fevereiro de 2013 com o sensor OLI (Operational Land Imager) e contém 11 bandas espectrais, mas partilha as mesmas bandas acima mencionadas com o sensor ETM+ (NASA, 2000). O sensor OLI fornece as bandas multiespectrais, sendo as bandas 1 a 7 e 9 com resolução espacial de 30 metros e a banda 8 (pancromática), com 15 metros de resolução espacial. As bandas 10 e 11 são obtidas através do sensor TIRS e com resolução espacial de 100 metros, entretanto essas bandas podem ser reamostradas para 30 metros de resolução espacial. (USGS, 2014).

### **2.5.3. Tipo de resolução espectrais**

Os satélites possuem características de sensores expressas por quatro domínios de resolução: espectral, espacial, temporal e radiométrica, segundo as definições abaixo:

#### **2.5.3.1. Resolução espectral**

Consiste da premissa que os alvos da superfície terrestre se diferem quanto à energia refletida por eles. Assim, os sensores detectam as faixas de comprimento de onda refletida, denominadas bandas espectrais, (Moreira, 2005).

#### **2.5.3.2. Resolução espacial**

Refere-se a resolução do sensor. Ou seja, a área vista pelo sensor sobre a superfície da Terra dentro de um ângulo em um dado instante de tempo, (Moreira, 2005).

#### **2.5.3.3. Resolução temporal**

É dada em função do tempo que o satélite leva para voltar a recobrir a área de interesse, ou seja, a frequência de passagem de captura dos dados de uma mesma área. Cabe ressaltar que essa resolução é muito importante, pois permite realizar acompanhamentos dinâmicos dos alvos da superfície terrestre, (Moreira, 2005).

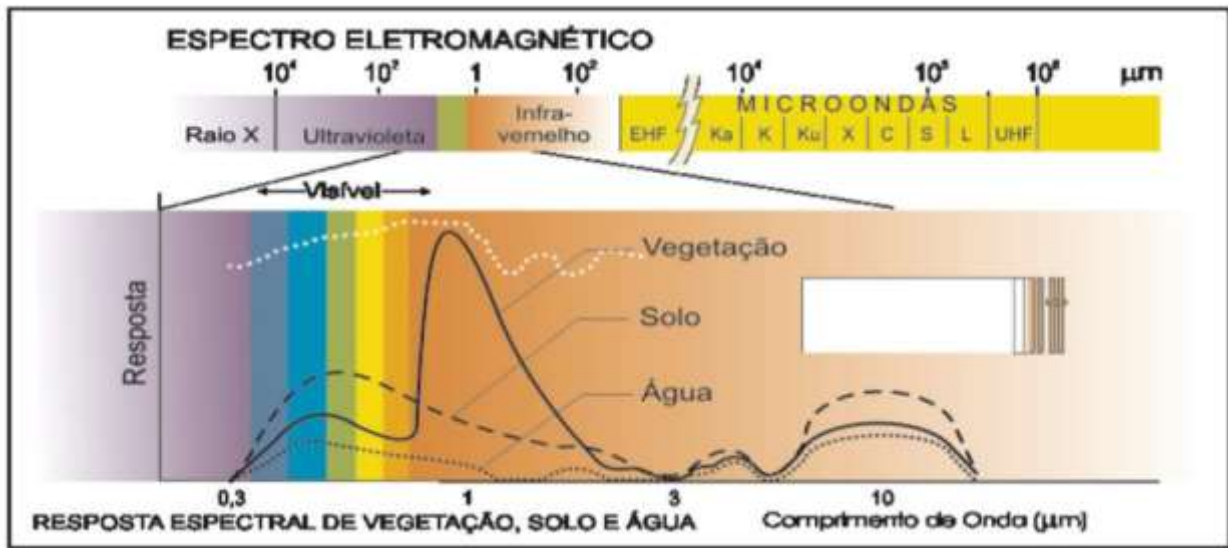
#### **2.5.3.4. Resolução radiométrica**

Representa as diferenças dos valores de intensidade de sinal elétrico atribuindo tons de cinza que variam do escuro com intensidade igual ou próxima à zero até o claro com valor de máxima intensidade, (Moreira, 2005).

### **2.6. Comportamento Espectral de Alvos**

O termo Comportamento espectral de alvos tem sido atribuído pelos profissionais que atuam na aplicação do sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, como ao estudo da Reflectância espectral destes recursos, quer sejam: vegetação, solos, minerais e rochas, água, etc. Em termos mais abrangentes, estudar como um objeto se comporta espectralmente, deveria

contemplar os três fenômenos já mencionados que ocorrem após a incidência da REM sobre um dado objeto: reflexão, transmissão e absorção. Assim, o comportamento espectral de um alvo só é plenamente compreendido quando são estudadas suas propriedades de refletir, transmitir e absorver a REM. Contudo, serão enfatizadas aqui as propriedades de reflexão dos alvos (recursos naturais), uma vez que a maioria dos sensores atualmente disponíveis para o estudo dos recursos naturais, utilizam a REM refletida por eles. (Meneses & Netto, 2001).



**Figura 2:** Refletância espectral de alvos naturais.

Fonte: (Maio, *et al*, 2008).

### 2.7. Comportamento espectral dos solos

A refletância do solo vai além do espectro visível, pois seu comportamento espectral deriva, não somente da cor, como também da composição, arranjo dos constituintes minerais, orgânicos e fluidos. Além da cor e dos constituintes, o comportamento espectral do solo depende do tamanho das partículas. Quanto mais finas são as partículas componentes do solo, maior é a capacidade de manter a umidade elevada; conseqüentemente, maior será a absorção da radiação eletromagnética e menor será a quantidade de energia refletida. Contrariamente, os solos arenosos, possuem resposta espectral com maior refletância, com uma curva crescente do visível para o infravermelho próximo (Meneses & Netto, 2001).

### 2.8. Comportamento espectral da 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 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 2005).

## **2.9. Comportamento espectral da água**

A refletância da água é pequena, em torno de 4%, fazendo com que, nas imagens de satélite, a água se apresente em tons de cinza escuro, sendo praticamente insensível à variação de cores. O comportamento espectral da água pura, ou seja, sem matéria orgânica ou inorgânica é bastante característico. A característica mais evidente da água é a maior penetração na região do espectro electromagnético do azul (0,4 $\mu$ m – 0,5 $\mu$ m). Já a faixa do comprimento de onda verde ao vermelho é bastante absorvida. Os comprimentos de onda infravermelho próximo e infravermelho médio são importantes para discriminar a água. Nesses intervalos a radiação é absorvida. Contrariamente, o solo que possui uma alta refletância e baixa absorção no infravermelho aparece em tons claros na imagem de satélite (Meneses & Netto, 2001).

## **2.10. Processamento de imagens**

O processamento de imagens consiste em uma série de procedimentos para a produção de novas imagens a partir da imagem pré-existente. Isto envolve todas as operações aplicáveis a qualquer tipo de imagem, imagens brutas adquiridas a partir de sensores remotos; imagens contaminadas por ruído, tal como nuvens e sombras; imagens distorcidas pelo mal funcionamento do sensor, instabilidade da plataforma em que o sensor está embarcado. O propósito geral do processamento de imagem são preparar o dado de imagem para que este possa ser melhor utilizado nas etapas subsequentes de interpretação e extracção de informações. Algumas técnicas de processamento digital modificam o valor de cada pixel independentemente do valor dos pixels vizinhos e são chamadas operações pontuais. Outras levam em consideração os pixels vizinhos e são chamadas operações locais. (González e Woods.2000).

## **2.11. Correção das imagens**

### **2.11.1. Correção geométrica**

A correção geométrica é o processo no qual as coordenadas geográficas de cada pixel são determinadas dentro de um nível de precisão e exatidão condizentes com a aplicação pretendida. O objetivo é gerar uma imagem que tenha a integridade geométrica de um mapa, sem as distorções causadas pelo processo de aquisição da imagem e devidas aos seguintes fatores: variações na

altitude e velocidade do satélite ou aeronave, distorção panorâmica, curvatura da Terra, rotação da Terra, refração atmosférica, deslocamento de relevo, e variações na velocidade de varredura do sensor (Lillesand *et al*, 2008).

### **2.11.2. Correção radiométrica**

Esse procedimento é necessário, principalmente, em imagens de uma mesma localidade, porém adquiridas em datas diferentes, e que por esse motivo estão sujeitas a variações quanto ao grau de iluminação e da acção de diferentes condições atmosféricas. O objectivo é corrigir as distorções introduzidas pelos seguintes factores: variações de iluminação da cena devido a diferentes ângulos de iluminação solar (geração de mosaicos), condições atmosféricas (neblina) que produzem espalhamento (Lillesand *et al*, 2008).

### **2.11.3. Correção atmosférica**

A correção dos efeitos de espalhamento e absorção da radiação provocados pela atmosfera no processo de sensoriamento remoto é necessária em três casos: na computação dos valores da razão entre duas bandas de uma imagem multiespectral; quando se deseja relacionar a radiância de resposta de uma superfície em relação a alguma propriedade dessa superfície baseada num modelo de base física e quando se deseja comparar dados de duas datas diferentes da mesma superfície. Há métodos baseados na imagem e baseados na estimativa da radiância atingindo o sensor a partir do pixel alvo, sendo que estes são normalmente utilizados em conjunto com a correção da iluminação e calibração do sensor (Mather, 2004).

### **2.12. Remoção de ruído**

Segundo (Lillesand *et al*, 2008). Ruído é qualquer perturbação na imagem devido a limitações no sensoramente, na digitalização do sinal ou no procedimento de gravação dos dados. O ruído pode tanto degradar a imagem como também mascarar totalmente a verdadeira informação radiométrica contida na imagem digital. Os ruídos podem ser decorrentes de variações na resposta de detectores individuais (bandeamento ou “stripping”), Há várias formas de degradação ou ruídos radiométricos em uma imagem, as quais podem ser do tipo coerente ou aleatório ou uma mistura de ambos. Ruídos coerentes são aqueles que apresentam um padrão sistemático, enquanto os aleatórios são aqueles que não mostram nenhum padrão sistemático.

### **2.13. Classificação de imagens**

Classificação de imagens é o processamento no qual decisões quantitativas são tomadas com base nas informações presentes na imagem, através do agrupamento de pixels ou regiões da imagem em

classes que representem diferentes padrões de cobertura do solo, visando como saída o mapeamento temático extraído da imagem. O objetivo geral da classificação de imagens multiespectrais é categorizar automaticamente todos os pixels pertencentes à uma imagem dentro de classes ou temas de cobertura do solo, gerar mapas ou imagens temáticas e servir como fonte de dados para um sistema de informações geográficas (INPE.2007).

### **2.13.1. Classificação supervisionada**

A classificação supervisionada é informalmente definida como o processo no qual amostras de identidade conhecida são utilizadas para classificar Pixels de identidade desconhecida. Nesse processo um analista identifica na imagem as classes de informação de seu interesse e separa regiões que melhor representem estas classes. Dentro dessas regiões, ele separa áreas de treinamento que contêm os Pixels que serão usados como representantes da classe. A partir destes Pixels são extraídas determinadas características das classes, que serão usadas para a classificação dos demais pixels. (Máximo e Fernandes, 2005). Segundo (Richards e Jia, 2006) apontam que, os classificadores supervisionados utilizam algoritmos adequados para classificar os pixels de uma imagem em classes com diferentes tipos de uso do solo.

### **2.13.2. Classificação não-supervisionada**

Classificação é desenvolvido sem que o operador especifique os padrões que irão compor as classes. Com isso, são requeridos cálculos computacionais para definir os agrupamentos dos padrões espectrais similares. Fica a cargo do operador, basicamente, definir o rótulo das classes ou, quando necessário, o número de classes. Os classificadores não-supervisionados não baseiam a classificação em amostras de treinamento. Pelo contrário, esta família de classificadores envolve algoritmos que examinam os Pixels “desconhecidos” de uma imagem e os agregam em um certo número de classes baseado nos agrupamentos naturais (clusters) presentes nos valores da imagem. (Máximo e Fernandes, 2005).

### **2.14. Algoritmo Isodata**

Classificador Isodata fundamenta-se que os agrupamentos iniciais são pré-definidos pelo usuário e distribuídos ao longo do eixo diagonal do espaço atributo (feature space), que é representado por uma linha que se origina no ponto correspondente ao número máximo do nível de cinza de cada componente espectral. Se duas classes estão muito próximas e abaixo do limite estipulado, ocorrerá uma fusão das classes. Se a distância que a amostra apresenta da média das classes (centróide) for maior que a das classes existentes, esta será dividida em duas classes. A cada iteração será

recalculada a média das classes espectrais e os pixels serão reagrupados seguindo os seguintes critérios (IBGE, 2013):

- As classes com desvio padrão muito grande serão subdivididas para formar classes menores.
- Classes que estão estatisticamente muito próximas serão fundidas.
- Classes, com número pequeno de pixels, são eliminadas.

### **2.15. Algoritmo de Máxima Verossimilhança**

O método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) é o classificador "pixel a pixel" mais utilizado para dados de sensoriamento remoto. Com a finalidade de se determinar a que classe um determinado pixel com um vetor espectral (vetor dos valores de intensidade em cada banda espectral) pertence, deve-se avaliar a probabilidade de que a classe seja a classe correta para um pixel dado, ou seja, um pixel é atribuído a classe de maior probabilidade. No entanto, a partir das amostras de treinamento é possível estimar a distribuição de probabilidade de cada classe. Esta probabilidade descreve a chance de encontrar um pixel da classe correta a partir de um vetor espectral dado. Ou seja, para um pixel numa posição do espaço de atributos, pode-se calcular um conjunto de probabilidades de que o pixel pertença a cada uma das classes possíveis. Considera-se que a distribuição de probabilidade para as classes são normais, essa suposição não é demonstrável, mas é uma propriedade natural dos alvos (Richards & Jia, 2006).

### **2.16. Análise de exatidão**

A avaliação da exatidão das classificações temáticas é um tema complexo, em que não há unanimidade sobre a metodologia a seguir. A exatidão do produtor refere-se à concordância dos pontos de referência com a classificação temática, ou seja, quão bem os pixels de treino de cada classe foram classificados. A exatidão do utilizador refere-se à concordância dos pixels da imagem classificada com os pixels de referência, indicando os erros de comissão (Lillesand *et al*, 2014).

O índice de Kappa surge na tentativa de se reduzir o efeito do acaso, ajustando a exactidão geral tendo em conta a possibilidade de concordância devido ao acaso. No entanto, este índice também é muito criticado, pois o acaso não é uma alternativa razoável à construção de um mapa de UCT e o índice não oferece informação que resulte numa conclusão diferente da obtida pela exatidão geral (Lillesand *et al*, 2014). A equação (1) que fornece o valor de Kappa e apresentada a seguir:



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

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

Mazalo (2018), adaptou a tabela do estudo de Landis & Koch (1977), que classificam os diferentes níveis de concordância (ou reprodutibilidade) conforme mostra tabela 1 abaixo:

**Tabela 1: Valor do Coeficiente Kappa.**

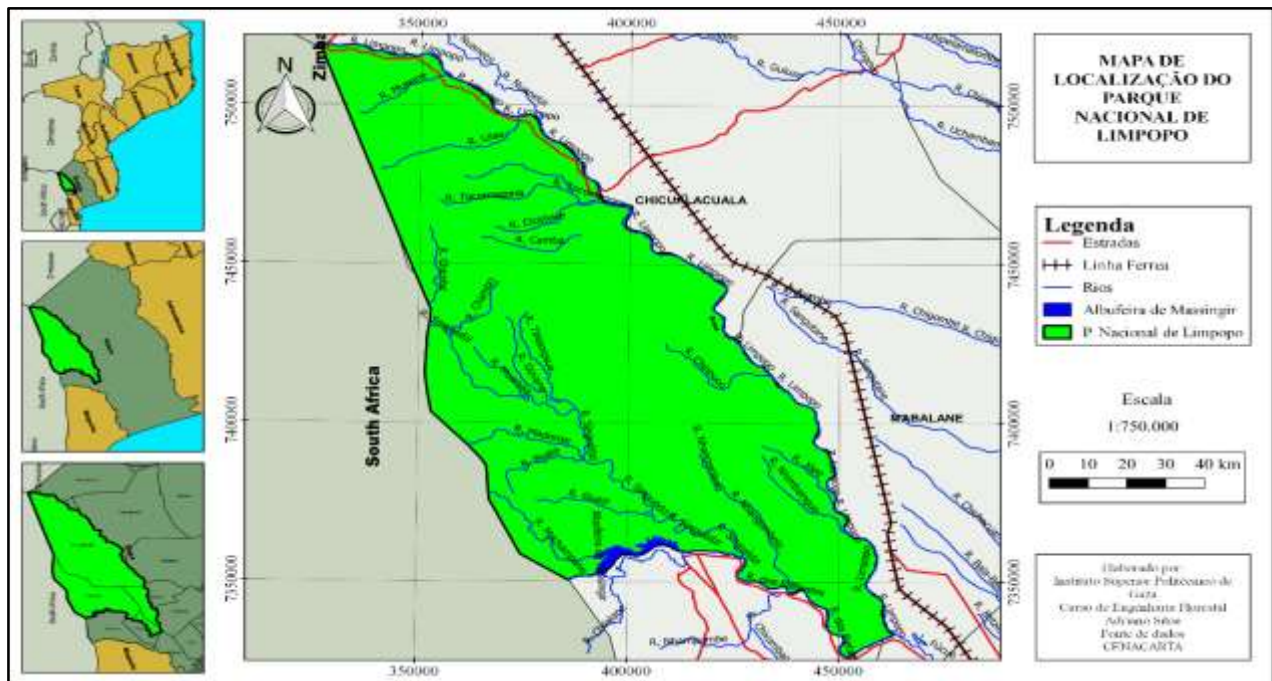
VALOR DO COEFICIENTE KAPPA	NÍVEL DE CONCORDÂNCIA
<0	Não existe Concordância
0 – 0,20	Concordância Mínima
0,21 – 0,40	Concordância Razoável
0,41 – 0,60	Concordância Moderada
0,61 – 0,80	Concordância Substancial
0,81 – 1,0	Concordância Perfeita

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Descrição da área de Estudo

##### 3.1.1. Localização e limites

O presente trabalho foi realizado no Parque nacional de Limpopo. O PNL localiza-se a Norte da Província de Gaza, na região Sul de Moçambique. Sendo limitado a Norte pelo Distrito de Chicualacuala, a Sul pela Província de Maputo (incluindo a área tampão), a Este pelos Distritos de Mabalane e Chokwé e, a Oeste, pela República da África do Sul junto (MAE, 2005). Ocupa uma área de aproximadamente 1.000.000 hectares, distribuídos por três distritos, onde 15% estão localizados no distrito de Massingir, 35% no distrito de Mabalane e, 50% no distrito de Chicualacuala, O perímetro oeste do Parque é formado pela fronteira com a África do Sul e estende-se numa direção Norte-Sul por uma distância de perto de 200 km. A fronteira do Zimbabwe é tocada na ponta mais setentrional da área e daí corre numa direção nordeste. O Rio Limpopo forma o limite este, enquanto o Rio dos Elefantes forma o limite sul. O curso do Rio Limpopo é de fundamental importância na determinação da posição física do limite noroeste. (MAE, 2012).



**Figura 2:** Mapa de localização do Parque Nacional de Limpopo.

**Fonte:** Autor

### **3.1.2. Clima e Relevo**

O clima é subtropical árido com verões húmidos e quentes e invernos amenos e secos. A temperatura média anual é de 30°C; a precipitação média anual ronda entre 360 mm no norte e mais de 500 mm no sudoeste do parque, com uma evapotranspiração potencial de referência superior a 1500 mm. A região apresenta grande variabilidade interanual na quantidade de precipitação provocando alternância de períodos secos e de inundações o que a torna pouco apta para agricultura (MITUR, 2015).

A zona interior do PNL é caracterizada pela ocorrência de solos delgados e característicos da cobertura arenosa de espessura variável. Tais condições são agravadas pela grande irregularidade da quantidade de precipitação ao longo da estação chuvosa e por consequência a ocorrência de frequentes períodos secos durante o período do crescimento de culturas. A região ao longo do rio dos Elefantes possui solos aluvionares, onde ocorrem solos hidromórficos orgânicos também conhecidos como machongos. Trata-se de terras húmidas, baixas e depressões permanente ou sazonalmente húmidas evidenciando condições de valor agrícola. Os solos bastante ricos e férteis ao longo dos rios em particular nos distritos Chicualacuala e Massingir enquanto as chuvas intensas têm provocado cheias nestas regiões (MAE, 2012).

### **3.1.3. Temperatura e Pluviosidade**

A média das temperaturas máximas diárias aumenta de Sul para Norte, sendo comum temperatura máximas absolutas acima dos 40°C durante os meses de Novembro a Fevereiro. Embora a média da temperatura mínima seja acima do ponto de congelação, regista-se periodicamente, geadas nas áreas situadas mais baixo, ao longo dos rios na área de Shingwedzi (MAE, 2012).

A precipitação média anual diminui de Sul para Norte. Para a área do LNP, não estão disponíveis dados precisos da queda pluviométrica. Com base nos dados coletados ao longo de vários anos na área adjacente do KNP, a média anual varia de 360 mm na parte mais a norte até mais de 500 mm ao longo da cadeia de montanhas do Lebombo no sudoeste do Parque. O período chuvoso ocorre de Setembro até Abril, com um curto período seco de 4 meses (MAE, 2012).

#### **3.1.4. Hidrologia**

A hidrologia da região é dominada por três sistemas hidrográficos, o Limpopo, o Elefantes e em menor grau o Shingwedzi. O Limpopo é o maior e as suas bacias de captação derivam do planalto interior da África do Sul, das planícies interiores da parte oriental do Botswana e da parte Norte do escarpamento oriental da África do Sul. A região elevada produz a maior parte das descargas e cheias, mas é controlada pelas várias barragens nos rios Crocodile, Marico e Pienars. Essas barragens reduzem as descargas e controlam as cheias moderadas. O Rio dos Elefantes deriva do interior do planalto oriental da África do Sul e um alto grau de descargas e cheias é produzido pelas bacias de captação dos Rios dos Elefantes, Wilge e Steelpoort. As barragens nessas bacias de captação, também influenciam as descargas e as cheias. Os rios dos escarpamentos orientais, tais como o Letaba e Blyde têm um grande efeito no regime de descargas e cheias do Rio dos Elefantes (MAE, 2005).

#### **3.1.5. Historial do Parque Nacional de Limpopo.**

O Parque Nacional de Limpopo foi proclamado recentemente como o Parque Nacional do Limpopo (PNL) em 27 de Novembro de 2001 pelo decreto Nr 38/2001. Com uma vida de pouco mais de 15 anos, o PNL encontra-se neste momento a entrar na sua fase de consolidação. Anteriormente esta área era uma Coutada de Caça também conhecida como Coutada 16. Já em 1938, tinha sido discutida a ligação entre o Parque Nacional do Kruger (PNK), a Coutada 16 e o Parque Nacional Gonarezhou (PNG) no Zimbabue. A guerra civil adormeceu as acções para operacionalizar esta visão transfronteiriça integrada de conservação, mas após o Acordo de Paz em Moçambique em 1992, por recomendação do Conselho de Ministros Moçambicano, a Facilidade Ambiental Global (GEF), através do Banco Mundial, financiou análises de viabilidade que culminaram com uma série de recomendações contidas num relatório elaborado em 1996 (Rodgers, 2009).

## 3.2. Recursos Naturais

### 3.2.1. Flora

O LNP está inserido dentro da vegetação de Mopane da Região Sudano-Zambeziana<sup>1</sup> e corresponde à mata tipo 15 de Acocks, mata de Mopane<sup>2</sup>. Em termos de determinantes ecológicas, a disponibilidade de humidade é o factor principal na determinação da composição e distribuição espacial da vegetação. A maior disponibilidade de humidade, ao longo dos corpos de água quase perenes ou sazonais, resulta em comunidades ribeirinhas. Subsequentemente, o gradiente em solos com conteúdo argiloso (resultante do subjacente substrato geológico e posição da paisagem) e a posição da paisagem em si (na determinação do fluxo da água), largamente determinam a disponibilidade da humidade do solo. Secundariamente a disponibilidade de nutrientes é importante na composição. A geologia determina o potencial intrínseco de nutrientes. A posição da paisagem influencia a acumulação ou o esgotamento de nutrientes. (MAE, 2005).

Um total de quinze comunidades distintas de plantas pode ser identificado no terreno: *Androstachys Johnson*, *Guibourtia conjugata*, *Baphia massaiensis*, *Terminalia sericea*, *Eragrostis pallens*, *Combretum apiculatum*, *Pogonarthria squarrosa*, *Andropogon gayanus*, *Colophospermum mopane*, *Panicum maximum*, *Combretum imberbe*, *Kirkia acuminata*, *Combretum apiculatum*, *Terminalia prunioides*, *Grewia bicolor*, *Acacia tortilis*, *Acacia xanthophloeia*, *Phragmites sp*, *Faidherbia albida*, *Plugia dioscurus*, *Setaria incrassata*, *Sporobolus consimilis*, *Stenotaphrum secundatum*.

### 3.2.2. Fauna

A fauna bravia é constituída fundamentalmente por elefantes, búfalos, palapalas, girafas, cabritos do mato e leões, mas existem no parque um total de 147 espécies de mamíferos, 505 espécies de aves, pelo menos 116 espécies de répteis duas das quais endémicas (lagarto das areias com cauda azul e lagarto de Coaster de nariz em espátula), 34 espécies de rãs e 49 espécies de peixes das quais três merecem estatuto especial de conservação (MINISTÉRIO DE TURISMO, 2003; MAE, 2015).

### 3.2.3. Atividades económicas dentro do Parque

A principal atividade económica na região é a agricultura de sequeiro, suplementada pela criação de aves (patos, galinhas), suínos em redor das casas e o pastoreio de gado bovino e caprino que é efetuado em áreas mais extensas que incluem as zonas com condições favoráveis para a conservação e turismo, tecnicamente consideradas zonas de proteção total do parque. A população do parque e das regiões vizinhas depende dos recursos naturais da flora e fauna (raízes e tubérculos,

mel e frutos silvestres e pequenos animais da floresta) para a sua subsistência. As florestas, são uma importante fonte de combustível lenhoso, materiais de construção e fabrico de carvão vegetal, apesar de ser em pequena escala (MILGROOM, 2008).

### **3.3. Visão e Objetivos Do Parque Nacional Do Limpopo**

#### **3.3.1. Visão**

O Parque Nacional do Limpopo é uma área de conservação e preservação da biodiversidade integrada regionalmente na grande área de conservação transfronteiriça, no qual os processos ecológicos são efetivamente mantidos contribuem para o bem-estar do povo Moçambicano, através do desenvolvimento dum turismo ecológico e culturalmente sustentável (ANAC, 2018).

#### **3.3.2. Objetivos principais do PNL**

- Manter o carácter natural atual do Parque Nacional de Limpopo como uma área de conservação de importância global, dentro de uma estrutura de intervenção mínima de gestão, assegurando ao mesmo tempo, a manutenção e a evolução natural da estrutura e função do ecossistema (ANAC, 2018).
- Assegurar a participação das comunidades locais no desenvolvimento e gestão do Parque Nacional de Limpopo, incluindo a partilha de benefícios para essas comunidades que conduzam ao melhoramento das condições de vida (ANAC, 2018).
- Desenvolver e gerir o Parque Nacional de Limpopo de acordo com o seu Plano de Maneio e seguindo os interesses nacionais sobre a conservação da biodiversidade e a contribuição para o desenvolvimento socioeconómico sustentável do país e da região (ANAC, 2018).
- Promover um turismo responsável para geração de receita do Parque Nacional de Limpopo para assegurar o desenvolvimento socioeconómico local e regional. Desta forma os programas de maneio abaixo descritos visam responder a cada um dos objetivos traçados para os próximos 10 anos no Parque Nacional do Limpopo (ANAC, 2018).

##### **3.3.2.1. Parceiros**

Até à data, o PNL tem como doadores a German Development Bank, Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD), o Banco Mundial, e a

BIOFUND – Fundação para a Conservação da Biodiversidade, estando o primeiro presente em 4 projectos em curso e de acordos de financiamento assinados com período de términos previsto para 2019, e os outros com um único projecto cada, estendendo até 2019 (AFD e BM) ou 2020 (BIOFUND), (ANAC 2018).

### **3.3.2.2. Distribuição da População**

No entanto o território então proclamado como PNL vinha sendo ocupado por mais de 30,000 pessoas. Destas, cerca de 25,000 pessoas (perto de 3,500 famílias) viviam na então Zona de Apoio e cerca de 10,000 pessoas (1,800 famílias) ao longo do Vale do Shingwedzi e distribuídos por aglomerados populacionais, antes do território ser proclamado como Parque. De referir que este numero variou muito historicamente, devido á guerra e depois com os acordos de Paz. A grande maioria desta população vive em condições de extrema pobreza sem acesso a condições básicas de saúde e educação, praticando atividades de subsistência e outras que não são compatíveis com um Parque Nacional. Em 2003, estudos e trabalhos foram feitos para melhor reassentar estas aldeias para locais mais apropriados onde se podia fazer desenvolvimento socio-economico e fora das áreas de grande valor ecológico do PNL. Segundo informação do PNL, 485 Famílias já foram reassentadas até hoje, planeando dentro de 4 anos reassentar ainda 130 famílias do Macandazulo A, 255 famílias da comunidade de Chimangue e Machamba, 700 famílias da comunidade de Mavodze e 175 famílias da comunidade de bingo totalizando 1260 famílias (Spenceley, 2006; Milgroom & Spierenburg, 2008)

## **3.4. Matérias e Métodos**

### **3.4.1. Matérias**

Para a realização deste estudo foi utilizado seguintes matérias:

#### **3.4.1.1.1. Quantum GIS 2.8.2**

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

#### **3.4.1.1.2. Envi 5.3**

- Processamento de imagens;
- Classificação e Validação.

#### **3.4.1.1.3. GPS Map 64s**

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

#### 3.4.1.1.4. Google Earth pro

- Auxiliou na classificação e validação dos dados no campo

#### **3.4.1.1.5. Máquina fotográfica**

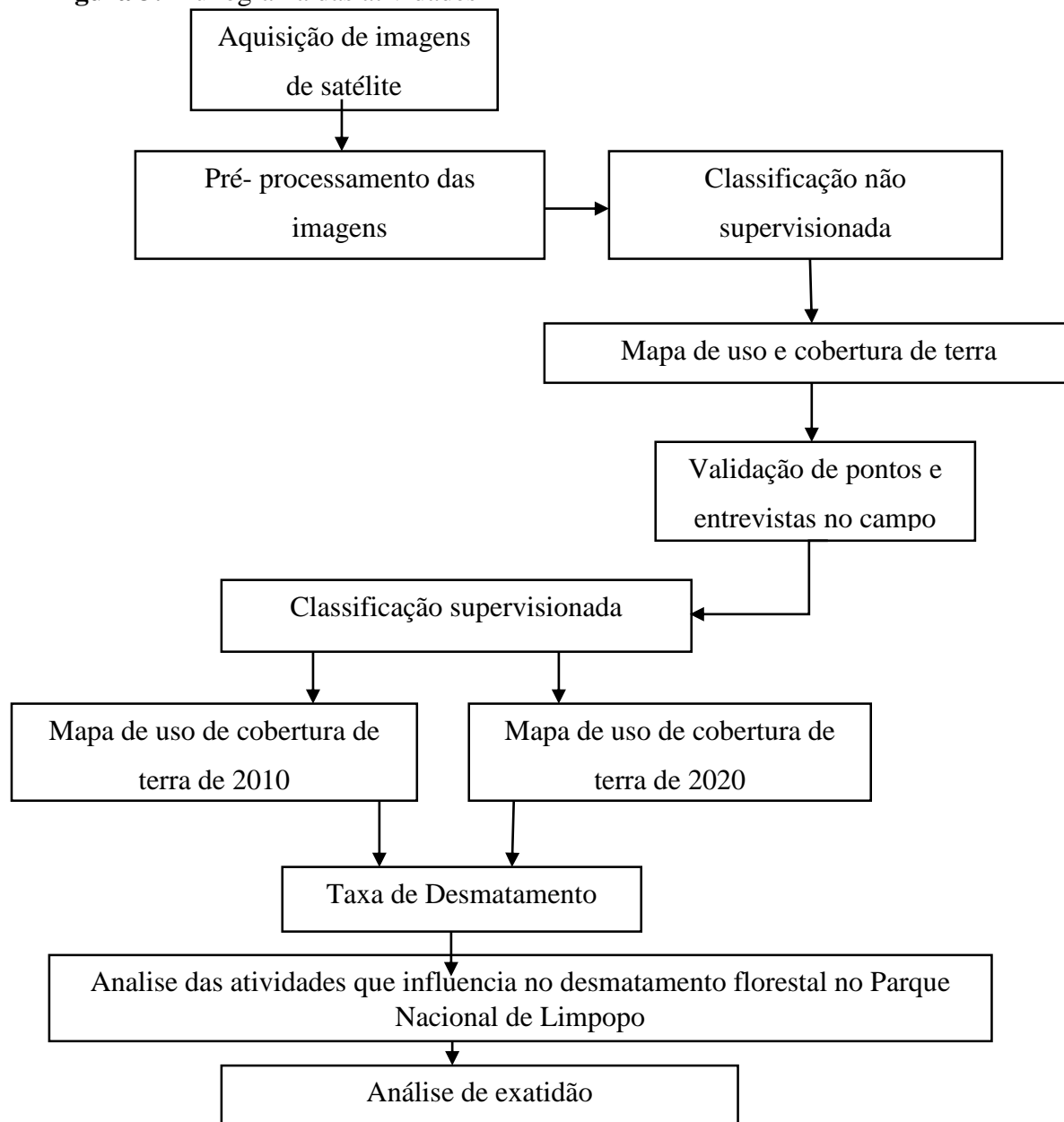
- Captação de imagens dos diferentes tipos de cobertura florestal, uso de terra e vestígios de atividades que influencia no desmatamento florestal.

### **3.5. Métodos**

Abaixo estão patente as etapas metodológicas no fluxograma resumo referentes as atividades realizadas para o alcance de objetivos deste estudo, desde aquisição e até a produção de mapas de desmatamento florestal.



**Figura 3:** Fluxograma das atividades



### 3.5.1.1. Aquisição de dados

Para a realização deste estudo obtiveram-se duas imagens de satélite Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI para os anos 2010-2020, referentes ao uso e cobertura de terra que foram selecionadas e descarregadas gratuitamente a partir do Website USGS (Global *Visualization Viewer*), <http://glovis.usgs.gov/>, as características das imagens encontram-se na tabela 2 abaixo.

**Tabela 2:** Características das imagens satélites adquiridas

Sensor	Órbita/linha	Data de aquisição	Formato	Resolução espacial
7 ETM+	168-76	22-10-2010	GEOTIF	30 Metros
8 OLI	168-76	29-10-2020	GEOTIF	30 Metros

As imagens foram selecionadas obedecendo os seguintes critérios:

- **Período das imagens:** foram selecionadas imagens da mesma época do ano ou datas próximas para minimizar influências do clima;
- **Estação do ano:** foram selecionadas imagens de época seca que permitiram melhor distinção dos diferentes tipos de vegetação;
- **Imagens livres de cobertura de nuvens:** as nuvens e as respectivas sombras projetadas obstruem a resposta espectral dos alvos na superfície.

### 3.6. Pré-processamento

Esta fase consistiu em processamento inicial de dados brutos ou imagens de satélite que antecedem as etapas de classificação propriamente dita, fez-se correção de distorções geométricas, para melhorar a qualidade das imagens e permitindo uma melhor discriminação dos alvos nas imagens, e posteriormente fez-se a delimitação da área de interesse.

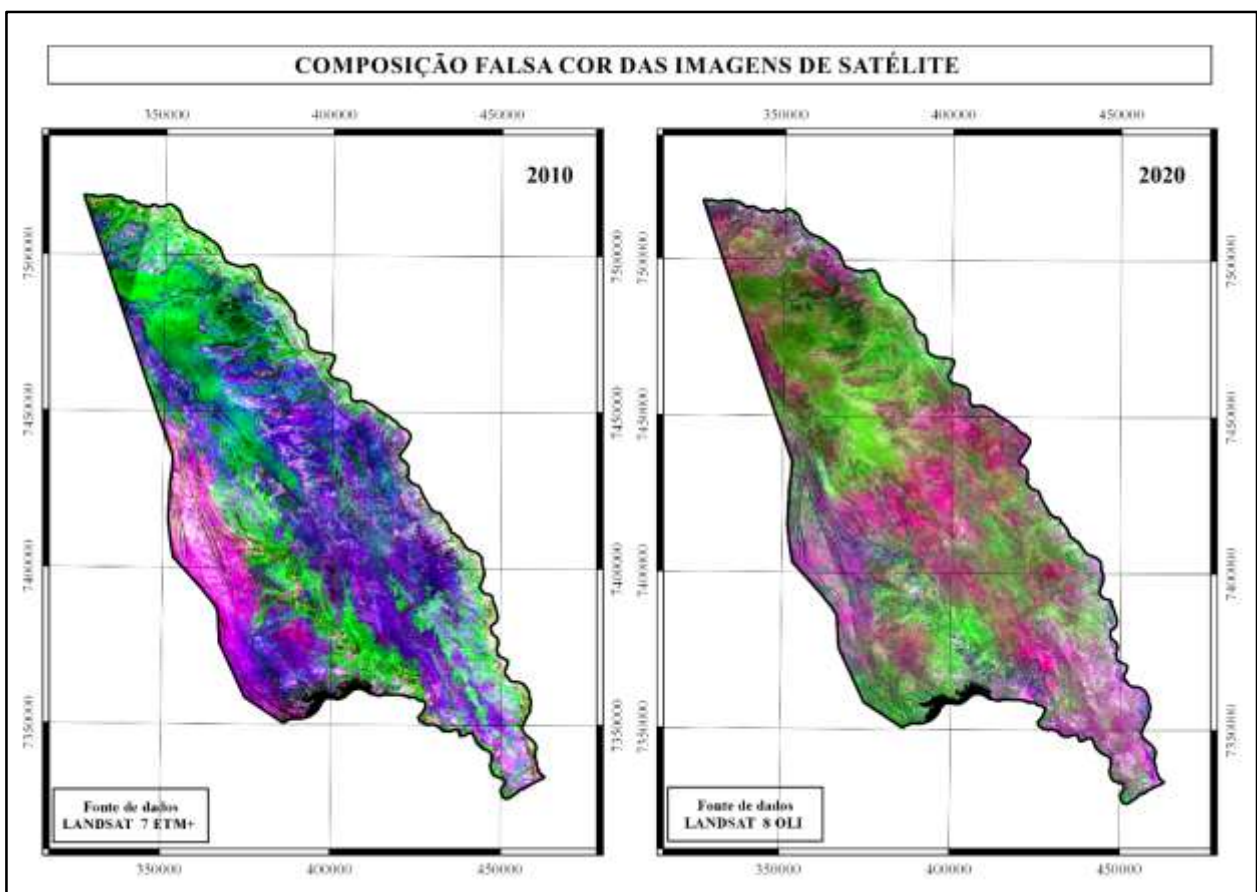
#### 3.6.1. Projeção geométrica

As imagens de Landsat 8 OLI foram adquiridas em formato *Geotif* e georreferenciadas em Universal Transversal Mercator (UTM) para a zona 36 Norte. Por tanto, houve necessidades de georreferenciar as imagens para a zona de Moçambique, Universal Transversal Mercator (UTM) 36 Sul no QGIS.

### 3.6.1.1. Delimitação da região de interesse e combinação de bandas

Esta etapa consistiu na delimitação da área de interesse, uma vez que as imagens obtidas cobriam mais do que as áreas necessárias. Primeiramente fez-se o empilhamento de bandas a partir de algoritmo *layer stacking*. De seguida, com o recurso a QGIS fez-se a sobreposição do *shapefile* (SHP) correspondente ao Parque Nacional de Limpopo e com o recurso a ferramenta *clipper* fez-se o recorte da área de interesse.

Quanto a combinação de bandas, para uma boa discriminação dos alvos, utilizou-se uma composição colorida falsa cor de 6-5-4 para o RGB (Vermelho, Verde e Azul), para as imagens dos dois anos (2010 e 2020), podendo ser ilustrado na figura 4 abaixo.

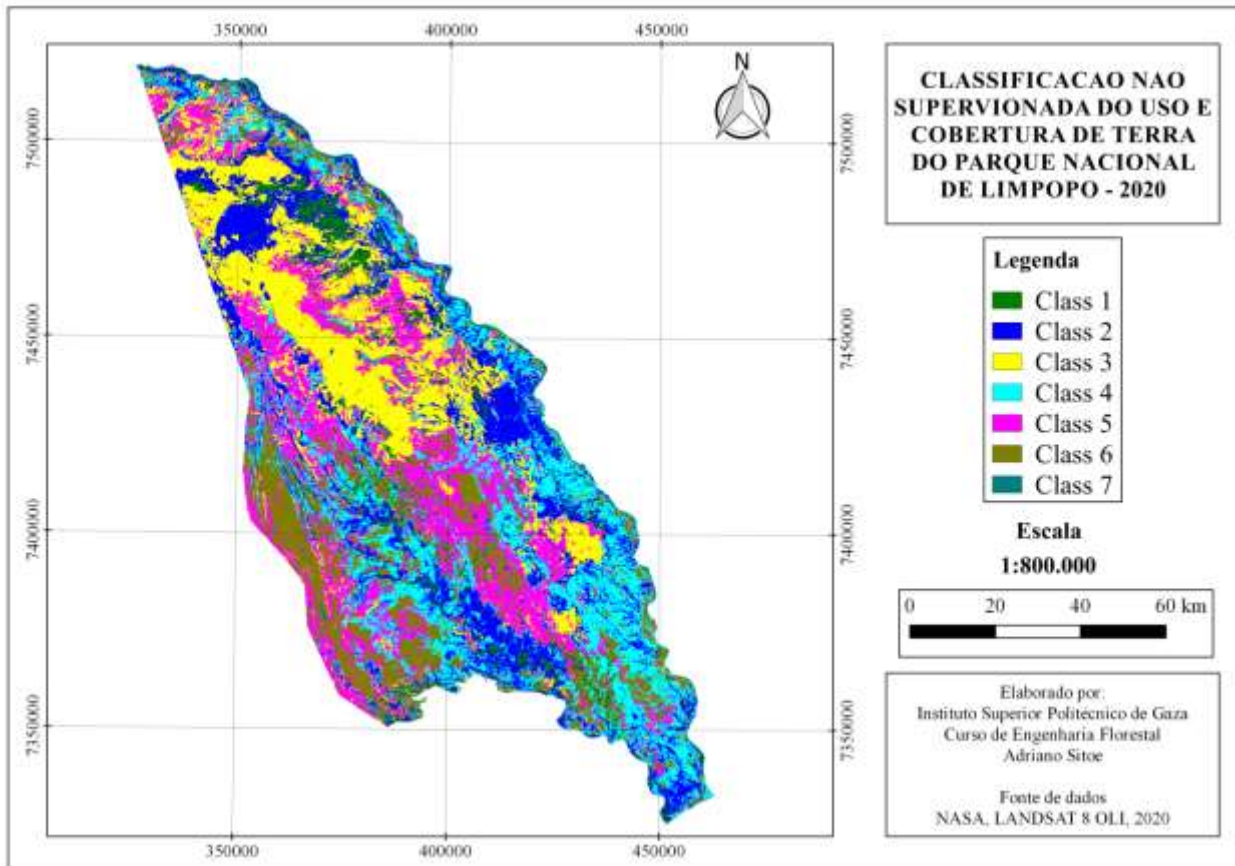


**Figura 4:** Composição falsa cor das imagens de satélite do PNL.

### 3.7. Classificação das imagens

#### 3.7.1. Classificação não-supervisionada

A classificação não supervisionada fez-se através do *Software ENVI 5.3*, usando o algoritmo Isodata, que permite examinar os *pixels* desconhecidos de uma imagem e os agregam em um certo número de classes baseado nos agrupamentos naturais (clusters) presentes nos valores da imagem. Definiu-se um intervalo de 7 classes de uso e cobertura de terra, como pode observar-se na figura 5 abaixo.



**Figura 5:** Classificação não supervisionada do uso e cobertura de terra no Parque Nacional de Limpopo.

#### 3.8. Pontos da amostra de validação

As amostras de pontos de validação foram determinadas pela fórmula de Rosenfield *et al*, (1982), citado por (Fidalgo,1995), segundo mostra a equação 2 abaixo:

$$n_o = \frac{z^2 * P * (1 - P)}{E^2} \quad \text{Equação [2]}$$

**Onde:**

- **no:** 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%.

**3.9. Número de pontos de amostra por cada classe**

Após a determinação de número total de pontos de amostra para toda área de estudo, determinou-se o número de pontos de amostra por cada classe com base na proporção das classes, de acordo com a equação 3 abaixo indicada:

$$NAE = NTA \frac{AE}{ATA} \quad \text{Equação [3]}$$

**Onde:**

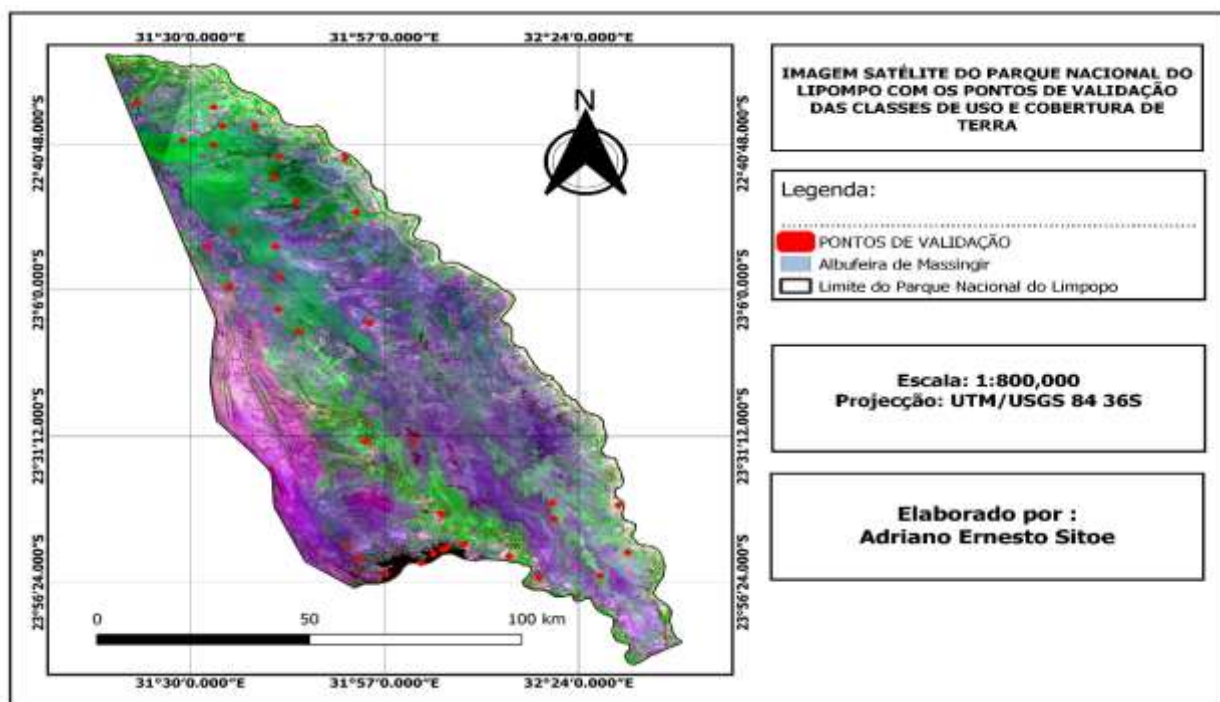
- **NAE:** número de pontos de amostra por estrato;
- **NTA:** numero total de pontos da amostra;
- **AE:** Área de estrato em hectares;
- **ATA:** Área total amostrada;

Através das formas da determinação de número de pontos obteve-se 57 pontos de validação para área em estudo. A tabela 3 abaixo ilustra os números de pontos de validação para cada classe.

**Tabela 3:** Amostras de validação de classificação.

Classe	Área (há)	%	Pontos de amostra	Pontos de validação	Designação Correspondente
1	42968,48	3,93%	3	12	Agricultura/Habitação/Solo Exposto
2	220189,56	20,12%	9	5	Floresta Fechada
3	230265,68	21,05%	10	9	Matagal
4	222818,4	20,37%	8	10	Floresta Aberta
5	158694,76	14,50%	5	11	Pradaria
6	11203,72	1,02%	7	10	Água
<b>Total</b>	<b>1104911.57</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>57</b>	-----

Fonte: Autor



**Figura 6:** Pontos de Validação

**Fonte:** Autor

### **3.10. Classificação supervisionada: Fase II**

#### **3.10.1. Validação de dados no campo**

A primeira fase da classificação supervisionada foi o trabalho de campo. Após a determinação de números de pontos de validação seguiu-se o processo de confirmação ou validação das classes encontradas pela classificação não supervisionada e a obtenção de informação sobre o uso de terra por parte das comunidades. Onde foram inseridos aleatoriamente no GPS (*Global positioning system*) com a orientação UTM (*Universal Transversal Mercator*), os pontos amostrais obtidos durante a classificação não supervisionada e no campo localizou-se os pontos para aceitação ou rejeição da informação referente as classes encontradas na classificação não supervisionada. De forma a saber sobre os fatores que influenciam para o desmatamento florestal, também foram coletadas por meio de entrevista informações referentes as atividades praticadas nas locais georreferenciadas que podem constituir causas de mudanças de uso de terra. E em caso de áreas de queimadas procurou se saber da possível causa da queimada e do período. Nesse processo, com auxílio de uma máquina fotográfica, fez-se capturas de fotografias das diferentes características que as áreas apresentavam.

#### **3.11. Descrição das classes de uso e cobertura da terra**

Para a definição de classes de uso e cobertura de terra, foi adaptado o esquema de classificação do Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção (CENACARTA) e as características do local, onde definiu-se as classes de uso e cobertura de terra (UCT): em Agricultura, Habitação, Solo Exposto, Água, Pradaria, Matagal, Floresta Aberta e Floresta fechada. Para melhor discriminar as classes e devido a dificuldade de diferenciar na imagem as classes de agricultura e solo exposto e habitação (devido as características do local, pois praticam agricultura nas zonas onde habitam), uniu-se em uma única classe e foram agrupadas em seis classes de uso e cobertura de terra.

Após a confirmação das classes de uso e cobertura de terra fez-se a classificação supervisionada através do *software ENVI 5.3*, utilizando o algoritmo máxima *verossimilhança* (Max ver). Segundo Jensen (2007), um pixel é atribuído a classe de maior probabilidade de cada classe. No entanto, a partir das amostras de treinamento é possível estimar a distribuição de probabilidade de cada classe.

#### **3.12. Análise do fluxo das mudanças de uso e cobertura de terra**

Para a detenção do fluxo das mudanças das áreas das classes de uso e cobertura de terra foi feita a estimativa das áreas das classes que foram obtidas para cada um dos mapa (2010-2020), a partir de

módulo *Class statistics* do Software ENVI 5.3, multiplicando o número de pixels que cobre cada classe de cobertura pela resolução espacial do sensor. De seguida com auxílio da ferramenta Microsoft Excel foi gerado a tabela 4 e figura 8 que demonstra o fluxo.

### 3.13. Taxa de Desmatamento

A taxa de desmatamento foi feita com base na equação proposto por Puyravaund (2003) para calcular a taxa percentual de ganho de cobertura florestal e perda de cobertura florestal, conforme mostra a equação 4 abaixo:

$$R = \frac{1}{t_1 - t_2} \times \ln \frac{A_2}{A_1} \quad \text{Equação [4]}$$

**Onde:**

- **R:** taxa de desmatamento;
- **ln:** logaritmo natural;
- **A2:** área da cobertura de terra no final do período em análise (t2);
- **A1:** área da cobertura de terra no início do período em análise (t1);

De seguida, no programa ENVI 5.3, a qual permite-se determinar a quantidade e a localização de pixels convertidos de floresta para não floresta e vice-versa, tendo como base a área florestal do início do período de referência, foi gerado o mapa de desmatamento florestal do Parque.

### 3.14. Atividade que influenciam no Desmatamento dentro do Parque

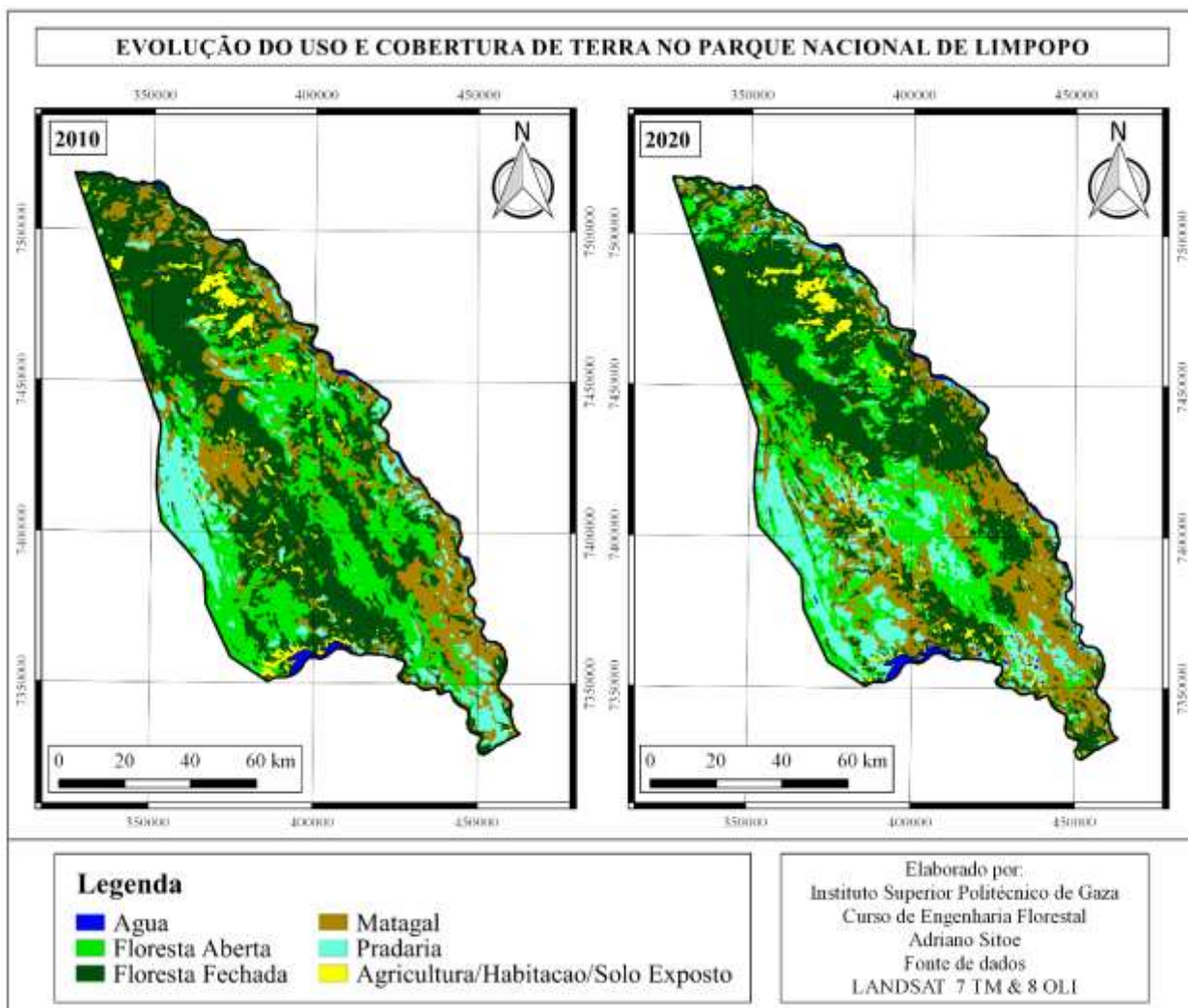
Para obtenção das informações referentes aos fatores que influenciam no desmatamento florestal dentro do Parque foram coletadas por meio de entrevista (Anexo 2), a um número de 54 chefes de família nas comunidades de, (Bingo, Mavodze e na zona tampão). A entrevista não obedeceu nenhum critério de seleção de grupo alvo sendo que qualquer chefe de família que estivesse disponível era entrevistado. Buscou-se levantar informações sobre: Tipo de uso e aproveitamento de terra pelas comunidades locais que estão inseridas dentro e na zona tampão do PNL, causas de desmatamento, presença ou de desmatamento, que tipo de cobertura havia quando ocupou a área



## 4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

### 4.1. Uso e Cobertura de Terra no Parque Nacional do Limpopo

Com base na classificação digital das imagens de satélite de 2010 e 2020, foram definidas 6 (seis) classes de Uso e Cobertura de Terra no Parque Nacional de Limpopo, nomeadamente: Floresta Fechada, Floresta Aberta, Matagal, Pradaria, Agricultura/Habitação/Solos Expostos e Corpos de Água. A figura 7 abaixo ilustra os mapas de uso e cobertura de terra no parque nacional de Limpopo no período em análise (2010 e 2020).



**Figura 7:** Evolução do UCT no Parque Nacional de Limpopo de 2010-2020.

No ano 2010 assim como 2020, a classe de Floresta Fechada é a classe com maior cobertura de terra cobrindo uma área de 457495.56 hectares (41.68%) e 425861.4 hectares (38.8%) respetivamente, e a classe de Floresta Aberta em 2010 com cerca de 264114.45 hectares (24.06%) e em 2020, e a classe de matagal com cerca de 231565,56 hectares (21.1%). A classe de Água apresenta-se a classe com a menor área em ambos anos com cerca de 6334,74 hectares (0.58%) em 2010 e com cerca de 9779 hectares (0.9%) em 2020, seguida pela classe de Agricultura/Habitação/Solo exposto com cerca de 43493,67 hectares (3,96%) em 2010 e em 2020 com cerca 45138.02 hectares (4.1%), seguida pela classe de Pradaria (119952,45 hectares (10,93%) e 160862,96 (14,7%) respetivamente. Conforme ilustra a tabela 4 abaxo.

**Tabela 4:** Evolução do uso e cobertura de terra no Parque Nacional do Limpopo entre os anos de 2010 e 2020.

Classe/Ano	2010		2020		Variação	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Agricultura/Habitação/Solo Exposto	43493,67	3,96%	45138,02	4,1%	1644,35	3,78%
Floresta Fechada	457495,56	41,68%	425861,4	38,8%	-31634,16	-6,91%
Matagal	206306,19	18,79%	231565,56	21,1%	25259,37	12,24%
Floresta Aberta	264114,45	24,06%	224490,12	20,5%	-39624,33	-15,00%
Pradaria	119952,45	10,93%	160862,96	14,7%	40910,51	34,11%
Água	6334,74	0,58%	9779	0,9%	3444,26	54,37%
<b>Total</b>	<b>1097697,06</b>	<b>100%</b>	<b>1097697,06</b>	<b>100%</b>	-----	-----

Com base nos resultados obtidos neste estudo foi possível quantificar a evolução de uso e cobertura de terra no parque nacional de Limpopo entre os anos 2010-2020, onde verificou-se que as áreas de classes de Floresta Fechada e Floresta Aberta sofreram grande conversão para classes de pradaria, matagal, Agricultura/ Habitação/ Solo Exposto, essa conversão é causada pela exploração de recursos naturais e a conversão para corpos de águas deve-se pelos desastres naturais.

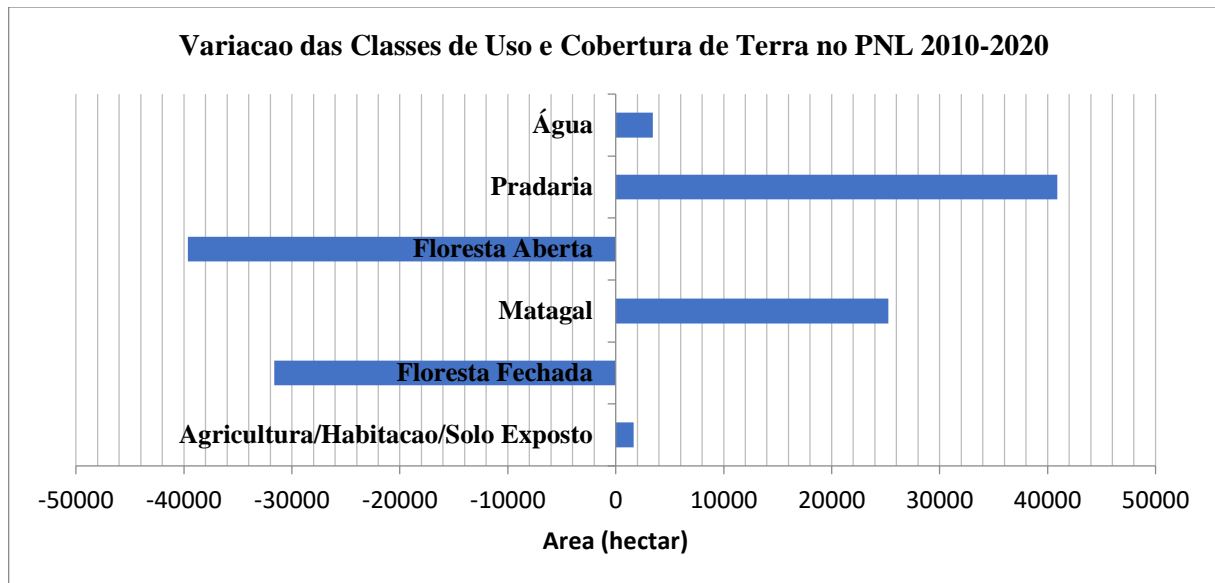
Resultados similares foram obtidos por Soares (2017) ao analisar a relação entre as mudanças de uso e cobertura de terra e as queimadas em florestas de Miombo, onde obteve algumas variações dos valores de NDVI, estas perdas implica uma redução na cobertura florestal, ou a conversão de

florestas para zonas agrícolas e outras classes. E Alfredo (2015), ao analisar a dinâmica da evolução da cobertura vegetal da cidade de Maputo, verificou um aumento crescente de áreas sem vegetação.

#### 4.2. Fluxos de mudanças de cobertura de terra no PNL entre os anos 2010-2020

Quanto ao fluxo das mudanças das classes de uso e cobertura de terra no período em análise foi possível verificar que a classe de Floresta Aberta foi a classe que mais houve perda, cerca de 39624.33ha equivalente a 15,00% da sua área em 2010, seguida da classe de Floresta Fechada com uma perda de 31634.16ha (6,91%). Consequentemente houve um aumento significativo da Classe de Pradaria em cerca de 40910.51ha (34,11%) seguida da classe de Matagal em 25259.37ha (12,24%), Água em 3444.26ha (54,37%) e Agricultura/Habituação/Solo Exposto 1644.35ha (3,78%).

Foram registadas alterações negativas para as classes de Floresta Aberta, Floresta Fechada, e houve alterações positivas para as classes de Corpos de Agua, Pradaria, Matagal e Agricultura/ Habituação/ Solo Exposto, como ilustra a figura 7 de fluxo abaixo o histórico de mudanças das classes de uso e cobertura de terra do Parque Nacional de Limpopo no período de (2010-2020).



**Figura 8:** Fluxo das Classes de Uso e Cobertura de Terra no PNL 2010-2020.

Ao analisar a tendência da perda de área florestal verificou-se mudança de uso de terra das classes (Floresta Fechada e Floresta Aberta), para as classes (matagal, pradaria e solos

expostos/habitações/agricultura), essas mudanças devem-se pela combinação de vários factores antrópicos tais como: habitação, exploração das árvores para servir de material de construção, biomassa, prática de agricultura e queimadas descontroladas.

A área florestal transforma-se em classes de solos Expostos/Habitações/Agricultura, matagal e pradarias, por causa da remoção da vegetação para a exploração dos recursos naturais, ocupação do solo e também deve-se pelo facto de alguns projectos de reassentamento e conflitos de homem, fauna bravia que leva a população local abandonar muitos campos agrícolas, fazendo com que a classe de pradaria aumenta de uma forma significativa. Por outro lado o aumento de classe de corpos de água tenha sido influenciado pelas inundações cíclicas na época chuvosa que se verificou nos últimos anos.

Resultados similares foram obtidos por Mavie, (2012) analisando as mudanças de cobertura vegetal do distrito de Gondola, e Mazalo (2018) estudando a ocupação da terra com imagens LANDSAT para o distrito de Marracuene, onde constataram a acréscimo ou ganho das áreas agrícolas, Solo exposto e habitações, verificando uma perda significativa da parte florestal. Justificando-se pelo elevado crescimento da população humana relacionada a necessidade de área habitacional, material de construção, combustível lenhoso e outros factores.

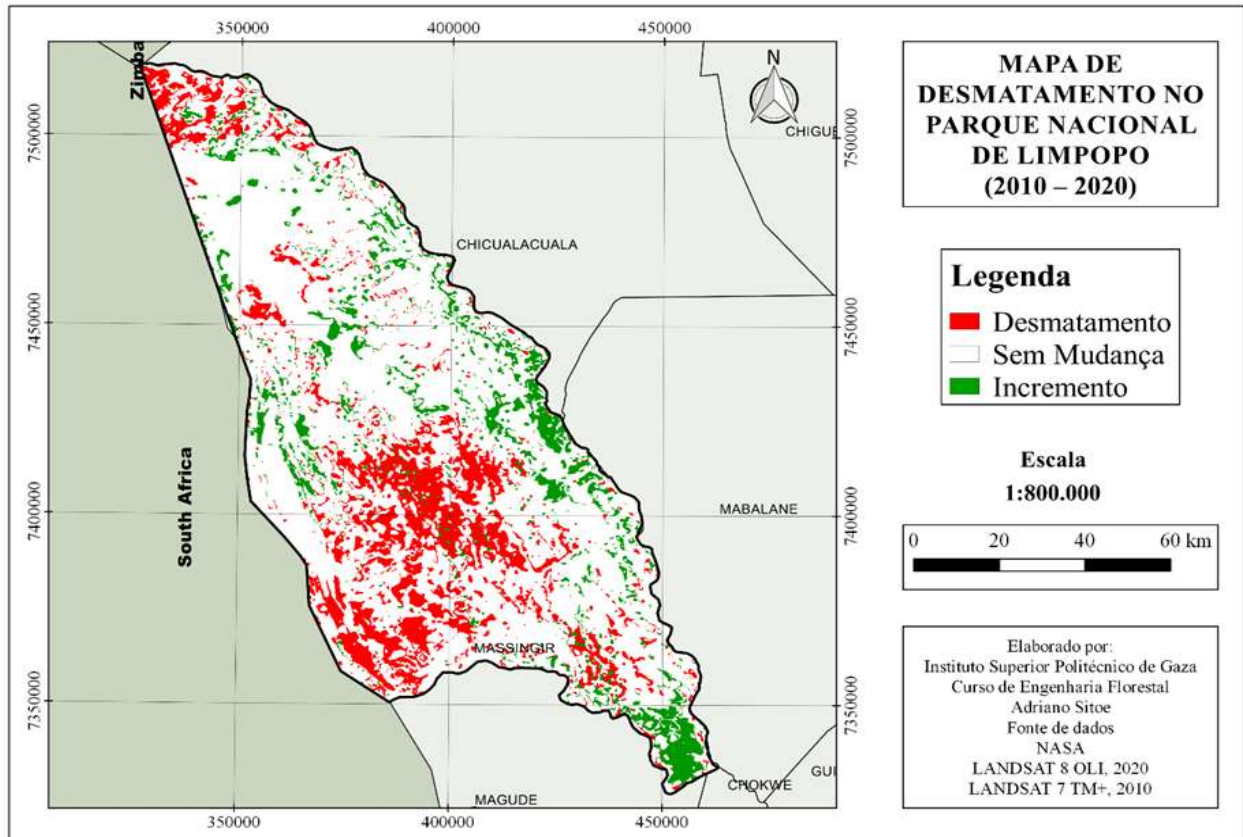
### 4.3. Taxa de Desmatamento do PNL

**Tabela 5:** Área e desmatamento florestal do PNL de 2010-2020.

<b>Desmatamento Florestal do PNL</b>		
Área Florestal – 2010	721610,01	Hetares
Área Florestal – 2020	650351,52	Hetares
Desmatamento Bruto	71258,49	Hetares
Desmatamento líquido	7125,85	Hetares/ano
Taxa de Desmatamento	1,04 %	%/Ano

Em termos de área florestal foi possível notar que no ano 2010 a área florestal ocupava cerca de 721610.01hectares, corresponde a cerca de 65.74% da área do Parque, no entanto no ano de 2020 verificou-se um decréscimo para cerca de 650351.52hectares correspondente a 59.25%. Verificou-se uma área desmatada líquido total de 7125.85 hectares, correspondente a uma taxa de

desmatamento anual de 1.04 %, ou seja, cerca de 7125.85 hectares de floresta são desmatados anualmente. Como pode observar na tabela (Tabela 5) e Figura abaixo (figura 7).



**Figura 9:** Desmatamento florestal do PNL de 2010-2020.

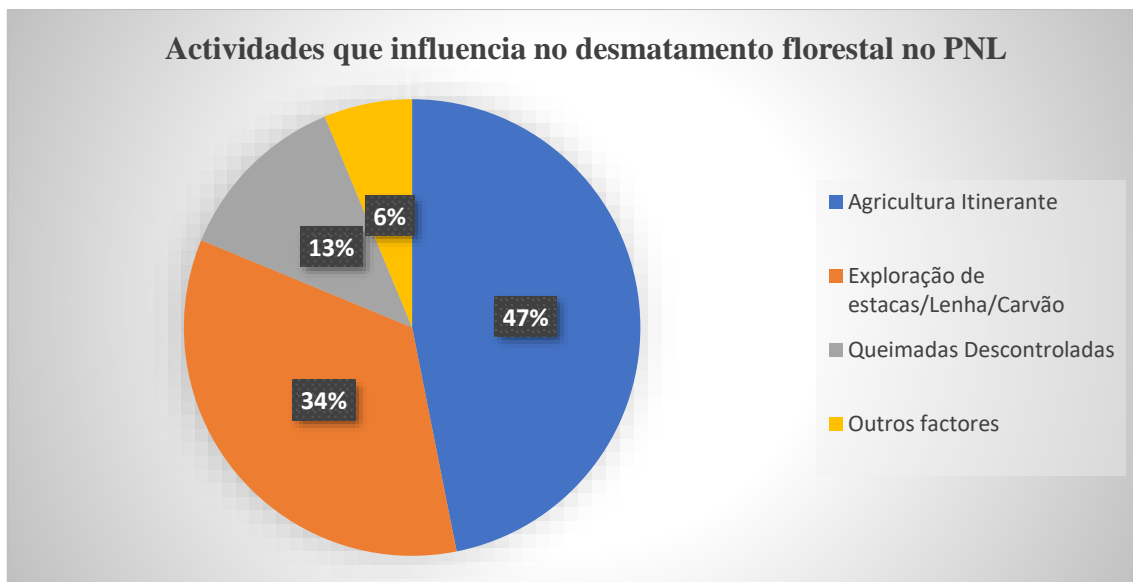
A taxa de desmatamento anual obtido no estudo foi de (1.04%), situa-se acima daquilo que é a taxa anual da Província de Gaza (0,22%), e diferente da taxa de desmatamento anual do país (0.79%), encontrado por Nhanengue *et al.*, (2016). A província de Gaza é a província com menor taxa de desmatamento no país, entretanto, isto deve-se a razão de Gaza possuir menor área de floresta quando comparada as outras zonas a norte do país. As áreas com cobertura florestal nesta província são na sua maioria de solos pobres e impróprios para a prática da agricultura. Para além disso, os níveis de precipitação são baixos. (Chandamela, 2020).

Com base no estudo feito por Oreste & Cuambe (2007), avançam causas de mudanças de cobertura florestal como a pressão humana através de extensão de áreas agrícolas, queimadas descontroladas, produção de carvão e recolha de lenha. MITADER (2018), ao analisar desflorestamento em Moçambique (2003-2013), verificou que os campos agrícolas são responsável pela conversão da

área florestal perdida neste mesmo período por outro lado o desflorestamento foi causado pela conversão em pradarias e matagal.

#### 4.4. Atividades que influenciam no desmatamento florestal no PNL

Com base nas entrevistas e observações directas feitas no campo, realizadas nas comunidades que vivem dentro do Parque Nacional de Limpopo foi possível identificar as atividades que influenciam no desmatamento florestal, das quais a exploração de estacas, lenha, carvão, queimadas descontroladas e a agricultura itinerante sendo as que mais contribuem na destruição das florestas. A figura 8 a baixo mostra as atividades que podem influenciar na mudança de uso de cobertura de terra no PNL.



**Figura 10:** Atividades praticadas pelas comunidades no PNL.

De acordo com a figura 10 acima verifica-se que a prática de agricultura itinerante é tida como o maior factor que contribuem para o desmatamento dentro do Parque, com cerca de 47% de contributo, a exploração de estacas, lenha, produção de carvão na zona tampão foi tida como o segundo factor com cerca de 37%, seguida das queimadas descontroladas 13% e outros factores tais como antrópicos (crescimento demográfico e área habitacional,) e naturais (mudanças climáticas), com 6% respetivamente.

Segundo Siteo *et al.*, (2012), a agricultura de subsistência é a maior causa do desmatamento, devido à necessidade constante de abertura de novos campos agrícolas, motivada pelo baixo rendimento das explorações agrícolas e pelo crescimento populacional, devido agricultura os troncos obtidos

do corte das árvores são utilizados para lenha, na construção (casas, cercados, etc.) ou na produção de carvão, As queimadas conduzem a conversão de habitantes de vegetação graminal com poucas árvores e dispersas.

Com base nas entrevistas realizadas no PNL, verificou-se que a demanda pelo uso de terra através da prática de agricultura é maior, motivada pela baixa produção da terras locais, o que contribui para abertura constante de novos campos agrícolas, e devido ao alto índice de pobreza as comunidades locais recorrem a exploração de estacas para construção e a forte dependência da biomassa lenhosa e produção de carvão vegetal como fonte de energia na zona tampão para fins comerciais. Sendo que actualmente, na província de Gaza, regista-se uma grande pressão sobre os recursos florestais, devido à procura crescente de carvão vegetal nas cidades de Maputo e Matola, o que coloca grandes desafios às autoridades do sector no que diz respeito à preservação da floresta (Chandamela, 2020).

#### 4.5. Avaliação da Classificação

De modo a verificar a precisão foi gerada uma matriz de confusão para a classificação do índice kappa (K). De acordo com o índice de exactidão global, a probabilidade de que as classes obtidas pela interpretação das imagens de satélite correspondam à verdade no campo é de 85.97% e a perfeição da classificação, medida pelo índice kappa (K), é de 82,78% mostrando que a classificação foi excelente com forme a tabela abaixo (tabela 6).

Classe	<b>FF</b>	<b>PRA</b>	<b>A/H/SE</b>	<b>Agua</b>	<b>MT</b>	<b>FA</b>	<b>Total</b>
FF	6	0	0	0	0	0	<b>6</b>
PRA	0	10	1	0	1	0	<b>12</b>
A/H/SE	0	0	13	0	0	0	<b>13</b>
Agua	0	0	0	4	0	0	<b>4</b>
MT	1	0	1	0	7	1	<b>10</b>
FA	1	1	0	0	1	9	<b>12</b>
Total	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>57</b>
<b>Exatidão Global: 85.97%</b>							
<b>Índice Kappa: 82,78%</b>							

**Tabela 6:** Matriz de confusão para a classificação de 2020

Os valores do índice de Kapp e a exactidão global do presente estudo, são considerados baixos comparando com os valores encontrados por Alfredo (2015) estudando a variação da vegetação da cidade de Maputo entre os anos de 1989, 1999 e 2009 com o uso de imagens satélites do LANDSAT 5 TM, obtendo os valores de índice acurácia global igual 99,8512%; 98,6449% e 97,7935% respectivamente. E acima comparado pelos resultados obtidos por Soares (2017) avaliando o efeito das queimadas nas mudanças de vegetação do distrito de Gurué, Província da Zambézia, entre 2000 e 2015 com o uso de imagens satélites de LANDSAT 7 ETM+, LANDSAT 5 e LANDSAT 8 OLI para mapas de UCT e sensor MODIS para mapa de queimadas, obtendo os valores de exactidão geral dos mapas de 80,3%, 79% e 77,6%, para 2000, 2005 e 2015, respectivamente e uma exactidão geral de 98,9% para o mapa de área queimada.



## 5. CONCLUSÃO

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

- A existência de 6 classes (agricultura/habitação/solo exposto, corpos de água, floresta aberta, floresta fechada, matagal e pradaria) de Uso de Cobertura de Parque Nacional Limpopo.
- O fluxo de mudanças de Uso de Cobertura de Terra indica um fluxo negativo ou perda das classes de Floresta Aberta, Floresta Fechada, e houve alterações positivas para as classes de Corpos de Água, Pradaria, Matagal, Agricultura/pastagem, Habitação e Solo Exposto/rocha.
- Encontrando-se uma taxa de desmatamento líquido anual de 1.04%.
- O desmatamento florestal no Parque Nacional de Limpopo é causado pelas atividades tais como; agricultura itinerante motivada pela baixa produção, extração de lenha, exploração de estacas para construção, produção de carvão, queimadas descontroladas e outros fatores.

## **6. RECOMENDAÇÕES**

### **Às entidades governamentais**

Recomenda-se aos Órgãos Administrativos locais:

- Que se façam mais estudos sobre mudanças de cobertura florestal no Parque Nacional de Limpopo, usando imagens de satélites de alta resolução espacial, como IKONOS e QUICKBIRD, empregando classificador orientado a objeto, com vista a fornecer uma informação mais detalhada:
- Recomenda-se que a partir deste estudo se façam um estudo de estimativa de biomassa e carbono nas classes de florestas do PNL, de modo a relacionar as áreas de mudanças com a quantidade de carbono perdido para a atmosfera.
- Recomenda-se, a realização dos programas de reflorestamento nas zonas sujeitas a degradação e desmatamento florestal.

### **Aos investigadores**

Recomenda-se aos investigadores:

- O uso comparativo de diferentes sensores na monitoria do uso de terra do PNL;
- Associar outros factores que podem influenciar na variação da ocupação da terra como: presença da população, fauna, estradas e outros factores não mencionados no estudo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFREDO, I.J, (2015). *Detenção remota e sistema de informação geográfica aplicados na análise multi-temporal da cobertura da cidade de Maputo*. UEM. Maputo.
- ARAÚJO, (2007). *Gestão Ambiental de Áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil,320p.
- ANAC, (2018). *Plano de Maneio de Parque Nacional de Limpopo 2018-2027*, Edição: Dezembro 2017.
- BAZIN, F & QUESNE, G. (2016). *Avaliação Ex Post escrita e filmada do Projeto de Desenvolvimento do Parque Nacional do Limpopo (nº 61)* Direção de estudos, pesquisas e conhecimentos.
- CHANDAMELA, (2020). *Cobertura florestal na província de Gaza, Destaque rural N88*
- CHIDUMAYO,E, GAMBIZA, J. & GRUNDY, I. (1996). *Managing miombo woodlands In: The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa* (eds: Campbell, B.).
- CENACARTA, (1999). *Uso e Cobertura da Terra*. Disponível em: <http://www.cenacarta.com>>
- DNTF. (2007). *Integrated Assessment of Mozambican Forests. National Forestry Inventory*. Maputo, Moçambique.
- ESCADA, M, I, S. *Padrões e Processos em Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra. Bases conceituais e teóricas*. Conceitos de Uso e Cobertura da Terra. CST-312.
- FAHRIG, L. (2003). *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 34: 487-515.
- FAO. (2010). *Global forest resources assessment 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 378 p.
- FILHO, (2005). *Apostila de sensriamento remoto*. universidade.Federal do Espirito santo. Espirito Santo , Brasil.
- FIGUEIREDO, D (2005). *Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto*. São Paulo.

FALCÃO, M, P & NOA, M (2016). “*definição de floresta, Desmatamento e Degradação florestal no Ambito do REDD.*” Maputo.

GEIST, H. J. & E. F. LAMBIN. (2002). *Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation*. Bioscience, 52 (2): 143-150.

GONZALEZ, R. C. WOODS, R. E. (2000), *Processamento de Imagens Digitais*. Trad. CESAR JUNIOR, R. M.; COSTA, L. F. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 509 p.

HOSONUMA, N., M. HEROLD, V. DE SY, R. S. DE FRIES, M. BROCKHAUS, L. VERCHOT, A. ANGELSEN e E. ROMIJN. (2012) < *An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries*. Environmental Research Letters, 7 (4): 044009.

HOUGHTON, R. A. (1994) *As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais*. In: Seminário “Emissão X Sequestro Deco2: uma nova oportunidade de negócios para o brasil”, Rio de Janeiro, 1994.

INPE, (2007). Instituto nacional de pesquisas espaciais. *Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING – Manual*.

IBGE. (2013). *Manual Técnico de Uso da Terra*. 3. Ed. Rio de Janeiro.

ORESTE & CUAMBE, (2007). *Forest data for Mozambique*. Ministry of Agriculture, Directorate of Forestry and wildlife, Maputo, Mozambique.

JENSEN, J R, (2009). *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução José Carlos Neves Epiphânio et. al. São José dos Campos, SP. Parêntese, 598p.

KIEL, R, (2008). *Detecção de mudanças no uso e cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio grande do sul, brasil*.

LEITE, E. F. ROSA, R. (2012) *Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins*. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez..

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. (2008) *remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley & Sons, 324p. Interpretation. 5. Ed. New York: John Wiley & Sons. 763 p.

- MANANZE, S.E; SILVA, J.N; VASCONSELOS, M.J.P. (2016). *Quantificação de Desmatamento na Reserva de Mecuburi*. Mocambique.
- MAIO, A. D, (2008). *Sensoriamento Remoto*. s.l.:s.n.
- MAE. (2012). *Perfil dos Distritos de Massingir, Mabalane e Chicualacuala*
- MAZALO, E. D. (2018). *Cartografia de ocupação da terra com imagens landsat para o distrito de marracene – Mocambique*. Dissertação de information management school.
- MATHER, PM (2009). *Computer processing of remotely sensed images*. 3a edicao, john wiley and sons.
- MARZOLI, A. (2007). *Inventário Florestal Nacional*. Ministério de Agricultura, Direcção Nacional
- MAGALHÃES TM (2017). *Carbon stocks in necromass and soil pools of a Mozambican tropical dry forest under different disturbance regimes*. The Limpopo National Park, Mozambique, Journal of Contemporary African Studies.
- MÁXIMO & FERNANDES, (2005). *Classificação supervisionada de imagens SAR do SIVAM pré-filtradas*. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Anais, p. 41 Mather, P. M. Computer processing of remotely – sensed images: an introduction.
- MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. (2001). *Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais*. Brasilia: UNB.
- MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being*. Washington, DC: Island Press 64 p.
- MITUR, (2003). *Plano de Maneio e Desenvolvimento*. Maputo.
- MITADER. (2018). *Desflorestamento em Mocambique (2003-2016)*. MITADER. Maputo.42p.
- MITADER. (2018). *Mozambique's Forest Reference Emission Level for Reducing Emissions from Deforestation in Natural Forests*, Maputo.
- MILGROOM, JESSICA & SPIERENBURG, MARIA (2008). *Induced volition: Resettlement from*.

- MITADER. (2015). *Estratégia Nacional para a Redução de Emissões de Desmatamento e Degradação Florestal, Conservação de Florestas e Aumento de Reservas de Carbono Através de Florestas (REDD+) 2016-2030*, Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural, Maputo.
- MOREIRA, MA (2001). *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*, São José dos Campos: INPE.
- MOREIRA, M. A, (2005) . *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV.
- MONTEBELO, L. A; ; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; CUTOLO, A. P. A.( 2005) *Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins*, Piracicaba-SP. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, de Terras e Florestas. Moçambique, Maputo. 98p.
- NASA, (2000). *Landsat 7 science data users handbook*. 186 p.
- NASA. 2015. *Landsat 8 (L8) data data users handbook*. 106 p.
- NHANENGUE, A. C. & GONZALO. J, (2017). *Desmatamento em Mocambique ( 2003-2016)*. Direcção nacional de florestas ed, Maputo.
- NHANENGUE, (2016). *Desmatamento em Mocambique (2003-2016)*. Maputo: FNDS, ICUN,WWF. (n.d.).
- NOVO, E. M. (2008). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. . (3, Ed.) São Paulo: Ed.
- NOVO. E. M. L. M, (2010) *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo: Editora Blacher, 363 p.
- RICHARDS, J. A. (2006). *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. Berlin H
- RIPLEY, B. D. *Pattern recognition a neural networks 4 Ed*. Cambridge: University Press. 2000. p.287- 322.eidelberg: Springer-Verlag, 439p.
- ROSA, R (2007). *Introdução ao Sensoriamento Remoto*, 6 ed. Uberlandia: EDUFU.

SACUR, F.F. (2018). *Prevenção integrada de incêndios florestais na reserva nacional de chimanimani, sussundenga, provincia de Manica* (instituto Superior politécnico de Manica ed.) matsinho.

SITOE, A., I. REMANE, N. RIBEIRO, M. P. FALCÃO, R. MATE, J. NHAMIRRE, S. WALKER, L. MURRAY e J. MELO (2016). *Estudo sobre causas diretas e indiretas do desmatamento e degradação florestal em Moçambique - Relatório final*. C. WINROCK. Maputo. 36 p.

SITOE, A, A, Salamao, e S Wertz-kanoumikoff (2012). *O contexto de REDD em Mocambique: causas, A e instituicoes*. Maputo: CIFOR,.

SITOE, A., GUEDES, B.S. & NHAMTUMBO, I. (2013). *Linha de referencia, monitoria, relatorio e verificacao para o REDD+ em Mocambique*. IIED.

SOARES, M. G, (2017). *Relação entre as mudancas de uso e cobertura de terra e as queimadas em florestas de Miombo, Gurue, Mocambique*. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal.

SEKERCIOGLU, C. H, (2002). *Effects of forestry practices on vegetation structure and bird community of Kibale National Park, Uganda*. Biological Conservation, 107: 229-240.

SPENCELEY & ANNA, (2006). *Tourism in the Great Limpopo Transfrontier Park*. Development Southern Africa.

USGS, (2014). USGS Global Visualization Viewer–Landsat 8. [S.l.], September.

UNFCCC (2001). Decision 11/cp. 7 - *Land-use, land-use change and forestry*, report of cop-7. Marrakech. 69 p.

WERTZ-KANOUNNIKOFF, S., SITOE. A. & SALOMÃO, S, (2011). *Como o REDD+ está a emergir nas florestas secas da África Austral?* CIFOR, 39.

ZOLHO, R. (2010). *Mudanças Climáticas e as Florestas em Moçambique*. Maput

## 8. Anexo

### Anexos1: Atividades que influencia no desmatamento florestal no Parque Nacional de Limpopo



Campo agrícola recém-preparado



Casas feitas com base de estacas



Exploração de lenha



Campo agrícola abandonado



**Anexos2:** Inquérito referente ao uso e cobertura de terra no PNL

Nome \_\_\_\_\_ Local \_\_\_\_\_

Sexo; Masculino \_\_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_\_

1. Quais são as atividades que são desenvolvidas no PNL
  - a) Exploração de estacas \_\_\_\_\_
  - b) Exploração de carvão \_\_\_\_\_
  - c) Agricultura \_\_\_\_\_
  - d) Lenha \_\_\_\_\_
  - e) Outras \_\_\_\_\_
2. Para que fins é maioritariamente usado o abate das arvores?
  - a) Abertura de novas machambas \_\_\_\_\_
  - b) Exploração de produtos florestais não madeireiros \_\_\_\_\_
  - c) Exploração de produtos florestais \_\_\_\_\_
  - d) Madeira/Estacas para construção \_\_\_\_\_
  - e) Produção de lenha e carvão \_\_\_\_\_
3. Se for para a abertura de novas machambas, de quanto em quanto tempo se faz?
  - a) 1 Em 1 Ano \_\_\_\_\_
  - b) 2 Em 2 Ano \_\_\_\_\_
  - c) 3 Anos e Mais anos \_\_\_\_\_
  - d) Outros: \_\_\_\_\_
4. Quais as razões das mudanças de áreas de cultivo?
  - a) Baixa produtividade \_\_\_\_\_
  - b) Outro \_\_\_\_\_
  - c) Especifique \_\_\_\_\_
5. Tem acontecidos queimadas descontroladas na zona onde vive?
  - a) Sim \_\_\_\_\_
  - b) Não \_\_\_\_\_
6. Para que se faz as queimadas?
  - a) Caça \_\_\_\_\_
  - b) Abertura de novas áreas de cultivo \_\_\_\_\_.

- c) Maneio de áreas de pastagem\_\_\_\_\_.
  - d) Outros; \_\_\_\_\_
7. Em que altura do ano é que elas ocorrem com frequência?
- a) Janeiro – março\_\_\_\_\_.
  - b) Abril – julho \_\_\_\_\_.
  - c) Agosto – outubro\_\_\_\_\_.
  - d) Novembro – dezembro\_\_\_\_\_
  - e) Outros \_\_\_\_\_.
8. Quais são para si os efeitos positivos das queimadas descontroladas?
- a) Facilidade de limpeza das machambas\_\_\_\_\_.
  - b) Redução de mão-de-obra e tempo na limpeza de áreas agrícolas\_\_\_\_\_.
  - c) Rejuvenescimento do pasto\_\_\_\_\_.
  - d) Facilidade de captura de animais para o consumo\_\_\_\_\_.
  - e) Outros; \_\_\_\_\_
9. Que aspetos negativos aparecem depois das queimadas descontroladas?
- a) Desaparecimento da flora e da fauna bravia\_\_\_\_\_.
  - b) Devastação da floresta\_\_\_\_\_.
  - c) Degradação dos solos\_\_\_\_\_.
  - d) Aumento dos poluentes no ar\_\_\_\_\_.

**Anexo 3:** Espécies florestal que ocorrem no Parque Nacional de Limpopo.

<b>Espécies florestal que ocorrem no Parque Nacional de Limpopo</b>		
	<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Vernacular</b>
1	<i>Lonchocarpus capassa</i>	Bandzo
2	<i>Trichilia emetica</i>	maforeira
3	<i>Ficus sycomorus</i>	Nkwua
4	<i>Kirkia acuminata</i>	Mtumbui/ poko-poko
5	<i>Sclerocarya birrea</i>	Canhi
6	<i>Terminalia sericea</i>	inconola
7	<i>Strychnos spp</i>	Massala/ cuacua
8	<i>Albizia spp</i>	Zangalangouva/ chissio
9	<i>Acacia nigrescensis</i>	Namumo/ micaia
10	<i>Commiphora spp</i>	
11	<i>Cissus cornifolia</i>	
12	<i>Adansonia digitata</i>	Boane/chimua
13	<i>Combretum apiculatum</i>	
14	<i>Comretunm imberbe</i>	Mondzo
15	<i>Acacia acuminata</i>	Micacia
16	<i>Colophospermum mopane</i>	chanate
17	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Pau-preto
18	<i>Diospyros mespiliformes</i>	Ntoma / ébano
19	<i>Dichrostachys cinerea</i>	Ndzenga
20	<i>Xanthocercis zambesiaca</i>	Nhlaru
21	<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	Mulonde
22	<i>Piliostigma thonningii</i>	

23	<i>Brachystegia spciformis</i>	Missassa
24	<i>Berchemia bicolor</i>	Inhingue
25	<i>Acacia tortilis</i>	Munga
26	<i>Guibortia conjugata</i>	Tsotso / chacate preto
27	<i>Androstachys johnsonii</i>	Mecrusse /cimbirre
28	<i>Acacia xanthophloeia</i>	Micaia
29	<i>Acacia nilótica</i>	Changua
30	<i>Drypetes mossambicensis</i>	Xakwari

**Espécie faunísticos que ocorrem no Parque Nacional de Limpopo**

	<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Vernacular</b>
1	<i>Loxodonta african</i>	Elefante
2	<i>Kobus ellipsiprymnus</i>	Piva
3	<i>Hipopotamus amphibius</i>	Hipopotamo
4	<i>Aepyceros melampus</i>	Impala
5	<i>Tragelaphus imberbis</i>	Kudu
6	<i>Tragelaphus angasii</i>	Nyala
7	<i>Syncerus caffer</i>	Búfalo
8	<i>Struthio camelus</i>	Avestruz
9	<i>Equus quagga</i>	Zebra
10	<i>Gnu</i>	Boi-cavalo

---

11	<i>Girafa camelopardallis</i>	Girafa
12	<i>Tragelaphus scriptus</i>	Imbabala
13	<i>Sus scrofa</i>	Javali
14	<i>Silvicapra grimmia</i>	Cabrito cinzento
15	<i>paraxerus</i>	Esquilo da savana
16	<i>Crocodylus niloticus</i>	<i>Crocodilo do nilo</i>
17	<i>Panaspsis warbergii</i>	Lagartixa olho de cobra
18	<i>Numida meleagris</i>	<i>Galinha-do-mato</i>
19	<i>Hippotragus equinus</i>	
20	<i>Hippotragus niger</i>	Palapala
21	<i>Damaliscus lunatus</i>	Mezanze
22	<i>Gallerella nigrata</i>	
23	<i>Saccostomus campestris</i>	Roedor
24	<i>Steatomis pratensis</i>	
25	<i>Cercopithecus aethiops</i>	Macaco cara preta
26	<i>Alopochen aegyptiaca</i>	Ganso do Egito
27	<i>Dendocygna viduata</i>	Pato assobiador de faces brancas
28	<i>Galínula chloropus</i>	
29	<i>Pantera leo</i>	Leão
30	<i>Lycaon pictus</i>	Mabeco

---