



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MAPEAMENTO DE ÁREAS PARA EXPANSÃO URBANA  
COM RECURSO A SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA (ANÁLISE MULTICRITÉRIO)**

**Caso de estudo: Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mize**

José Daniel Facuze

Maputo

2024

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MAPEAMENTO DE ÁREAS PARA EXPANSÃO URBANA  
COM RECURSO A SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA (ANÁLISE MULTICRITÉRIO)**

**Caso de estudo: Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mizeze**

**José Daniel Facuze**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação Geográfica para o Desenvolvimento Sustentável da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica para o Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Doutor José Nhavoto  
Co-Orientador: Doutor. Sérgio Niquisse

Maputo

2024

# UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

### MAPEAMENTO DE ÁREAS PARA EXPANSÃO URBANA COM RECURSO A SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (ANÁLISE MULTICRITÉRIO)

Caso de estudo: Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mize

**José Daniel Facuze**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação Geográfica para o Desenvolvimento Sustentável da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica para o Desenvolvimento Sustentável.

Aprovado em        de        de 2024, por:

---

Professor. Doutor Ernesto Lenathy Muheca  
(Arguente - DMI-UEM)

---

Prof. Doutor Orlando Pedro Zacarias  
(Presidente - DMI-UEM)

---

Prof. Doutor José Nhavoto  
(Orientador – DMI-UEM)

Co-Orientador: Doutor Sérgio Niquisse

Maputo

Julho/2024

## **DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA**

Declaro por minha honra que este trabalho é resultado da minha pesquisa e investigação, tendo sido realizado para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica para o Desenvolvimento Sustentável, pela Universidade Eduardo Mondlane, e que nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Junho de 2024

---

(José Daniel Facuze)

### *Dedicatória*

A minha esposa Etelvina Facuze e aos meus filhos Daniela, Aluyana e Yannick pela inspiração e por estarem presentes em todos momentos da minha vida. Aos meus pais Daniel Facuze e Arminda Chirindza, aos meus irmãos Edson, Nádia, Cidália e Tânia, pela confiança e carinho que me tem demonstrado.

## **AGRADECIMENTO**

À Deus Pai todo-poderoso, pelo dom da Vida e da Saúde, por me dar forças para superar os momentos difíceis e por me proporcionar momentos maravilhosos como a materialização deste trabalho. Em seu nome, toda a Honra e toda a Glória, agora e para sempre, Amem!

Ao meu supervisor Prof. Doutor. José Nhavoto pelos ensinamentos e orientação, aos técnicos do local de estágio, Agência Nacional para o Desenvolvimento Geo-Espacial (ADE) em especial ao co-supervisor Prof. Doutor. Sérgio Niquisse e dra Isolda Dlamine e aos colegas do curso, docentes da Universidade de UEM e Lund University.

## RESUMO

Com o crescente índice da população jovem, associado aos factores de calamidades naturais assim como conflito armado a Norte da Província de Cabo Delgado, verificam-se movimentos populacionais e surgimento de novos locais de assentamentos. Este cenário, quando não é assistido pelas entidades de gestão da terra, propicia a ocupação de locais impróprios causando diversos problemas ambientais. O planeamento preventivo tem-se mostrado eficaz na medida em que promove o surgimento de novas áreas de expansão urbana com a devida previsão de utilização de espaços de forma sustentável e equilibrada. O objectivo deste trabalho é mapear áreas favoráveis para expansão urbana na Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mize, Província de Cabo Delgado. No entanto, verifica-se a necessidade de criar procedimentos que relacionem diferentes factores preponderantes para o auxílio a toma de decisão. Com efeito, foram usadas ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica e técnicas de Análise Hierárquica de Processos para o processamento e combinação dos factores altimetria, declividade, uso e cobertura do solo, tipo de solo e diferentes condicionantes ambientais e legais. O resultado consiste em uma superfície de adequabilidade que varia entre 1 à 5, onde 1 reflete áreas menos aptas representando restrição a ocupação humana e 5 representa as áreas mais aptas para a expansão urbana. Esta abordagem permitiu identificar cerca de 150 km<sup>2</sup> de área que oferecem condições para a elaboração de instrumentos de ordenamento do território para novas ocupações habitacionais assim como identificar as áreas onde se propõe criar iniciativas de protecção ambiental contra a ocupação humana. A metodologia adoptada neste trabalho tem potencial para ser uma solução para as autoridades de gestão do território na área de estudo bem como para diferentes regiões do País.

**Palavras-chaves:** Expansão Urbana, Sistema de Informação Geográfica, Análise Multicritério.

## ABSTRACT

With the growing rate of the young population, associated with natural calamities as well as the armed conflict in the Province of Cabo Delgado, population movements and the emergence of new settlement sites are taking place. This century, when not assisted by land management entities, encourages the occupation of inappropriate sites, causing various environmental problems. Preventive planning has proven to be effective in that it promotes the emergence of new areas of urban expansion with the provision of using spaces in a sustainable and balanced way. The objective of this work is to map areas developed for urban expansion in the City of Pemba and Administrative Post of Mizeze, Province of Cabo Delgado. However, there is a need to create procedures that relate different preponderant factors to aid decision-making. In effect, Geographic Information Systems tools and Hierarchical Process Analysis techniques were used to process and combine the variables altimetry, slope, land use and cover, soil type and different environmental and legal conditions. The result consists of a suitability surface that varies between 1 and 5, where 1 reflects less suitable areas representing restrictions on human occupation and 5 represents the areas most suitable for urban expansion. This approach made it possible to identify around 150 km<sup>2</sup> of area that offers conditions for the development of territorial planning instruments for new housing occupations, as well as identifying areas where it is proposed to create environmental protection initiatives against human occupation. The methodology adopted in this work has the potential to be a solution for territorial management authorities in the study area, as well as for different regions of the country.

**Keywords:** Urban Expansion, Geographic Information System, Multicriteria Analysis.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Esquema de expansão urbana (Adaptado de Japiassú e Lins, 2014).....	13
Figura 2: Crescimento urbano vertical (Adaptado de Japiassú e Lins, 2014). ....	15
Figura 3: Estrutura geral de sistemas de informação geográfica (adaptado de Davis e Camara, 1999). ....	18
Figura 4: Modelo de dados, vectorial e matricial (Adaptado de Cavalcante e Silva, 2015)....	19
Figura 5: Fluxograma metodológico.....	26

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1: Mapa de Localização .....	5
Mapa 2: Uso e Cobertura do Solo.....	30
Mapa 3: Mapa de adequabilidade para o uso e cobertura do solo .....	31
Mapa 4: Declividade .....	32
Mapa 5: Mapa de adequabilidade para a declividade .....	33
Mapa 6: Altimetria.....	34
Mapa 7: Mapa de adequabilidade para a altitude.....	35
Mapa 8: Mapa de adequabilidade para as restrições.....	37
Mapa 9: Tipo de Solo.....	38
Mapa 10: Mapa de adequabilidade para o tipo de solo.....	39
Mapa 11: Mapa final.....	42

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Vantagens e desvantagens de modelo raster e vectorial (Cavalcante e Silva, 2015). .....	20
Tabela 2: Classificação de SIG (Pestana, 2021). ....	20
Tabela 3: Escala fundamental de Saaty (Saaty, 1991).....	22
Tabela 4: Dados usados .....	27
Tabela 5: Classes de uso do solo.....	30
Tabela 6: Classes de declividade .....	32
Tabela 7: Classes de altitude.....	34

Tabela 8: Classes de rede viária.....	36
Tabela 9: Classes de rede hidrográfica .....	36
Tabela 10: Classes de usos especiais .....	36
Tabela 11: Classes de tipo de solo .....	38
Tabela 12: Matriz de comparação pareada dos factores .....	39
Tabela 13: Valores do IR em função da ordem da matriz (adaptado de Saaty, 1991).....	41
Tabela 14: Matriz de Razão de Consistência .....	41

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Matriz AHP (Bertahone e Brandalise, s/a).....	23
Equação 2: Autovalor máximo (Garcia e Filho, 2019).....	40
Equação 3: Índice de Consistência (Garcia e Filho, 2019).....	40
Equação 4: Razão de Consistência (Garcia e Filho 2019).....	41
Equação 5: Determinação do mapa final .....	42

## **GRÁFICO**

Gráfico 1: Distribuição de áreas .....	43
--	----

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ADE	Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial
AHP	Processo de Hierarquia Analítica
CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INE	Instituto Nacional de Estatística
IOT's	Instrumentos de Ordenamento do Território
MAE	Ministério da Administração Estatal
MTC	Ministério dos Transportes e Comunicação
PDE	Programa de Desenvolvimento Espacial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos

<b>Índice</b>	
DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA.....	iii
<i>Dedicatória</i> .....	iv
AGRADECIMENTO.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE MAPAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE EQUAÇÕES.....	ix
GRÁFICO.....	ix
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	x
CAPITULO I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização do Tema.....	1
1.2. Motivação para a Escolha do Tema.....	2
1.3. Problema do Estudo.....	2
1.4. Contribuição do Estudo.....	3
1.5. Objectivos do Estudo.....	3
1.5.1. Geral.....	3
1.5.2. Específicos.....	3
1.6. Conteúdo da Dissertação.....	4
CAPITULO II. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.1. Descrição da Área de Estudo.....	5
2.2. Vegetação e Clima.....	6
2.3. Hidrografia e Relevo.....	6
2.4. Solos da Área de Estudo.....	7
2.5. Caracterização Socio económica.....	7
2.6. Demografia da Área de Estudo.....	8

CAPITULO III. DESCRIÇÃO GERAL DO LOCAL DE ESTÁGIO .....	9
3.1. Descrição do Local de Estágio .....	9
3.2. Atribuições da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial .....	9
3.3. Competências da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial .....	10
3.4. Missão e Visão da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial .....	10
3.5. Valores da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial .....	10
3.6. Principais Produtos e Serviços .....	11
CAPITULO IV. REVISÃO DA LITERATURA .....	13
4.1. Expansão Urbana.....	13
4.2. Sistemas de Informação Geográfica.....	15
4.2.1. Conceitos de Sistemas de Informação Geográfica.....	15
4.2.2. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica .....	16
4.2.4. Estrutura de Sistemas de Informação Geográfica .....	17
4.2.5. Modelo de Dados .....	18
4.2.6. Classificação de Sistemas de Informação Geográfica .....	20
4.3. Análise Multicritério .....	21
4.4. Expansão Urbana usando Sistema de Informação Geográfica.....	23
4.5. Analise Multicritério com recurso a Sistema de Informação Geográfica .....	24
CAPITULO V. METODOLOGIA .....	25
5.1. Classificação do Estudo .....	25
5.2. Método de Colecta de Dados .....	25
5.3. Aplicação do Método Análise Multicritério.....	26
5.4. Dados Usados.....	26
5.5. Análise de Dados.....	28
CAPITULO VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
6.1. Processamento de Dados .....	29
6.1.1. Uso e cobertura do Solo .....	29

6.1.2.	Declividade da Área de Estudo.....	31
6.1.3.	Altimetria da Área de Estudo.....	33
6.1.4.	Restrições da Área de Estudo .....	35
6.1.5.	Rede Viária da Área de Estudo.....	35
6.1.6.	Rede Hidrográfica.....	36
6.1.7.	Usos Especiais .....	36
6.1.8.	Tipo de Solos .....	37
6.2.	Desenvolvimento do método AHP .....	39
6.3.	Mapa de Expansão Urbana.....	42
6.4.	Discussão dos Resultados.....	44
6.4.1.	Comparação com trabalhos anteriores .....	44
6.4.2.	Validação e Limitações.....	45
CAPITULO VII. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....		47
7.1.	Conclusões do Estudo .....	47
7.2.	Recomendações do Estudo.....	47
Referências Bibliográficas .....		49
Apêndice .....		52

# CAPITULO I. INTRODUÇÃO

## 1.1.Contextualização do Tema

Com o aumento das taxas de urbanização em praticamente todo o mundo, a primazia do meio urbano sobre o rural tornou-se mais evidente, nessa perspectiva, a compreensão da dinâmica de crescimento das cidades do ponto de vista físico-territorial vem desafiando a prática científica nas últimas décadas (Bernardini, 2018).

A expansão urbana verifica-se em quase toda extensão de Moçambique, tanto em espaços actualmente considerados urbanos como em áreas consideradas rurais. Enquanto o crescimento urbano é causado principalmente pelo crescimento natural da população (2.7%), a migração rural contribui com 0.8% de crescimento por ano, muitas vezes com picos de aceleração causados por catástrofes naturais, conflitos, ou pelo reassentamento da população resultante de actividades económicas (UN-HABITAT, 2023).

Estes fenómenos, aliados a um planeamento urbano deficiente que conduz a assentamentos em áreas propensas a riscos, deficiências nos serviços públicos e infra-estruturas, contribuem para uma elevada vulnerabilidade climática em Moçambique.

O Índice Climático Global 2021 indicou que Moçambique foi o país africano mais vulnerável às alterações climáticas. Este fenómeno está também associado a localização geográfica do país, com uma longa linha costeira e extensas terras baixas onde se localizam os deltas de 13 grandes rios regionais. Estas características tornam Moçambique vulnerável a catástrofes naturais como inundações, ciclones e tempestades intensas, mas também secas (UN-HABITAT, 2023).

A adoção de técnicas e ferramentas que permitem o planeamento preventivo mostra-se oportuno para assegurar um crescimento urbano equilibrado entre a qualidade de vida da população e a salvaguarda das questões socio ambientais.

Nessa perspectiva, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mostra-se eficaz na medida em que permite obter informação sobre o uso do solo e estabelecer a interação com os diversos fenómenos que nele ocorrem.

Os SIGs possuem a vantagem de permitir manipular, com relativa rapidez, uma grande quantidade de informações a respeito da dinâmica da ocupação territorial intraurbana, além de ser capaz de sobrepor dados de diversas fontes (Freitas, 2013).

## **1.2.Motivação para a Escolha do Tema**

Constitui a principal motivação da escolha do tema do presente estudo, a necessidade de propor uma sequencia metodológica que permita às entidades gestoras da terra, nomeadamente, Direcção Nacional de Ordenamento do Território, Serviços Distritais de Geografia e Cadastro, Municípios e Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da Universidade Eduardo Mondlane, tomarem as decisões acertadas e em tempo útil sobre a selecção de áreas para expansão urbana evitando os assentamentos informais, ocupações desordenadas e em locais ambientalmente impróprios.

Com efeito, é proposto a utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica e técnicas de análise hierárquica de processos para o processamento dos factores devidamente seleccionadas e obtidas através de imagens de satélite e da base cartográfica cedida pelo Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção (CENACARTA) assim como Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM).

Segundo Garcia (2009), em acções de planeamento urbano o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma importante ferramenta de apoio a decisão, como por exemplo em projectos de identificação de áreas para determinadas actividades, levando a uma variedade de critérios e análises complexas de alternativas possíveis.

## **1.3.Problema do Estudo**

A intensificação e prolongamento do conflito militar em Cabo Delgado e a deslocação de centenas de indivíduos, obrigam a definição de respostas urgentes com vista a promover a integração socioeconómica das populações. Estas deslocações forçadas de indivíduos colocam um forte desafio à assistência humanitária, mas também em termos de reassentamentos populacionais (FEIJÓ, 2020).

Por outro lado, o crescente índice da população jovem assim como a ocorrência de eventos climáticos extremos propiciam movimentos da população na procura por terra para novas

ocupações habitacionais e por abandono das áreas de risco, causando o surgimento de novos locais de assentamentos.

Segundo Campos (2020), o rápido crescimento populacional e consequente ocupação do solo desordenado são factores que ocasionam sérios problemas sociais, económicos e traz consequências ambientais ocasionando fenómenos erosivos, riscos a saúde e bem-estar das comunidades.

#### **1.4. Contribuição do Estudo**

Com este estudo, pretende-se apresentar o mapeamento de áreas favoráveis para a elaboração de novos instrumentos de ordenamento do território para expansão urbana com vista a responder as diversas necessidades de procura de terra para novas habitações. Este mapeamento poderá ser uma base orientadora para minimizar as construções desordenadas e em locais impróprios bem como na salvaguarda das questões ambientais.

Neste caso, o planeamento preventivo por meio de SIG, tem-se mostrado eficaz na medida em que relaciona factores ambientais, físicos e legais de modo a assessorar na identificação de novas áreas de expansão urbana com a devida previsão de utilização dos espaços de forma sustentável e equilibrada.

Na mesma perspectiva, espera-se que o modelo de mapeamento a ser elaborado, seja aplicado em qualquer outra área no território nacional.

#### **1.5. Objectivos do Estudo**

Para efeitos do presente estudo, tem-se como objectivos os seguintes:

##### **1.5.1. Geral**

Mapear áreas favoráveis para expansão urbana na Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mize.

##### **1.5.2. Específicos**

- Identificar os factores determinantes para obtenção de áreas de expansão urbana;
- Definir o grau de influência de cada factor;

- Relacionar os factores entre si através da análise multicritério;
- Definir as áreas mais adequadas e as menos adequadas para a expansão urbana com recurso aos SIGs.

### **1.6. Conteúdo da Dissertação**

O presente trabalho divide-se em sete (7) capítulos, sendo o primeiro composto pelas considerações iniciais, nomeadamente, contextualização, motivação, problema, contribuição e a definição dos objectivos do trabalho.

No segundo capítulo é feita uma descrição geral sobre a área de estudo enquanto no terceiro capítulo é dado a conhecer a organização onde foi efectuado o estágio profissional no âmbito da realização deste trabalho.

O quarto capítulo é composto pela revisão da literatura onde são abordadas as principais temáticas que permitiram a realização do trabalho que são a expansão urbana, sistemas de informação geográfica e análise multicritério.

No quinto capítulo, é apresentada a metodologia usada e descreve-se o processo de obtenção e tratamento de dados.

No sexto capítulo são descritos os procedimentos de processamento de dados e relacionamento entre os factores através da análise hierárquica de processos até a obtenção do mapa de expansão urbana, e seguidamente é apresentada a discussão dos resultados.

A conclusão e recomendações estão apresentados no sétimo e último capítulo, sendo que por fim são apresentadas as referências bibliográficas e apêndices.

## CAPITULO II. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

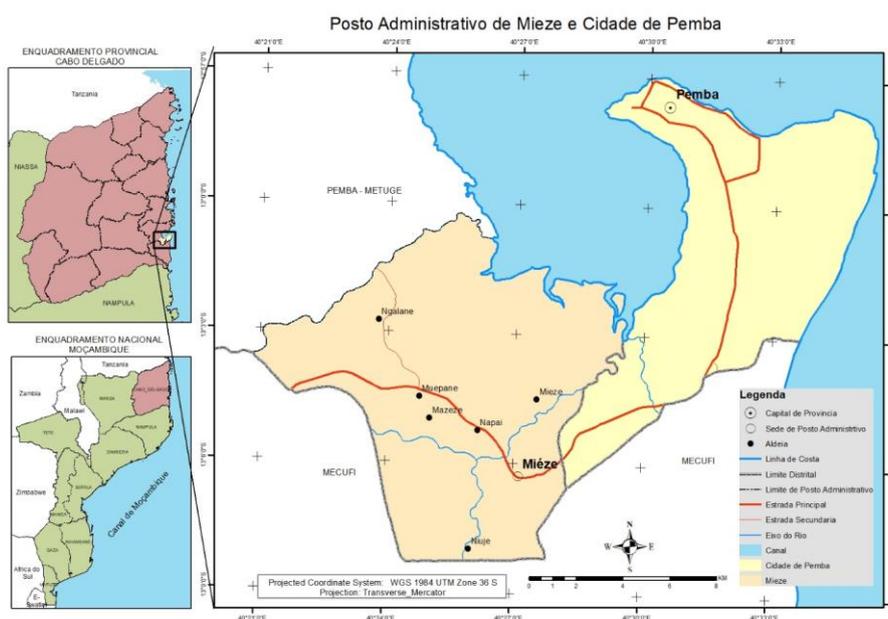
### 2.1. Descrição da Área de Estudo

A área de estudo compreende o Posto Administrativo de Mizeze pertencente ao Distrito de Metuge e a cidade de Pemba que é a capital da Província de Cabo Delgado. O posto administrativo de Mizeze assim como a cidade de Pemba são circunscrição geográficas vizinhas com uma superfície total de 227 km<sup>2</sup>.

O Posto Administrativo de Mizeze possui três localidades, Messanja, Mizeze-sede e Nanlia, apresenta ainda seis aldeias, Ngalane, Muepane, Mazeze, Napai, Mizeze e Niuje. A cidade de Pemba com estatuto de Município, é composta 10 bairros, designadamente, Alto Gingone, Natite, Cariacó, Chuiba, Cimento, Eduardo Mondlane, Ingonane, Mahete, Muchara e Paquitequite.

Confrontam a Nordeste com o Distrito de Metuge e com a baía de Pemba, a Sudeste, através da Cidade de Pemba é banhado pelo Oceano Índico, a Sudoeste com o Distrito de Mecufi e a Noroeste com os Distritos de Metuge e Mecufi.

A área de estudo esta localizada aproximadamente nas coordenadas geográficas extremas de 12° 57' 00" e 13° 8' 50" de Latitude Sul e 40° 20' 50" e 40° 35' 00" de Longitude Este.



Mapa 1: Mapa de Localização  
Fonte de dados: CENACARTA, 2023

## **2.2. Vegetação e Clima**

A área de estudo apresenta de certa forma, uma vegetação que acompanha a disposição do relevo, na faixa do litoral, da baía e do mar para o interior, aparecem por vezes, junto a costa, alguns mangais seguidos sucessivamente por planícies, savanas de árvores de pequeno e médio porte (Rosse, 2009).

Segundo Rosse (2009), a região apresenta um clima do tipo tropical húmido, sujeito ao regime de monções, com duas estações anuais em que se verifica uma desigual e irregular distribuição de chuvas ao longo do ano.

A estação quente, das chuvas, ou “verão meridional”, que decorre normalmente, entre os meses de Dezembro e Abril, é caracterizado por pluviosidade de grande irregularidade que, sempre, atinge uniformemente toda a área do território. A área tem registo de temperatura média anual que excede os 25° C (24 a 26). A precipitação média anual varia entre 800 a 1000 mm, com evapotranspiração potencial a ordem de 1400 a 1600 mm e a humidade do ar de 78,8% (MAE, 2005).

## **2.3. Hidrografia e Relevo**

A área de intervenção apresenta cinco (5) rios sendo que, o posto Administrativo de Mize separa-se da Cidade de Pemba pelo Rio Nanha e no seu interior possui os Rios Niuge, Mize e a Noroeste é limitado pelos Rios Umbire e Rio Miruco.

De acordo com o Ministério da Administração Estatal (2014), as planícies costeiras na região são dissecadas por alguns rios que sobem da costa para o interior, que gradualmente passa para um relevo mais dissecado com encostas mais declivosas intermedias, da zona subplanáltica de transição para a zona litoral.

## **2.4.Solos da Área de Estudo**

É caracterizado pelos seus solos arenosos, lavados a moderadamente lavados, predominantemente amarelados a castanho-acinzentados, quer seja os da cobertura arenosa do interior (Ferralic Arenosols), quer seja os das dunas arenosas costeiras (Haplic Arenosols).

Também é caracterizado pelos solos da faixa do grés costeiro, de textura arenosa a franco argilo arenosa de cor predominantemente alaranjada. Os solos arenosos hidromorficos de depressões e baixas ocorrem alternados com as partes de terreno mais elevadas (Gleyic Arenosols) (MAE, 2014).

## **2.5.Caracterização Socio económica**

De acordo com MICOA (2005), a agricultura é a actividade dominante e envolve quase todos os agregados familiares. De um modo geral, a agricultura é praticada manualmente em pequenas explorações familiares em regime de consociação de culturas com base em variedades locais.

Segundo a mesma, é dominada pelo sistema de produção baseado na cultura da mandioca, consociada com leguminosas de grão como o feijão nhemba e o amendoim.

Outras culturas são o arroz de sequeiro produzido nas planícies aluviais dos principais rios que drenam a costa e planícies estuarinas bem como em bacias de inundação preparadas para o efeito, o caju e o coqueiro.

Ainda segundo MICOA (2005), o fomento pecuário no distrito tem sido fraco, porem dada a tradição na criação de gado e algumas infraestruturas existentes, verifica-se algum crescimento do efectivo pecuário.

A pesca é a segunda actividade praticada, sendo uma importante fonte de rendimento não agrícola para muitas famílias locais. Nos últimos anos, a qualidade de peixe capturado na costa do distrito tende a baixar, por um lado, devido a utilização de redes improprias e, por outro, devido ao corte intensivo do mangal para garantir a captura de camarão, lagosta e outros mariscos.

## **2.6. Demografia da Área de Estudo**

A área de intervenção conta com uma população de 247,329 habitantes que corresponde a um rácio de 1090 habitantes por cada quilómetro quadrado segundo os dados do censo do INE (2017).

Os dados do censo do INE de 2007 apontavam para uma população de cerca de 173,122 habitantes perfazendo o rácio de 763 habitantes por quilómetro quadrado.

Esta comparação de 10 anos (2007 a 2017) mostra uma subida na ordem de 30 % e como consequência há uma pressão exercida sobre o espaço geográfico pela necessidade de novas áreas de urbanização. Este crescimento deveu-se essencialmente pela tendência normal de crescimento da população através da taxa de natalidade.

No entanto, para o período 2017 a 2024 avenge-se a possibilidade de um contínuo crescimento da população sobre a área de estudo associado a chegada de famílias que abandonam as áreas de conflito armado que se verifica nos Distritos à Norte da Província e zonas afectadas por eventos climáticos extremos.

## **CAPITULO III. DESCRIÇÃO GERAL DO LOCAL DE ESTÁGIO**

### **3.1. Descrição do Local de Estágio**

O estágio profissional foi realizado na Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial (ADE) cuja denominação inicial foi Programa de Desenvolvimento Espacial (PDE). É tutelado pelo Ministério dos Transportes e Comunicações (MTC) e por meio da Unidade de Implementação do Programa de Desenvolvimento Espacial, hospeda a Rede Nacional de Sistema de Informação Geográfica (SIG/GIS) disponível online e aberto ao público e a usuários institucionais.

Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial, tem como objectivo maximizar os benefícios socioeconómicos das empresas e agregados locais ao longo dos corredores, contribuindo para o desenvolvimento da economia nacional.

Este organismo foi criado pelo Decreto nº88/2020, de 07 de Outubro, sito na Avenida Eduardo Mondlane, nº 133 R/C, Cidade de Maputo.

De entre varias acções, a ADE é responsável pela promoção das iniciativas de desenvolvimento espacial, desenvolvimento de ferramentas de análise socio-económica e realização de estudos importantes para a formulação de políticas que influenciam o processo de planificação geo-espacial, sobretudo nos Corredores de Desenvolvimento.

### **3.2. Atribuições da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial**

O artigo nº 6 do Decreto nº88/2020, de 07 de Outubro determina as atribuições da ADE, nomeadamente:

- A coordenação e implementação de iniciativas de desenvolvimento e planificação geo-espacial;
- O planeamento espacial dos Corredores de Desenvolvimento, de modo a estimular a exploração do potencial em recursos existentes no país;
- A concepção e estruturação de projectos competitivos e sustentáveis, que facilitem o investimento e liderem a integração regional, ampliando as oportunidades de desenvolvimento socio-económico;
- A capacitação institucional em matérias de análise espacial;

### **3.3.Competências da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial**

Ao abrigo do artigo nº 7 do Decreto nº88/2020, de 07 de Outubro tem-se que para a materialização das suas atribuições são competências da ADE:

- Criar capacidade no uso da metodologia de planeamento geo-espacial para apoio à formulação de políticas e tomada de decisões;
- Desenvolver ferramentas e aplicativos relevantes ao processo de planificação integrada para as instituições do governo, sector privado, parceiros de cooperação, organizações não-governamentais e público interessado;
- Prestar assistência técnica às iniciativas geo-espaciais das diversas organizações governamentais e não-governamentais, especialmente no aumento do conhecimento, integração e capitalização do uso do Sistema de Informação Geográfica, nos processos de planificação;
- Realizar estudos para identificar novas áreas específicas para negócios e oportunidades que irão catalisar o potencial económico e social ao longo dos Corredores;
- Gerir a Rede do Sistema de Informação Geográfica desenvolvida e garantir a sua alimentação com dados actualizados e aplicativos importantes para processos de planificação e tomada de decisão;
- Prestar serviços geradores de receitas próprias.

### **3.4.Missão e Visão da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial**

Missão - Induzir o desenvolvimento sustentável de Moçambique, promovendo boas práticas de planificação integrada para a tomada de decisão informada, através de soluções geo-espaciais.

Visão - Decisões Tomadas com base em informação Geo-espacial.

### **3.5.Valores da Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial**

Constituem os principais valores da ADE os seguintes:

- Orientação Empresarial – Foco nos clientes, resultados e sustentabilidade

- Empreendedorismo – desenvolvimento de novos negócios, dinamismo e cooperação na gestão do desafio e da gestão de riscos
- Liderança – assumir a responsabilidade e mudar de direcção para o alcance dos objectivos
- Profissionalismo – Dedicção, empenho e esforço
- Ética – Conformidade, confidencialidade e imparcialidade
- Criatividade – Abordagem inovadora
- Cooperação – Espírito de colaboração interna e externa

### **3.6.Principais Produtos e Serviços**

Análise espacial: Assegura um planeamento para o desenvolvimento socio-económico sustentável, através do uso de ferramentas e práticas de gestão que permitem explorar o potencial de recursos existentes para implementar planos, políticas e projectos num determinado espaço e tempo que melhor atenda às necessidades identificadas.

Hospedagem de dados e aplicativos: a ADE dispõe de serviço de hospedagem de aplicativos numa rede aberta com acesso a informação de várias fontes públicas e privadas. Com efeito, minimiza os custos de investimento dos seus parceiros em infraestruturas de rede, servidores e internet. Gestão, M&A de Projectos de Infraestruturas.

Desenvolvimento de Aplicativos: Desenvolve aplicativos necessários para coleta de dados, dashboards interativos e ferramentas tecnológicas para o processo de planificação e monitoria das suas intervenções.

Gestão, monitoria e avaliação de projectos de infraestruturas: Desenvolve um conjunto de aplicativos e ferramentas de gestão de projectos, sua avaliação e monitoria em tempo real e remoto.

Desenho de projectos: Desenha e estrutura projectos competitivos e sustentáveis que estimulam o investimento e ampliam as oportunidades de desenvolvimento socioeconómico.

Produção de mapas interativos: A ADE produz mapas temáticos que permitem visualizar dados de várias camadas em diversas escalas, facilitando assim a avaliação e monitoria eficaz dos seus indicadores.

Desenvolvimento de talento: Promove o surgimento de novos talentos, criando espaços para exposição destes a trabalhos que estimulam o seu conhecimento e habilidades no desenho de soluções a vários desafios.

Hack4MOZ: Realiza hackathons para promover o engajamento de jovens talentosos com diferentes stakeholders que procuram soluções tecnológicas para resolver os seus problemas internos de gestão.

Assistência técnica: Presta assistência técnica às organizações desenvolvendo aplicativos e ferramentas para apoio à gestão e tomada de decisão, bem como na integração de sistemas e sua interoperabilidade.

Capacitação institucional: Desenvolve capacidades e conhecimento na área de sistema de informação geográfica, análise espacial e no uso da metodologia de planeamento do desenvolvimento espacial.

Serviço de consultoria: Presta serviço de consultoria nas várias áreas de domínio do sistema de informação geográfica e planificação espacial integrada com vista a atender as necessidades de cada cliente.

Realização de estudos: Realiza estudos para identificar áreas com potencial para investimento e assegurar oportunidades de negócio que irão catalisar o desenvolvimento económico e social do País.

## CAPITULO IV. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1. Expansão Urbana

Entende-se expansão urbana como sendo o processo de transformação que acontece a volta das cidades, originada pelo crescimento demográfico e pelo aspecto físico territorial. Segundo Japiassú e Lins (2014), ambos os aspectos estão relacionados, quando a cidade cresce territorialmente, há uma redistribuição populacional pelo território urbano.

De acordo com Japiassú e Lins (2014), a ampliação do perímetro urbano consiste na expansão e “extensificação” do tecido urbano para além dos limites da cidade. O processo ocorre pela conversão de áreas de uso rural, localizadas no entorno imediato do perímetro urbano, em áreas de uso urbano.

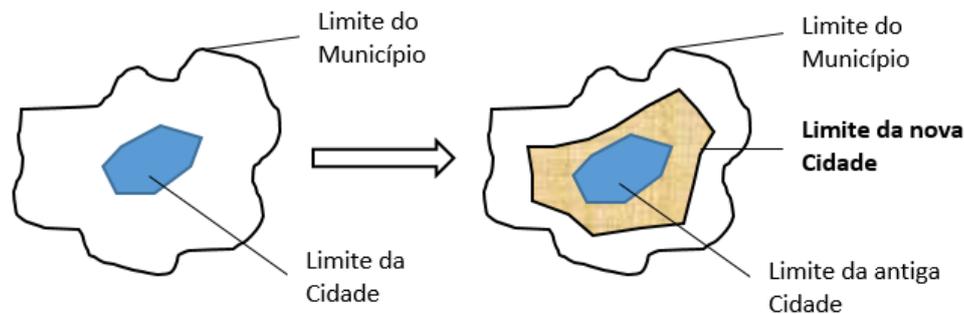


Figura 1: Esquema de expansão urbana (Adaptado de Japiassú e Lins, 2014).

Este processo pode ocorrer através de iniciativas administrativas de gestão do território, mas também pode surgir naturalmente pela pressão do crescimento demográfico. Neste último, pode provocar problemas de carácter ambiental, danificando assim os ecossistemas naturais do território pela ocupação de áreas impróprias.

De acordo com Maloa (2019), a área urbana no território Moçambicano é formada por 23 cidades e 68 vilas, onde dentro desse espaço urbano surgiram mudanças significativas na urbanização e que acabam alterando a paisagem urbana. As alterações promoveram o aparecimento de novas configurações urbanas (condomínios e edifícios verticais luxuosos) e também novos bairros cada vez mais distantes dos centros urbanos, com ausência de serviços públicos essenciais.

Ainda de acordo com Maloa (2019), são definidos três (3) características da urbanização moçambicana, nomeadamente:

- (i) Dualidade urbana, onde por um lado, se verificam bairros configurados em plantas ortogonais, com edifícios verticais, redes de serviços, comércio, saneamento básico, abastecimento de energia elétrica, água potável, telecomunicações etc., do outro lado, bairros estruturados em habitações horizontais, precárias em infraestruturas e serviços urbanos.
- (ii) Ruralidade no urbano, que se compõe de população de baixa renda, principalmente aqueles que migram dos espaços rurais para os espaços urbanos a procura de sobrevivência, como forma de lidar com a difícil vida urbana, e acabam adaptando atitudes, hábitos e comportamentos rurais.
- (iii) Informalidade, no que diz respeito a forma de acesso a terra urbanizada. Sendo que a mesma decorre de suas formas, a partir de reconhecimento a partir da ocupação de boa-fé e normas costumeiras e a segunda através da submissão de manifestações do aproveitamento de terra urbanizada e indicado o tipo de edifício que pretendem erguer. Este último, por vezes torna caro o acesso a terra urbana para a população, principalmente de baixa renda, originando deste modo, casos de ocupações informais.
- (iv) Crescimento demográfico, influenciado pelo êxodo rural e pelas altas taxas de natalidade. Segundo Araújo (2001), citado pelo Maloa (2019), a população urbana entre as décadas de 1980 e 1990, cresceu 15%, apresentando em 1997, um total de 29,2% e com uma projeção de taxa de crescimento demográfico de 50% até ao ano de 2025.

A maneira pela qual o território se expande, supra mencionada, referente a ampliação do tecido urbano é denominado pela literatura como sendo crescimento horizontal (Santoro, 2012) citado por Japiassú e Lins (2014).

Em contraposição ao crescimento horizontal, tem-se o crescimento vertical, que amplia a cidade para cima, daí a apropriação do espaço urbano sem ser um pedaço de terra. Este crescimento, trata do aumento do gabarito das edificações, possibilitando abrigar mais pessoas e mais actividades utilizando terras com dimensões menores (Japiassú e Lins, 2014).

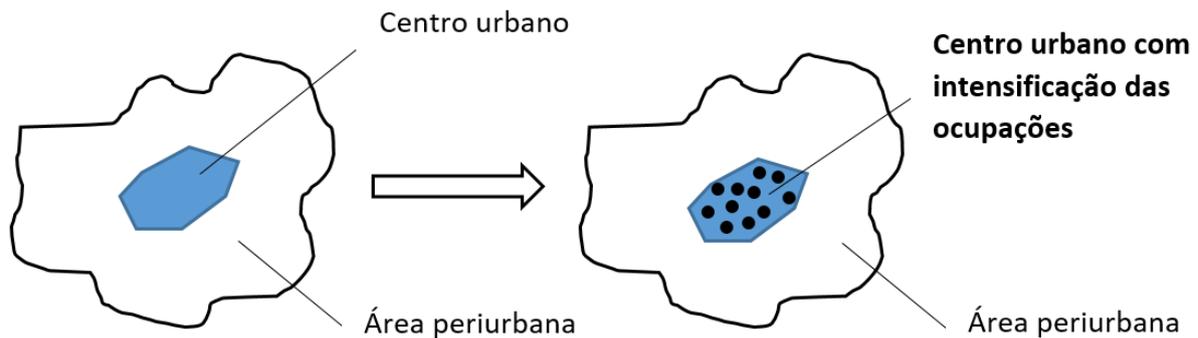


Figura 2: Crescimento urbano vertical (Adaptado de Japiassú e Lins, 2014).

## 4.2. Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de informação geográfica (SIG) foram desenvolvidos inicialmente nos anos 60. A partir dos avanços tecnológicos das ciências da computação e da electrónica, foram desenvolvidos processos e técnicas que permitiram representar e sobrepor documentos cartográficos em mídia magnética. O armazenamento, a recuperação e as análises dos dados espaciais passaram a ser executados em um intervalo de tempo bastante inferior as técnicas analógica tradicional (PEUQUET, 1990) citado por A. Silva (2007).

Os SIG são instrumentos computacionais do geoprocessamento que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bases de dados georreferenciadas e, ainda, tornam possível a automatização da produção de documentos cartográficos (Camara e Medeiros, 1998).

### 4.2.1. Conceitos de Sistemas de Informação Geográfica

Devido a sua diversidade de aplicações, a definição de SIG segundo BURROUGH e McDONELL (1988) citado por A. Silva (2007), pode ser dividida em três categorias, reflectindo cada uma à sua maneira a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia, nomeadamente:

- Baseada em ferramentas: SIG é um poderoso conjunto de técnicas e procedimentos capazes de colectar armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais do mundo real (BURROUGH e McDONELL, 1988);

- Baseada em bases de dados: SIG é uma base de dados indexadas espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais (SMITH et al., 1987);
- Baseada em estruturas organizacionais: SIG é um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de respostas a problemas (COWEN, 1988).

Desta forma, ao trabalhar com as relações espaciais ou lógicas, os SIG tendem a evoluir do descritivo para o prognóstico. Em vez de simplesmente descrever elementos ou fatos, podem traçar cenários e fazer simulações com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas (MOURA, 2003) citado por A. Silva (2007).

Nesta perspectiva e considerando os autores acima citados, para efeitos do presente trabalho têm-se SIG como sendo o conjunto de ferramentas que através de uma estrutura organizacional relaciona base de dados espaciais de modo a representar elementos ou prever senários em um determinado espaço geográfico.

#### **4.2.2. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica**

De acordo com Davis e Camara (1999), devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionários (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilização de SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos;
- Como uma base de dados geográficas, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

#### 4.2.3. Características de Sistemas de Informação Geográfica

Para Davis e Camara (1999), são apresentadas duas principais características de SIGs dada a sua multiplicidade de usos e visões interdisciplinares de sua utilização:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Importa discriminar os conceitos de dados espaciais e dados geográficos, sendo que, para Ferreira (2006), os dados espaciais são definidos como sendo qualquer tipo de dado que descrevem fenómenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial, sendo que, os dados geográficos são definidos como dado espacial cuja dimensão espacial esta associada à sua localização na superfície da Terra num determinado instante ou período de tempo.

Desta forma, Ferreira (2006), defende ainda que quando se tem um elemento com um sistema de coordenadas local, que não esteja directamente relacionada com coordenadas geográficas, quando mapeados sobre este sistema de coordenadas local, todos os dados deste objecto serão dados espaciais, por outro lado, se essas coordenadas locais forem transformadas em coordenadas geográficas ou ainda para coordenadas de algum sistema de projecção cartográfica, os dados do elemento serão considerados dados geográficos.

#### 4.2.4. Estrutura de Sistemas de Informação Geográfica

Os SIGs possuem elementos indispensáveis para a realização de suas funções, nomeadamente, o hardware e o software. O hardware é o componente físico (a máquina), o elo de comunicação entre os usuários e o software (o programa). De acordo com Druck *et. al.* (2004), citado por Lago (2021), para que estes softwares específicos para geoprocessamento funcionem adequadamente, devem apresentar as estruturas abaixo:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;

- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob forma de uma base de dados geográfica)

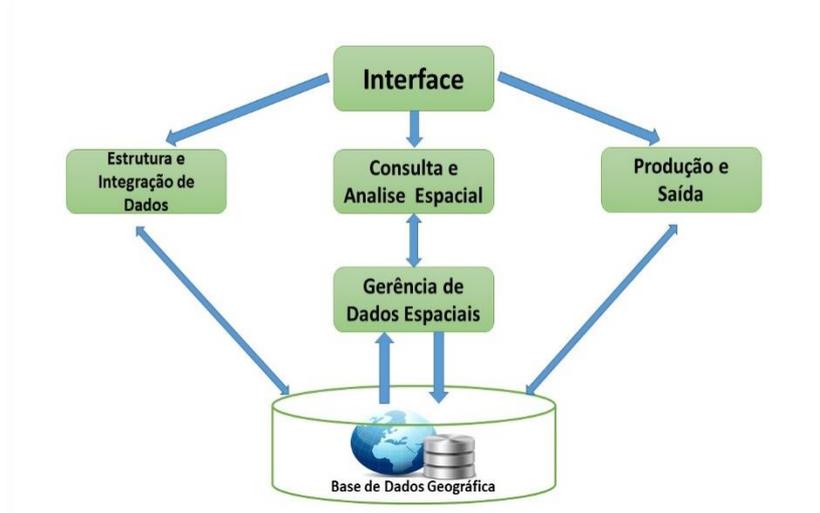


Figura 3: Estrutura geral de sistemas de informação geográfica (adaptado de Davis e Camara, 1999).

#### 4.2.5. Modelo de Dados

A informação do mundo real é codificada e representada através de modelos de dados com localização espacial, georreferenciação e um conjunto de descrições quantitativas e qualitativas. De acordo com Soares (2000), a representação dos elementos geográficos pode ter um formato vectorial (vector) ou matricial (raster).

Cavalcante e Silva (2015) afirma que no modelo de dados vectorial o espaço é ocupado por uma série de entidades (pontos, linhas e polígonos), descritas pelas suas propriedades e características segundo um sistema de coordenadas geométricas. Os objectos são estáticos e tem fronteiras bem definidas, sendo possível a utilização de objectos compostos e associados de tipologia.

Pestana (2021), também defende que o formato vectorial apresenta três tipos básicos de elementos utilizados nos mapas para modelar todos os objectos do mundo real:

- Pontos: definem localizações discretas de elementos geográficos demasiadamente pequenos para serem descritos como linhas ou polígonos.

- Linhas: são definidas como um conjunto ordenado de pontos interligados por segmentos de recta ou por linhas e são utilizados na representação de objectos sem largura suficiente para serem considerados polígonos.
- Polígonos: são definidos como um conjunto ordenado de pontos interligados, em que o primeiro ponto e o último coincidem, utilizando quase sempre na representação de zonas que possuem uniformemente uma dada propriedade; ou sela, figura fechada, cujos limites encerram uma área homogenia.

Já a estrutura matricial consiste em uma matriz bi-dimensional, que pode ser matematicamente definida como sendo uma função; composta por linhas e colunas, onde cada elemento desta estrutura contém um número inteiro ou real, podendo ser negativo ou positivo (Ferreira, 2015).

Cada elemento da estrutura matricial recebe o nome de célula ou pixel e pode representar qualquer elemento do mundo real, por exemplo temperatura (pode conter valores positivos para regiões quentes ou negativos para regiões extremamente frias), altitudes (valores positivos para locais acima do nível médio das águas do mar, ou negativos para os locais abaixo do nível médio das águas do mar), etc (Ferreira, 2015).

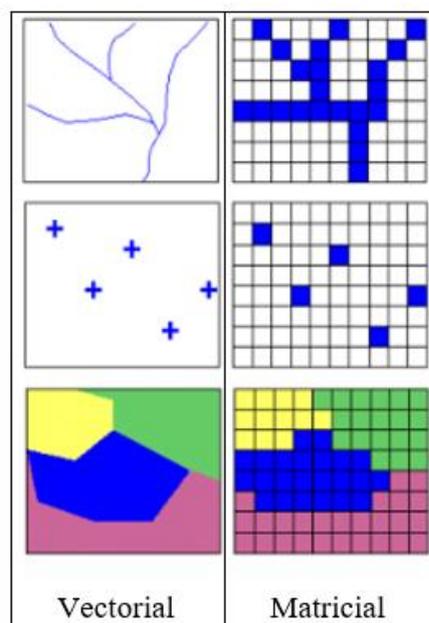


Figura 4: Modelo de dados, vectorial e matricial (Adaptado de Cavalcante e Silva, 2015).

A análise das vantagens e desvantagens de cada um dos modelos segundo Caeiro (2013), tem sido algo de discussão pela comunidade científica ligada a estas questões. No entanto, de acordo com Painho e Corvelo (2008), por um lado, os modelos matriciais são mais detalhados

e muito estruturados, permitido obter dados com muita precisão se a recolha dos dados e introdução no SIG tenha sido correcta e adequada ao objecto. Por outro lado, ainda segundo o mesmo autor, a estrutura de dados vectorial é mais rápida e eficiente, menos repetitiva e os vectores vão directos ao amago das características geográficas das entidades que representam.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens de modelo raster e vectorial (Cavalcante e Silva, 2015).

<b>Tipo de dado</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
<b>Matricial (Raster)</b>	Estrutura de dados simples; Compatível com dados obtidos por scanner ou sensor remoto; Procedimentos simples de análise espacial.	Requer grande espaço de armazenamento; Dependendo da resolução do pixel o produto final pode não ser satisfatório; Transformação de sistemas de projecção mais complexa; Maior dificuldade para representar relações topológicas.
<b>Vectorial</b>	Requer pouco espaço de armazenamento; Facilita na representação das relações topológicas; Produto final superior aos produzidos manualmente; Permite a criação de overlays sobre imagens	Estrutura de dados mais complexos; À prior não é compatível com dados obtidos por sensores remotos; Software e hardware necessários são frequentemente mais caros; Análise espacial é mais complexa.

#### 4.2.6. Classificação de Sistemas de Informação Geográfica

A sua classificação é segundo Pestana (2021), composta três grupos distintos, separados segundo o critério de requisitos para o processo de desenvolvimento de um SIG e os mesmos são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 2: Classificação de SIG (Pestana, 2021).

<b>Grupo</b>	<b>Objectivo</b>
SIG para suporte a decisão	Tipicamente usados em problemas de planeamento e gestão; Partilha muitas características dos sistemas de apoio a decisão; Requerem o desenvolvimento de ambientes espacialmente adequados à resolução de problemas, em que a integração de muitos produtos informáticos e a criação de interfaces homem-máquina simples e potentes se colocam como questões centrais; Destina-se a objectivos que não se encontram completamente definidos quando o sistema é criado.
SIG operacionais	Resolução de problemas bem definidos que ocorrem com carácter repetitivo; Caracterizam-se por suportar diversos tipos de funcionalidades, particularmente, para organizar e armazenamento de dados e para obtenção de dados pré-definidos; Solucionar problemas nas áreas de gestão e análise de redes de infraestruturas, de cadastro e registo de propriedades, etc.

---

SIG operacionais com requisitos de tempo real

Distinguem-se pelas frequentes alterações de dados e por envolverem muitos factores com características temporais fundamentais;  
Destinam-se a resolver problemas de carácter global e de monitoria de redes;  
Utiliza modelos complexos e base de dados volumosos, com recurso a alta tecnologia.

### **4.3.Análise Multicritério**

A análise multicritério que se propõe para o estudo criterioso e tomada de decisão sobre o potencial de expansão urbana é o Método de Processo de Hierarquia Analítica (Analytic Hierarchic Process, AHP).

Este método, permite a utilização de dados quantitativos e/ou qualitativos mensuráveis, sejam estes tangíveis ou intangíveis, na análise de critérios.

Segundo Jordão e Pereira (2006), o método AHP teve a sua origem datada de 1971, quando o Dr. Thomas L. Saaty trabalhava no Departamento de Defesa dos Estados Unidos, tendo desenvolvido em 1972 um estudo para o NFS sobre o racionamento de energia para indústrias. No mesmo ano, o Dr. Saaty criou a escala que relaciona as opiniões aos números (escala de Saaty), em 1973 chegou a sua maturidade aplicativa com o Estudo dos Transportes do Sudão e entre 1974 e 1978 teve um grande enriquecimento teórico.

Segundo Gomes e Bias (2018) o método AHP pode ser considerado como o mais conhecido e utilizado no auxílio para a tomada de decisões mais complexas sendo que auxilia de forma mais compreensiva a criação de hierarquias, critérios e metas.

De acordo com Costa (2004), o método AHP, objectiva a selecção ou escolha de alternativas, em um processo que considere diferentes critérios de avaliação. Ainda segundo Costa (2004), este método está baseado em três princípios de pensamento analítico:

Construção de hierarquias - No AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos, como forma de buscar uma melhor compressão e avaliação do mesmo. A construção de hierarquias é uma etapa fundamental no processo de raciocínio humano. No exercício desta actividade identificam-se os elementos chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins, os quais são alocados em camadas específicas.

Definição de prioridades - O ajuste das prioridades no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objectos e situações observadas, comparando pares a luz de um determinado foco ou critério (julgamentos paritários).

Consistência logica - No AHP, é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência.

A definição de prioridades descrita pelo Costa (2004) pressupõe a criação de matrizes de preferência para cada critério, onde segundo Jordão e Pereira (2006) depois de se ter construído a hierarquia, deve-se fazer uma comparação par a par, de cada elemento no nível hierárquico dado, criando-se uma matriz de decisão quadrada. Ainda segundo Jordão e Pereira (2006), nessa matriz, o pesquisador que participara da avaliação, representará a partir de uma escala predefinida de comparação binaria entre os elementos comparados, sob o enfoque de um elemento de nível imediatamente superior. As comparações par-a-par são realizadas em todos níveis hierárquicos e a escolha das alternativas é realizada utilizando uma escala que varia de 1 a 9, denominada, escala fundamental de Saaty (1991).

Tabela 3: Escala fundamental de Saaty (Saaty, 1991)

<b>Intensidade de importância em escala absoluta</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
<b>1</b>	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
<b>3</b>	Importância moderada de um em relação ao outro	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra
<b>5</b>	Importância essencial ou forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra
<b>7</b>	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio é demonstrado na prática
<b>9</b>	Extrema importância	A evidência que favorece uma atividade em detrimento de outra é da mais alta ordem de afirmação possível
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre os dois julgamentos adjacentes	Quando o compromisso é necessário

Segundo Bertahone e Brandalise (s/a) citando Gomes, Araya e Carignano (2004), o decisor quando comparar dois elementos deve buscar responder as seguintes perguntas: qual dos dois elementos contribui mais para ocorrer o outro? Quantas vezes um elemento contribui mais que o outro? Desta forma, uma matriz será gerada conforme ilustrado a seguir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde:}$$

$$a_{ij} > 0 \Rightarrow \textit{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \Rightarrow \textit{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \Rightarrow \textit{consistência}$$

Equação 1: Matriz AHP (Bertahone e Brandalise, s/a)

Ainda para Bertahone e Brandalise (s/a), a quantidade de julgamentos necessários para a consistência de uma matriz de julgamento genérica é, onde  $n$  é o número de elementos pertencentes a esta matriz.

#### 4.4. Expansão Urbana usando Sistema de Informação Geográfica

Costa et al. (2012) afirma que a urbanização é encarada como um fator modificador da paisagem que a altera negativamente degradando os recursos naturais e resultando na perda da qualidade ambiental. Sendo assim, as novas expansões devem ser direcionadas a áreas passíveis de serem ocupadas, partindo de um ordenamento territorial, a fim de afetar minimamente a dinâmica ecossistêmica, sem riscos ou prejuízos ao ambiente e a sociedade (Ribeiro et al., 2020).

O planejamento urbano representa uma das principais áreas de aplicação de Sistemas de Informação Geográfica, sendo responsável pelo controle e organização das cidades (Aguilar e Medeiros, 1996).

De acordo com Dias, Gomes e Goes (2004) citando Anjos (1996) defende que o uso de tecnologias de processamento de informação geográfica permite representar os agentes estruturais com interferência na expansão do conjunto urbano e monitora a evolução espacial dos parcelamentos urbanos, principalmente agente propulsor do crescimento urbano.

Os SIGs possuem um alto desempenho na integração de informações espaciais, o que permite a execução de actividades relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planeamento ambiental e urbano, assim como auxílio em actividades de simulação do espaço geográfico e de seus processos aturais (Ribeiro, 1999).

#### **4.5. Análise Multicritério com recurso a Sistema de Informação Geográfica**

Rodrigues et al. (s/d) defendem que os SIGs parecem ser a plataforma ideal para a aplicação da técnica de avaliação multicritério envolvendo problemas de natureza espacial. Os SIGs e a avaliação multicritério podem beneficiar mutuamente de uma combinação entre as suas áreas de investigação Malczewski (1999) citando por Rodrigues et al.

Ainda segundo o mesmo autor, por um lado, os SIGs oferecem capacidades únicas na automatização, gestão e análise de dados espaciais para a tomada de decisão, têm um papel importante a desempenhar na análise de problemas de decisão multicritério. Por outro lado, a avaliação multicritério oferece uma vasta coleção de técnicas e procedimentos que permitem revelar as preferências de decisores e incorpora-las em tomadas de decisão baseada num SIG.

De acordo com Garcia e Filho (2019) os SIGs permitem criar um modelo do mundo real ao integrarem dados de naturezas diversas, voltados para uma aplicação em particular. Neste sentido ainda segundo o mesmo autor citando Castro et al. (2015), ao usar a ferramenta SIG como tomada de decisão, um dos métodos utilizados é a análise multicritério. A partir do levantamento e da análise dos condicionantes que influem nos factores, são determinados os critérios que auxiliam na tomada de decisão.

De acordo com Barros e Marques (s/d), os sistemas de informação geográfica estão sendo utilizados no planeamento urbano como importante ferramenta na gestão do espaço, devido ao grande poder de automatização de dados espaciais. Os autores citando Silva (2004), defendem ainda que esses sistemas permitem realizar análise multicritério que é um processo de decisão que avalia as áreas com maior adequabilidade para o estudo proposto, num determinado espaço geográfico.

## **CAPITULO V. METODOLOGIA**

### **5.1. Classificação do Estudo**

O presente trabalho, quanto a modalidade da pesquisa classifica-se como sendo bibliográfico, visto que o mesmo recupera o conhecimento científico acumulado sobre um tema ou problema.

Quanto ao objectivo da pesquisa a mesma classifica-se como sendo explicativa, na qual, segundo Rodrigues (2007), visa identificar factores determinantes para a ocorrência dos fenómenos.

Relativamente a forma de abordagem da pesquisa, classifica-se como sendo qualitativa. Neste caso, busca o estudo de aspectos específicos, particulares, aplicado a grupos também específicos, com abordagem bastante ampla, e buscando compreender como as pessoas vêm e se sentem quando estão diante das situações estudadas (Rodrigues, 2007).

### **5.2. Método de Colecta de Dados**

Este trabalho considerou quatro métodos de colecta de dados, designadamente:

Análise Documental - Consistiu na busca, crítica, selecção e consulta de temáticas relacionadas com a expansão urbana, sistema de informação geográfica e análise multicritério, como forma de definir os conceitos aplicados no trabalho e estudar as técnicas de processamento a usar.

Observação Indirecta - Consistiu em colectar dados através da análise do ambiente, sem interferir nele. Neste caso, baseou-se na observação e análise da área de estudo com recurso a imagens de satélite. Este método também permitiu efectuar uma avaliação comparativa do resultado obtido através do relacionamento dos factores com a situação do uso e cobertura do solo actual.

Entrevista – Ao longo do período de estágio na Agencia Nacional de Desenvolvimento Geo-Espacial, foram efectuadas entrevistas não estruturadas aos profissionais das áreas de geografia, sistemas de informação geografia e geologia. Estas foram conduzidas através de uma conversa aberta e exploratória sobre o grau de importância que os factores (altimetria, declividade, uso e cobertura do solo, tipo de solo e diferentes condicionantes ambientais e legais) desempenham entre si, numa comparação pareada considerando a análise hierárquica que o estudo propõe.

Registos Institucionais - De acordo com Forbosa (2008), este método constitui uma das primeiras fontes de dados a ser consideradas e consiste na busca de dados relevantes sobre o caso em estudo nas organizações ou instituições de tutela. Neste sentido, foram usados dados adquiridos no Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção bem como dados do Instituto Investigação Agrária de Moçambique.

### 5.3. Aplicação do Método Análise Multicritério

Baseando-se no uso de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica e técnicas de Análise Hierárquica de Processos (AHP), proposto por Tomas L. Saaty no início da década 70 este método foi usado para o processamento e combinação dos factores altimetria, declividade, uso e cobertura do solo, tipo de solo e diferentes condicionantes ambientais e legais, conforme ilustra o fluxograma metodológico a seguir:

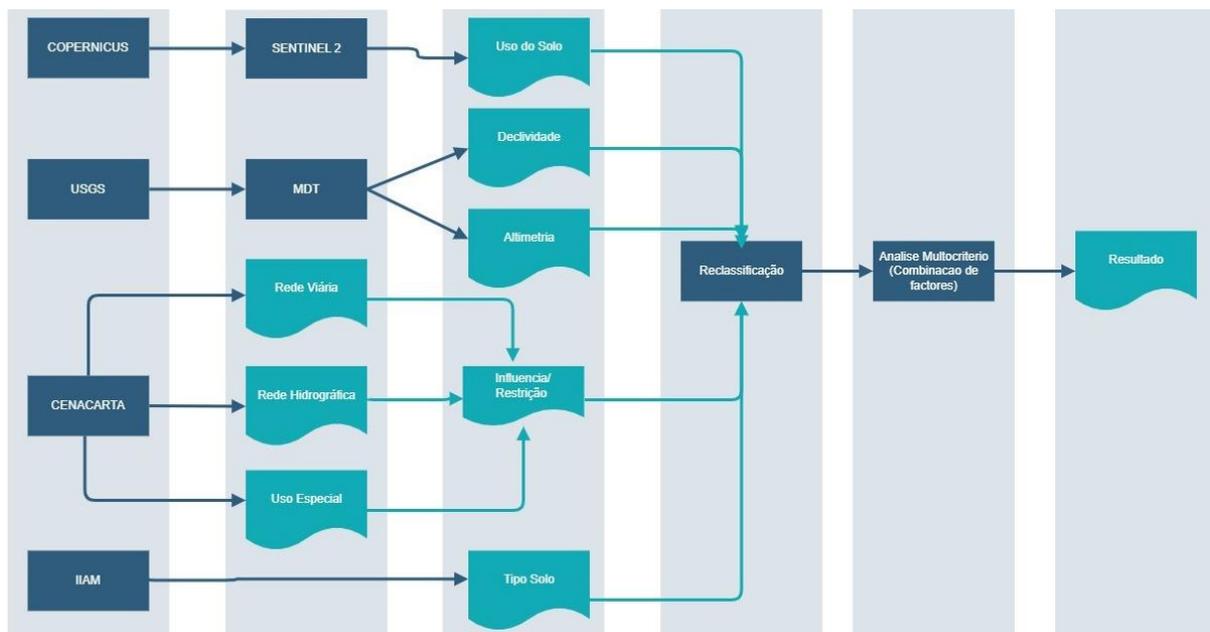


Figura 5: Fluxograma metodológico

### 5.4. Dados Usados

Para elaboração deste trabalho, foram usados dados de diversas fontes, tendo sido usado o software ArcGIS Pro na versão 3.0 para o processamento e produção dos mapas.

Os dados usados foram agrupados nos modelos vectorial e matricial conforme ilustra a tabela a seguir:

Tabela 4: Dados usados

Tipo de Dado	Modelo	Formato	Fonte	Parâmetros
<b>Declividade - DEM</b>	Matricial	<i>Geotiff (.tiff)</i>	USGS	Classes - Observação - Peso - Nível
				0 - 3 - Alto risco de inundação - <b>2 - Inadequado</b> 3 - 5 - Baixo risco de inundação - <b>4 - Adequado</b> 5 - 30 - Propicia a ocupação - <b>5 - Muito adequado</b> 30 - 47 - Ocupação condicionada a estudos específicos - <b>3 - Moderado</b> Acima de 47 - Ocupação proibida - <b>1 - Muito inadequado</b>
<b>Altimetria - DEM</b>	Matricial	<i>Geotiff (.tiff)</i>	USGS	Classes - Observação - Peso - Nível
				-39 - 0 - Área restrita a ocupação humana - <b>1 - Muito inadequado</b> 0 - 2 - Área de inundação - <b>2 - Inadequado</b> 2 - 3 - Área sujeita a estudos - <b>3 - Moderado</b> 3 - 5 - Área adequada - <b>4 - Adequado</b> 5 - 95 - Área muito adequada - <b>5 - Muito adequado</b>
<b>Uso do Solo</b>	Matricial	<i>Geotiff (.tiff)</i>	USGS	Classes - Peso - Nível
				Área de verde natural - <b>5 - Muito adequado</b> Solo Exposto - <b>4 - Adequado</b> Área construída - <b>3 - Moderado</b> Área húmida e inundável - <b>2 - Inadequado</b> Área de verde proteção - <b>2 - Muito Inadequado</b> Corpo de água - <b>1 - Muito inadequado</b>
<b>Limites da área de estudo</b>	Vectorial	<i>Shapefile (.shp)</i>	CENACARTA	
<b>Rede Viária</b>	Vectorial	<i>Shapefile (.shp)</i>	CENACARTA	Classes - Peso - Nível
				Primárias 30 m - <b>1 - Muito inadequado</b> Secundárias 15 m - <b>1 - Muito inadequado</b>
<b>Rede Hidrográfica</b>	Vectorial	<i>Shapefile (.shp)</i>	CENACARTA	Classes - Peso - Nível
				Faixa da orla marítima 100 m - <b>1 - Muito inadequado</b> Faixa de terreno de contorno de barragens e albufeiras 250 m - <b>1 - Muito inadequado</b> Outros cursos de água 50 m - <b>1 - Muito inadequado</b>
<b>Usos especiais</b>	Vectorial	<i>Shapefile (.shp)</i>	CENACARTA	Classes - Peso - Nível
				Faixa de reserva 100 m - <b>1 - Muito inadequado</b>
<b>Tipo de Solo</b>	Vectorial	<i>Shapefile (.shp)</i>	IIAM	Classes - Peso - Nível
				Wpk - <b>3 - Moderado</b> Ab - <b>1 - Muito inadequado</b> Cw1z - <b>3 - Moderado</b> Cw3+Wp - <b>5 - Muito adequado</b> Fe - <b>2 - Inadequado</b> Feh - <b>1 - Muito inadequado</b> Fs2 - <b>5 - Muito adequado</b> Fs2+Fs1 - <b>4 - Adequado</b> Fs3 - <b>3 - Moderado</b> Water - <b>1 - Muito inadequado</b> Wc - <b>4 - Adequado</b> Wc+Cw2 - <b>5 - Muito adequado</b> Wp - <b>5 - Muito adequado</b> Ws+Wc - <b>4 - Adequado</b>

Os dados usados para a análise e determinação das áreas para expansão urbana são de formato matricial e formato vectorial, de onde se descreve a seguinte sequência:

Dados Matriciais: Adquiridos (1) no endereço do Programa de Observação da Terra da União Europeia (Copernicus) <https://dataspace.copernicus.eu/>, imagem satélite Sentinel 2 com resolução espacial de 10 metros, de onde é feita a classificação supervisionada para obtenção do factor uso e cobertura do solo e (2) no endereço do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) <http://earthexplorer.usgs.gov/>, o Modelo Digital do Terreno (MDT) com resolução espacial de 30 metros para uso das altitudes e também para a determinação do factor declividade. Em seguida, e com base na bibliografia relevante para cada estudo de factor, é efectuada a definição de pesos dos critérios e reclassificados em função da escala de indicação da relevância dos fenómenos.

Dados Vectoriais: Os factores recursos hídricos, rede viária e usos especiais, foram extraídas da base cartográfica do Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção (CENACARTA) e sobre eles foi feita o zoneamento de restrição para preservar as áreas de protecção parcial e total segundo a lei de Terras. O factor Tipo de Solo foi obtida no Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) e apresenta a caracterização e composição dos solos. Sobre estes factores, após a reclassificação foi feita a conversão para dados matriciais.

### **5.5. Análise de Dados**

Para efeitos do presente trabalho de identificação de áreas de aptidão para expansão urbana foram consideradas cinco (5) factores, nomeadamente, Uso do solo, Altimetria, Declividade, Tipo de Solo e Restrições.

Os factores foram independentemente processadas e classificadas de acordo com a escala de Likert na qual segundo Cunha (2007), esta escala é composta por um conjunto de frases (itens) em relação a cada uma das quais se pede ao sujeito que esta a ser avaliado para manifestar o grau de concordância desde o discordo totalmente (nível 1), até ao concordo totalmente (nível 5, 7 ou 11).

Com o efeito, para determinação da ocorrência do fenómeno em cada factor de forma escalonada, foram adoptados cinco intervalos da escala de Likert: muito inadequado, inadequado, indiferente, adequado e muito adequado.

## CAPITULO VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1.Processamento de Dados

#### 6.1.1. Uso e cobertura do Solo

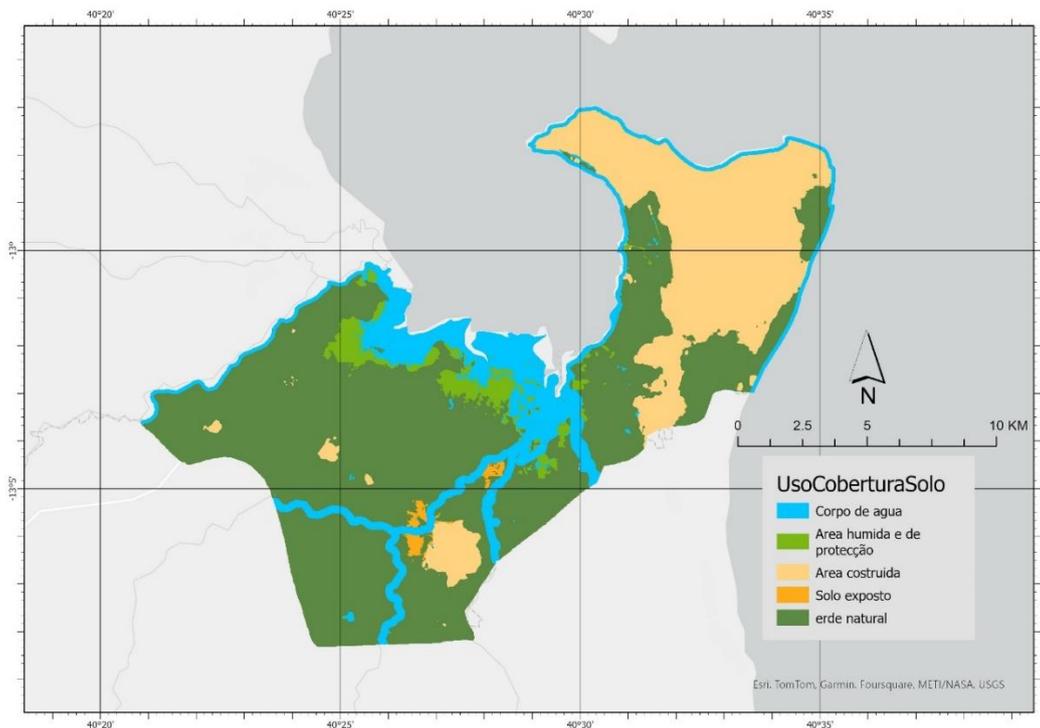
A determinação dos elementos que compõem a superfície do terreno da área de estudo foi baseada na Imagem Satélite Sentinel 2 do ano 2023 obtido no endereço do Programa de Observação da Terra da União Europeia (Copernicus, <https://dataspace.copernicus.eu/> ).

Sobre a imagem satélite adquirida, foi feita a composição das bandas de cores naturais utilizando os canais vermelhos (B4), verde (B3) e azul (B2). Com esta composição de bandas, foi possível constituir uma imagem com a representação natural, sendo que a vegetação saudável é apresentada em verde, áreas urbanas apresentam cor branca e cinza e os corpos de água apresentam uma coloração azul escura.

Seguidamente foi efectuada a classificação supervisionada por máxima verossimilhança (Maxver) que segundo Duarte et al. (1981), baseia-se no cálculo da distância estatística entre cada pixel e a média dos níveis de cinza da classe previamente definida a partir de amostras de treinamento.

Com a classificação foram obtidas as seguintes classes:

- Área de verde natural: constituídos por áreas extensas com vegetação de mato e áreas com aproveitamento agrícola e pecuária.
- Solo exposto: compreende áreas sem nenhum tipo de cobertura do solo.
- Área construída: compreende a extensão territorial onde é possível notar a existência de construções habitacionais, serviços e diversas infraestruturas que garantem a existência de assentamentos humanos.
- Área húmida e inundável: composta por vegetação com mistura de água. Sazonalmente inundada e apresenta uma mistura de arbusto/arvores/solo descoberto. Exemplo vegetação emergente, arrozais e outras culturas fortemente irrigadas e inundadas.
- Área de verde proteção: Agrupamento significativo de vegetação natural de mangal.
- Corpo de água: Área onde há predominância de água podendo ser totalmente ou de forma periódica considerando a sua influência em maior parte do ano. Basicamente não contem vegetação esparsa e nem estruturas construídas, exemplos, rios, lagos, oceanos.

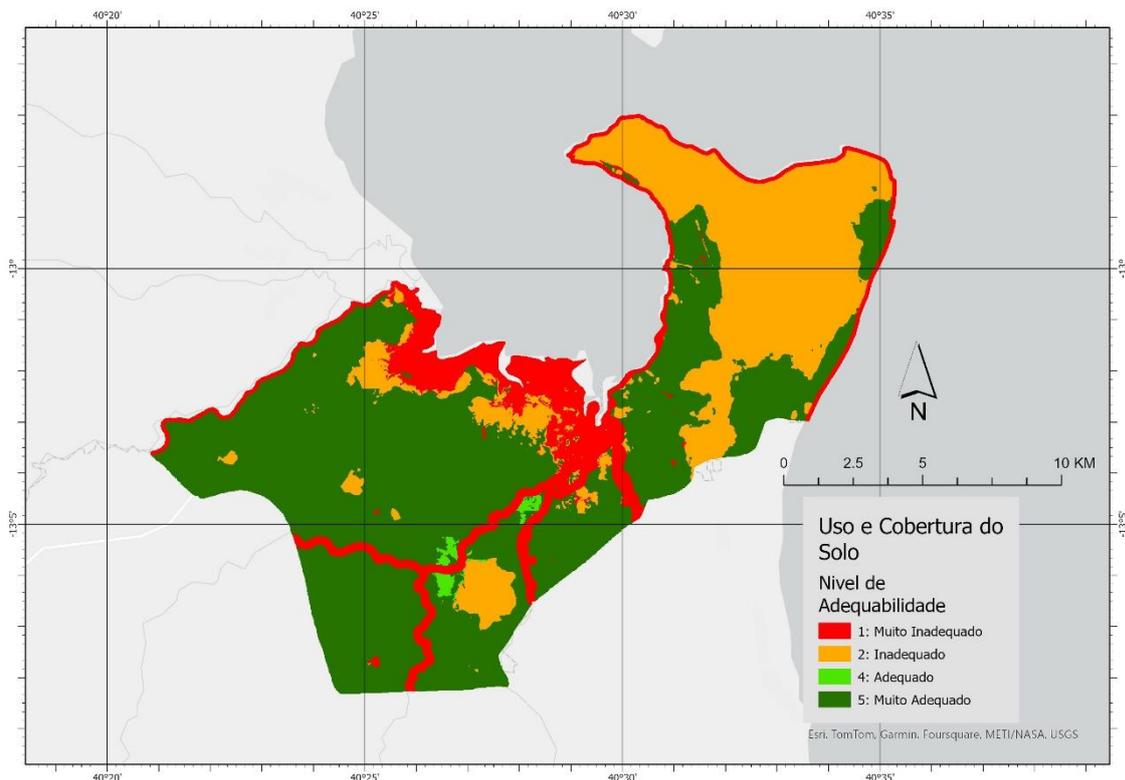


Mapa 2: Uso e Cobertura do Solo

Considerando a classificação supervisionada apresentada no mapa 2 anterior, foi estabelecida a relação dos pesos em relação a sua adequabilidade para a expansão urbana e a mesma é apresentada na tabela e mapa a seguir:

Tabela 5: Classes de uso do solo

<b>Tipo</b>	<b>Peso</b>	<b>Observação</b>
Área de verde natural	5	Muito adequado
Solo Exposto	4	Adequado
Área construída	2	Moderado
Área húmida e inundável	2	Inadequado
Área de verde proteção	1	Muito inadequado
Corpo de água	1	Muito inadequado



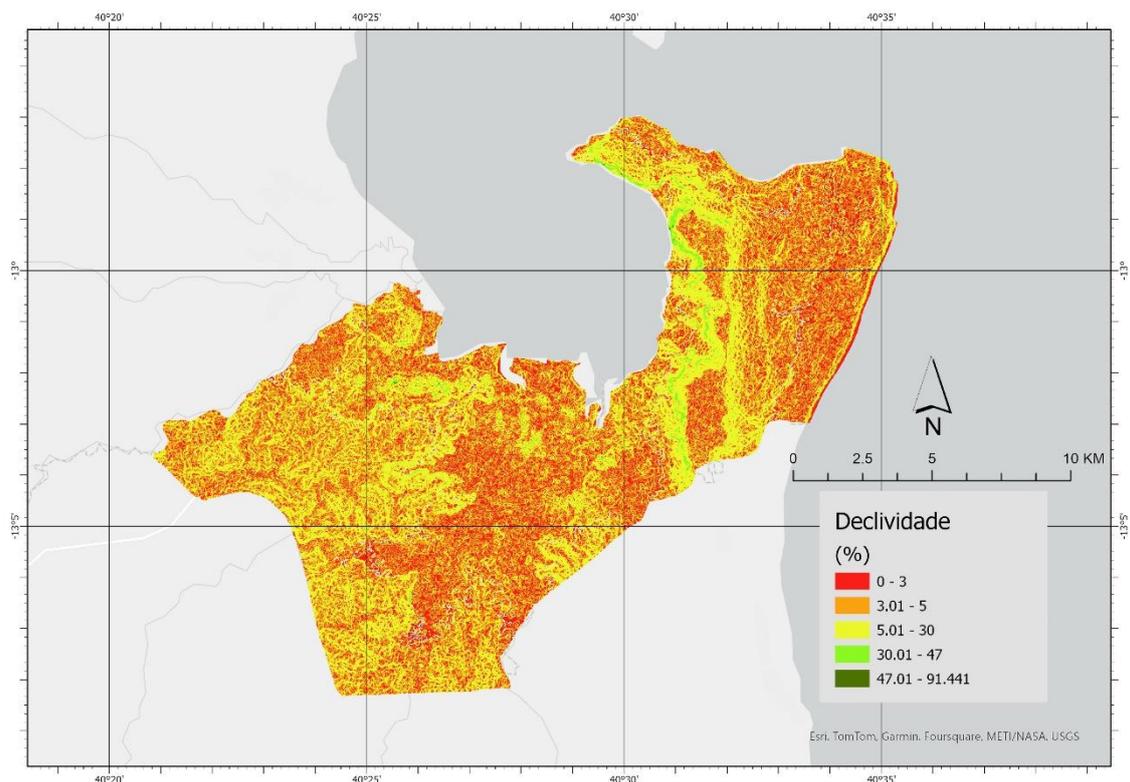
Mapa 3: Mapa de adequabilidade para o uso e cobertura do solo

### 6.1.2. Declividade da Área de Estudo

A declividade pressupõe a representação das inclinações que o terreno apresenta. A mesma é determinada pela relação de diferença de altitude entre dois pontos e a distância horizontal entre eles. Também é chamada de tangente da inclinação da superfície do terreno. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , e também podem ser expressos em percentagem.

Este factor permite a análise das formas do terreno com vista a identificar as áreas suscetíveis a erosão.

Com recurso ao Modelo Digital do Terreno do ano 2014, obtido no endereço da do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov/>) com resolução de 30 metros, foi aplicado o algoritmo de cálculo de declives disponível na caixa de ferramentas do ArcGIS Pro para obter o factor declividade expressa em percentagem.



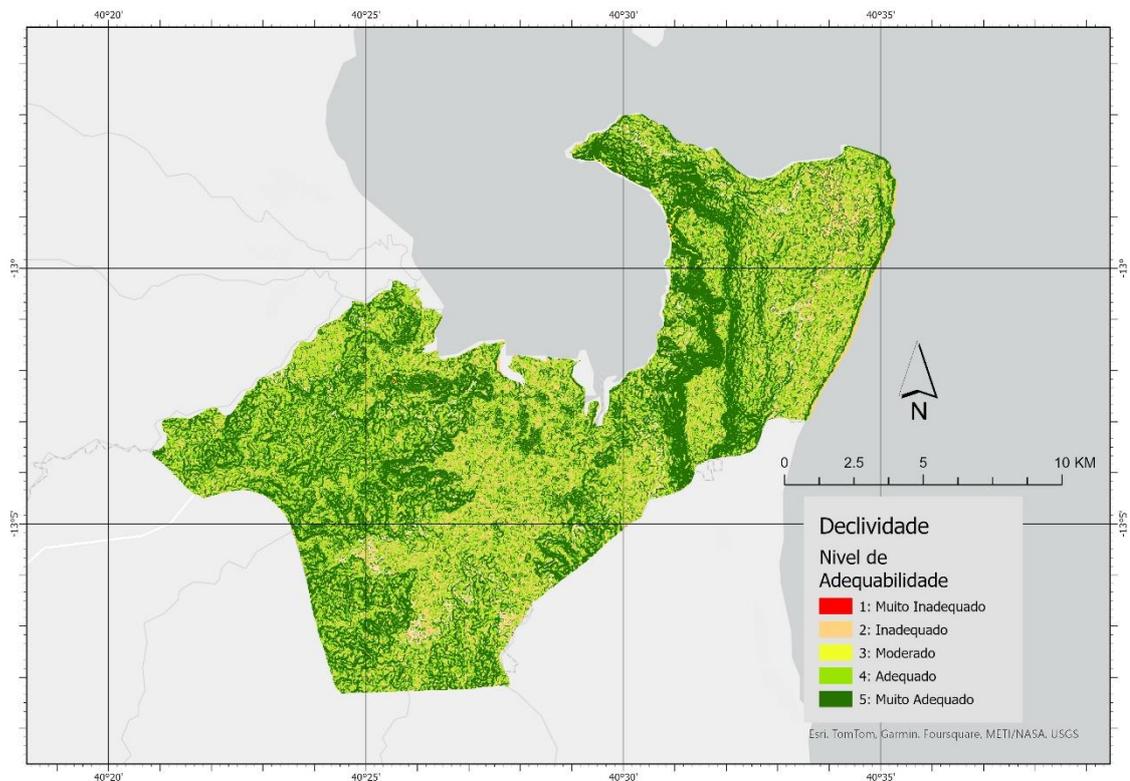
Mapa 4: Declividade

Seguidamente, foi feita a reclassificação da declividade em classes e respectivos pesos tendo como base a Lei Federal n 6.766 de 19 de Dezembro de 1979 (Brasil, 1979), que determina os parâmetros de parcelamento do solo.

Tabela 6: Classes de declividade

<b>Classes de Declividade (%)</b>	<b>Peso</b>	<b>Observação</b>
0 – 3	2	Alto risco de inundação
3 – 5	4	Baixo risco de inundação
5 – 30	5	Propicia a ocupação
30 – 47	3	Ocupação condicionada a estudos específicos
Acima de 47	1	Ocupação proibida

O mapa de declividade apresenta gradiente de cores e foi concebido através da reclassificação conforme expresso na tabela anterior.

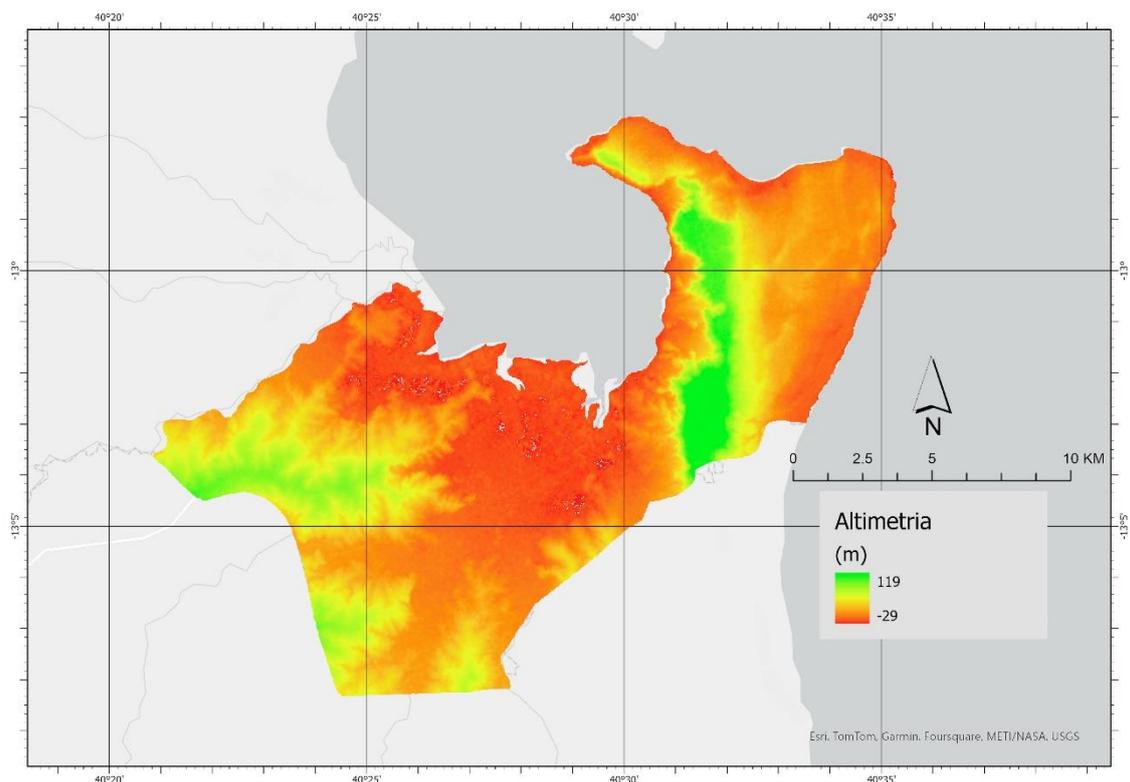


Mapa 5: Mapa de adequabilidade para a declividade

### 6.1.3. Altimetria da Área de Estudo

Para a determinação de classes e pesos das diferentes altitudes que o terreno apresenta, teve-se também como base o Modelo Digital de Terreno de 2014, obtido no endereço do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov/>) com resolução de 30 metros.

A área de estudo é caracterizada por altitudes que variam entre -29 a 119 metros tal como ilustra o mapa a seguir:

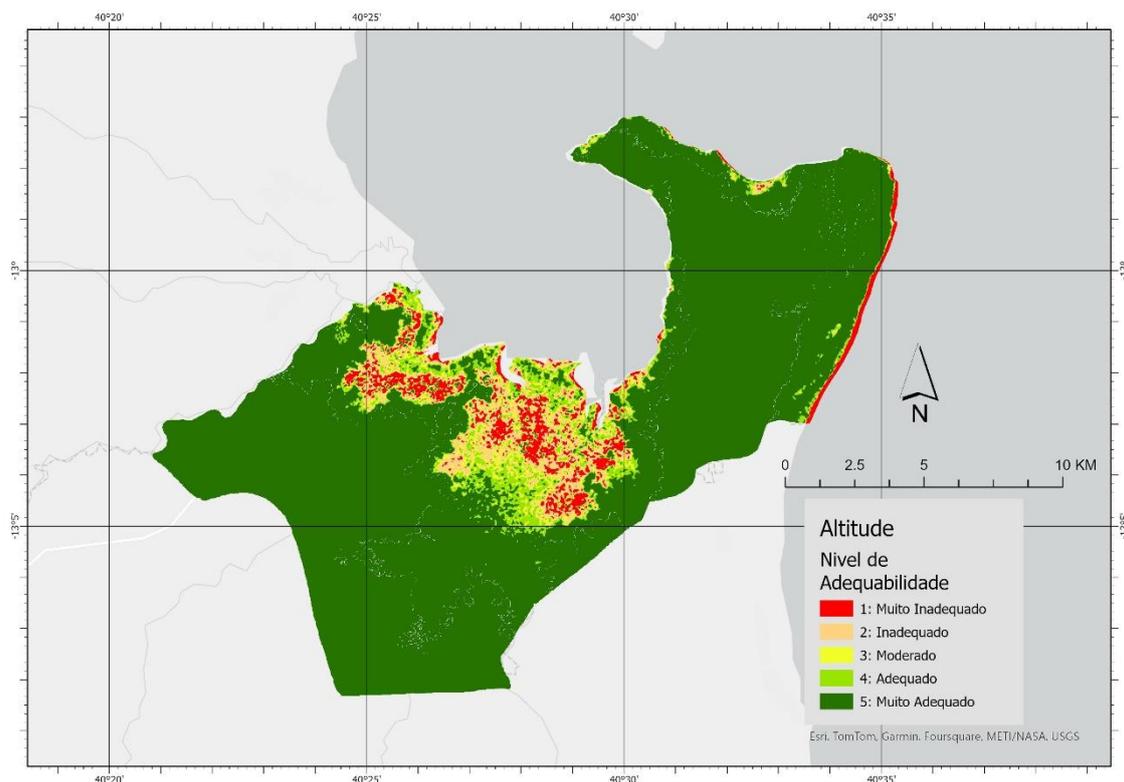


Mapa 6: Altimetria

Seguidamente foi feita a classificação e houve a necessidade de atribuir maior importância as cotas positivas progressivamente até a cota máxima.

Tabela 7: Classes de altitude

<b>Classes de Altitude (m)</b>	<b>Peso</b>	<b>Observação</b>
-29 - 0	1	Área restrita a ocupação humana
0 - 2	2	Área de inundação
2 - 3	3	Área sujeita a estudos
3 - 5	4	Área adequada
5 - 119	5	Área muito adequada



Mapa 7: Mapa de adequabilidade para a altitude

#### 6.1.4. Restrições da Área de Estudo

As áreas de restrições são constituídas pelas áreas de faixa de proteção parcial ou total definida pela lei Moçambicana e incide sobre a rede viária, rede hidrográfica e locais de uso especial nomeadamente, aeroporto e áreas militares.

#### 6.1.5. Rede Viária da Área de Estudo

Para efeitos de determinação das áreas de restrição em relação a rede viária, foi usada como base a legislação Moçambicana que estabelece as áreas de proteção parcial em relação aos diferentes níveis de vias. O Artigo 8 da Lei n 19/97 de 1 de Outubro, Lei de Terras, estabelece as larguras das zonas de proteção parcial para as diferentes categorias de estradas classificadas, variando de 15m a 50m conforme os casos. Para o cenário da presente factor, considera-se como sendo áreas improprias para novas ocupações todas aquelas que se encontram dentro da

delimitação da faixa de proteção parcial. A área de estudo é atravessado pelas vias de nível primário e secundário, conforme a tabela que se segue:

Tabela 8: Classes de rede viária

<b>Classificação das vias</b>	<b>Limite de Proteção Parcial (m)</b>	<b>Observação</b>
Primárias	30	Muito inadequado
Secundárias	15	Muito inadequado

### **6.1.6. Rede Hidrográfica**

As áreas de restrição hidrográfica foram também determinadas com base no Artigo 8 da Lei n 19/97 de 1 de Outubro, Lei de Terras, que estabelece os limites das áreas de proteção em relação aos diferentes cursos hidrográficos que atravessam a área de estudo. Pelo que, considera-se como sendo área não favorável para ocupação urbana, toda aquele que se encontra dentro dos limites da faixa de proteção parcial.

Tabela 9: Classes de rede hidrográfica

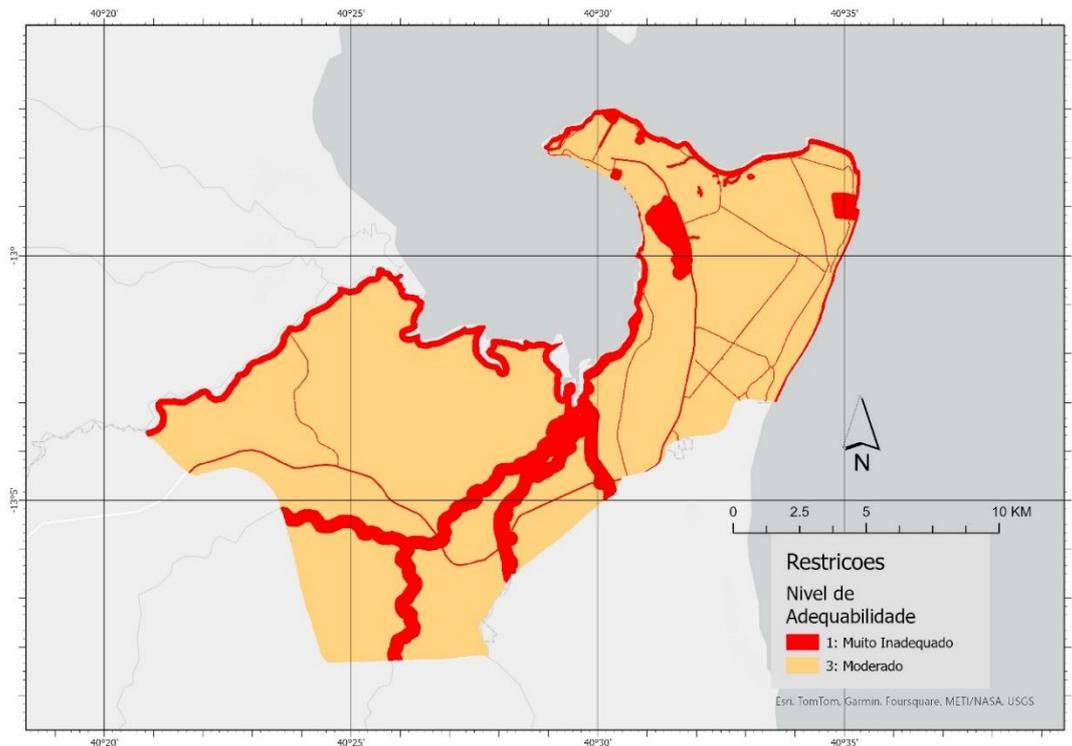
<b>Classificação</b>	<b>Limite de Proteção Parcial (m)</b>	<b>Observação</b>
Faixa da orla marítima	100	Muito inadequado
Faixa de terreno de contorno de barragens e albufeiras	250	Muito inadequado
Outros cursos de água	50	

### **6.1.7. Usos Especiais**

As áreas de usos especiais compreendem as áreas militares e aeroportuárias sendo que sobre estes locais o limite de faixa de proteção parcial é de 100 metros segundo a legislação Moçambicana.

Tabela 10: Classes de usos especiais

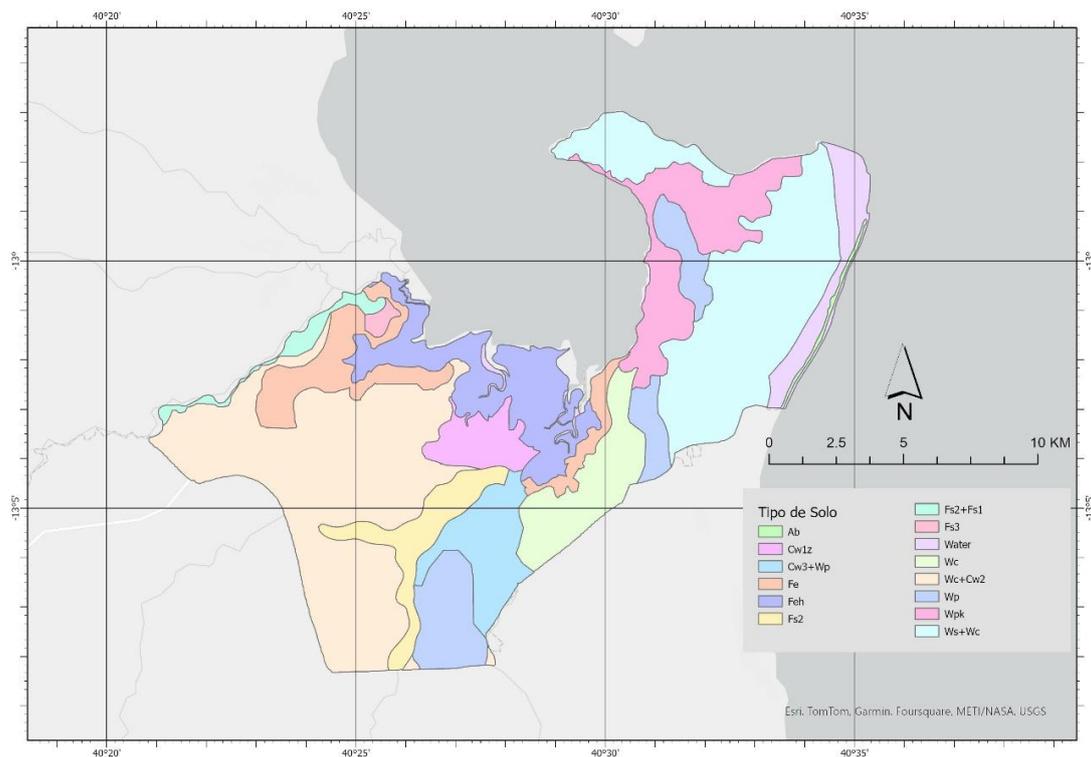
<b>Classificação</b>	<b>Limite de Proteção Parcial (m)</b>	<b>Observação</b>
Faixa de reserva	100	Muito inadequado



Mapa 8: Mapa de adequabilidade para as restrições

### 6.1.8. Tipo de Solos

A área de estudo é caracterizada por cinco características de tipo de solo, nomeadamente, Solos derivados de grés vermelho, solos de dunas costeiras, solos de sedimentos marinhos estuarinos, solos pouco profundos sobre rocha não calcária e Solos de aluviões estratificados de textura grossa.

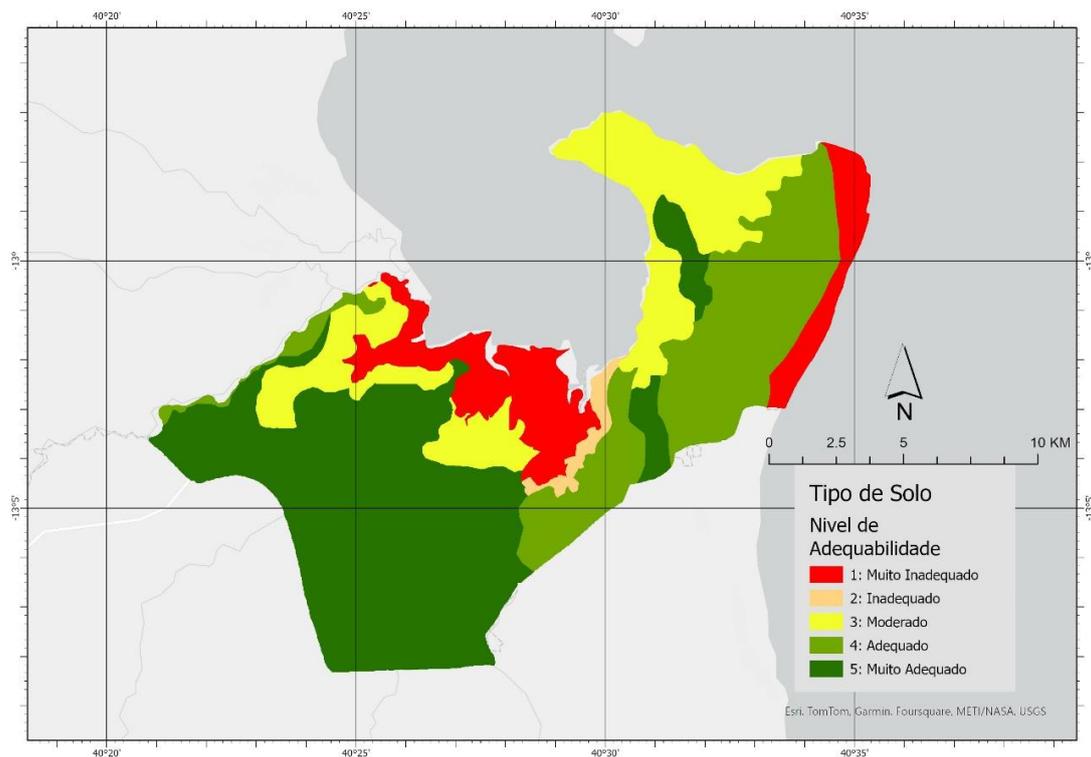


Mapa 9: Tipo de Solo

Sobre as classes do tipo de solo, foi efectuada a classificação em relação a sua adequação a ocupação urbana:

Tabela 11: Classes de tipo de solo

Tipo	Peso	Observação
Wpk	3	Moderado
Ab	1	Muito inadequado
Cw1z	3	Moderado
Cw3+Wp	5	Muito adequado
Fe	2	Inadequado
Feh	1	Muito inadequado
Fs2	5	Muito adequado
Fs2+Fs1	4	Adequado
Fs3	3	Moderado
Water	1	Muito inadequado
Wc	4	Adequado
Wc+Cw2	5	Muito adequado
Wp	5	Muito adequado
Ws+Wc	4	



Mapa 10: Mapa de adequabilidade para o tipo de solo

## 6.2. Desenvolvimento do método AHP

Após a padronização dos pesos em cada um dos factores em função das respectivas condicionantes, através de técnicas de Processo de Hierarquia Analítica é estabelecida a comparação pareada (par-a-par) com os julgamentos. Para o cálculo das matrizes e estabelecimento dos índices de importância para os factores, os julgamentos tiveram em conta a intensidade de importância segundo a escala de Saaty (1991) apresentado na tabela 3.

Tabela 12: Matriz de comparação pareada dos factores

	Altitude	Cobertura do Solo	Tipo Solo	Declividade	Restricoes
Altitude	1.00	0.33	0.50	0.33	0.50
Cobertura do Solo	3.00	1.00	2.00	3.00	0.50
Tipo Solo	2.00	0.50	1.00	0.50	0.50
Declividade	3.00	0.33	2.00	1.00	0.50
Restricoes	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00

Na sequência, foi calculado o autovector, que segundo Garcia e Filho (2019) citando Abreu (2000), expressa as importâncias relativas de cada peso. Aida de acordo com Garcia e Filho (2019) citando Faria (2011), o cálculo do autovector consiste em três etapas:

- Na primeira etapa é feita a soma total dos elementos de cada coluna da matriz de comparação pareada.
- Na segunda etapa realiza-se a normalização relativa dos pesos por meio da divisão de cada elemento da matriz pela soma total da respectiva coluna, onde a soma resulta em 1.
- Por fim, na última etapa é calculada a média aritmética de cada linha da matriz gerando o autovector. Com o autovector calculado foi possível determinar a ordem de prioridade dos critérios comparados.

De acordo com os mesmos autores, após o cálculo do autovector, deve-se determinar a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos. Neste sentido, o procedimento inicia com o cálculo do autovalor máximo ( $\lambda_{max}$ ), no qual, o seu valor quanto mais próximo da ordem ( $n$ ) da matriz de comparação pareada, mais consistente será o resultado (Saaty, 1990).

$$\lambda_{max} = D \times W$$

Equação 2: Autovalor máximo (Garcia e Filho, 2019)

Onde:  $W$ : Autovector normalizado;

$D$ : Soma das colunas da matriz de comparações para cada critério.

De seguida é feito o cálculo do autovalor máximo, calcula-se o Índice de Consistência (IC). De acordo com Faria (2011) citado por Garcia e Filho (2019) o índice de consistência de matriz de comparação pareada indica o quanto está afastado do valor teórico esperado.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$$

Equação 3: Índice de Consistência (Garcia e Filho, 2019).

Onde:  $\lambda_{max}$ : Autovalor máximo;

$n$ : Ordem da matriz de comparação pareada.

Como ultimo procedimento, é calculado a Razão de Consistência (RC) comparando o Índice de Consistência (IC) com o Índice Randômico (IR) para determinar se o grau de consistência é satisfatório. Neste caso, o IR representa o valor que seria obtido em uma matriz de comparações pareadas em que não fossem realizados julgamentos lógicos, simplesmente preenchendo-se os elementos com valores aleatórios.

Deste modo, Saaty (1991) propõe uma tabela com os Índices Randômicos (IR) de matrizes de ordem 1 a 15 calculados em laboratório, conforme apresentado na figura a seguir:

Tabela 13: Valores do IR em função da ordem da matriz (adaptado de Saaty, 1991).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Para Garcia e Filho (2019) a RC permite analisar o grau de violação da proporcionalidade e transitividade dos julgamentos do decisor. Este valor é aceitável quando menor ou igual a 0.1 ( $RC \leq 0.1$ ). Para valores maiores que 0.1 ( $RC > 0.1$ ) os julgamentos da matriz de comparação pareada devem ser revistos, buscando torna-los consistentes (Saaty, 1990) citado por Garcia e Filho (2019).

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Equação 4: Razão de Consistência (Garcia e Filho 2019).

Tabela 14: Matriz de Razão de Consistência

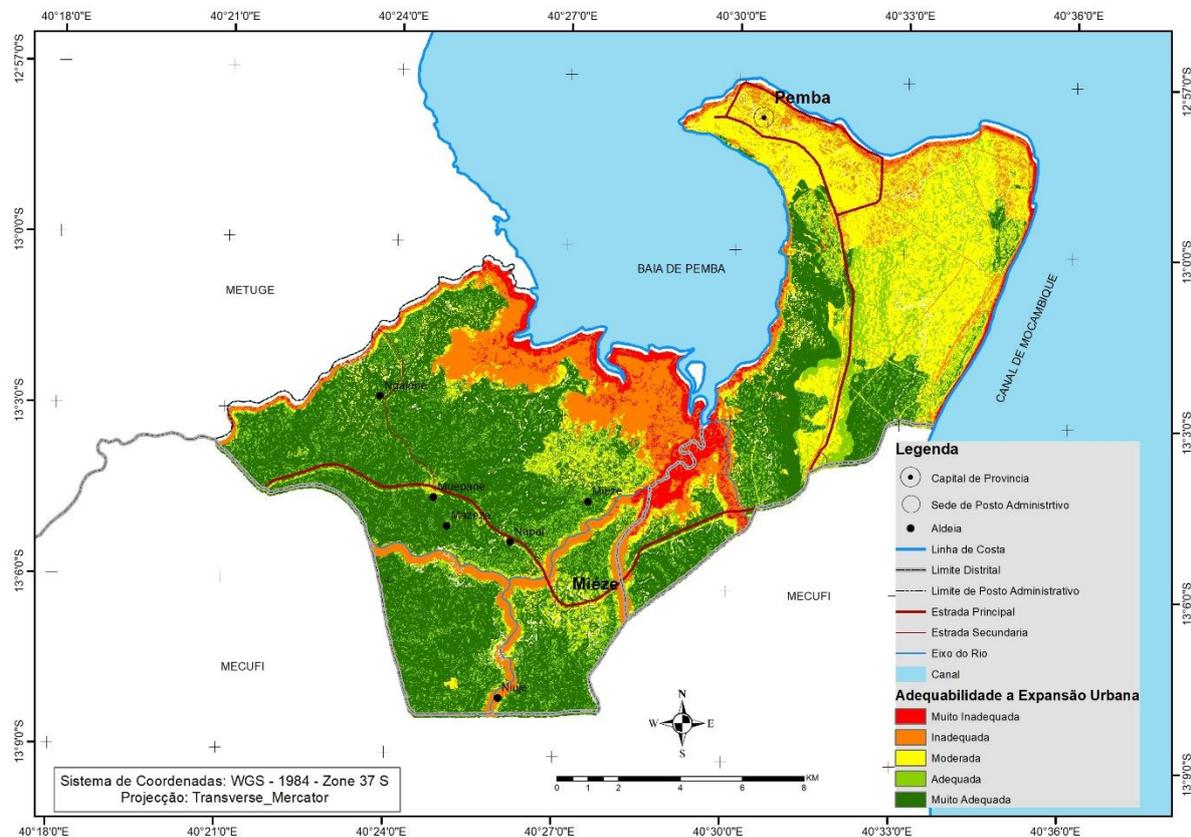
Soma Linhas	Autovector (W)	n (criterios)	Prod Vectorial (D*W)	Lambida	Lambida Max (Autovalor)	Indice Concistencia (IC)	Indice Randomico (IR)	Razao de Concistencia (RC)
2.67	0.082051282	5	0.46	5.57	5.37	0.09	1.12	0.08
9.50	0.292307692		1.58	5.42				
4.50	0.138461538		0.69	5.00				
6.83	0.21025641		0.97	4.61				
9.00	0.276923077		1.72	6.22				
32.50		1						

### 6.3. Mapa de Expansão Urbana

Para a obtenção do mapa final que representa as áreas de adequação ou restrição para expansão urbana, é feita o somatório dos produtos de cada mapa dos factores (figuras 7, 8, 9, 10 e 11) com os respectivos pesos (autovectores). Este procedimento é executado na calculadora raster obtido nas ferramentas do ArcGIS Pro de seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Mapa Final} = & (\text{Altitude} \times 0.082051282) + (\text{Cobertura do Solo} \times 0.292307692) \\ & + (\text{Tipo de Solo} \times 0.138461538) + (\text{Declividade} \times 0.21025641) \\ & + (\text{Restricoes} \times 0.276923077) \end{aligned}$$

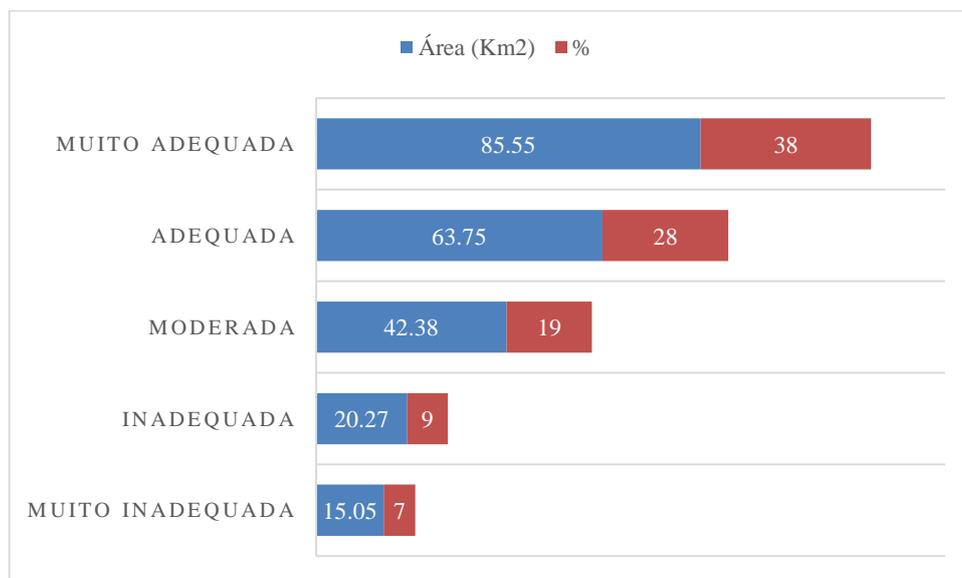
Equação 5: Determinação do mapa final



Mapa 11: Mapa final

O gráfico 1, demonstra através dos critérios e pesos definidos para cada um dos factores que 38 % da área de estudo corresponde à locais caracterizados como muito adequadas para a expansão urbana, correspondendo a 85.55 km<sup>2</sup> de superfície e 28 % para áreas adequadas. De igual modo, nota-se que parte ínfima da área de estudo corresponde a área muito inadequada com 15.05 km<sup>2</sup> e inadequada com 20.27 km<sup>2</sup> o que corresponde a 7 e 9% respectivamente.

Gráfico 1: Distribuição de áreas



Deste modo, para cada uma das classes de adequabilidade temos a seguinte descrição:

**Muito inadequado:** compreendem as áreas sobre as quais recaem cursos de água representado por rios no interior e margens da baía de Pemba e Canal de Moçambique. Essencialmente representam áreas que não oferecem condições para ocupações urbanas.

**Inadequado:** Compreendem áreas com ocorrência de espécies arbóreas aquáticas, margens do rio áreas com declividades muito acentuadas. Consistem em áreas de preservação ambiental contra erosão e exploração de espécies florestais que ocorrem ao longo dos cursos de água.

**Moderado:** Pelo estudo efectuado, conclui-se que as áreas de adequabilidade moderada consistem em áreas que perfazem o limite de reserva de proteção parcial e áreas onde já ocorrem algumas ocupações urbanas não obstante se referirem aos casos de solo exposto onde não recai nenhum tipo de edificações. Eventualmente pode dar lugar a alguma ocupação urbana

mediante estudos específicos e devidamente previstos nos Instrumentos de Ordenamento do Território.

**Adequado:** Refere-se a áreas onde pelo julgamento dos factores e critérios estabelecidos, consistem em áreas onde as condições para expansão urbana são favoráveis, sendo no em tanto, recomendado que os mesmos sejam validados pelos estudos específicos no terreno.

**Muito Adequado:** Compreende áreas onde absolutamente representa áreas favoráveis tendo em conta os julgamentos efectuados em cada um dos cinco factores. Sobre estas áreas não incide qualquer tipo de restrição a expansão urbana, representado a maior classe de adequabilidade.

## **6.4. Discussão dos Resultados**

### **6.4.1. Comparação com trabalhos anteriores**

Para efeitos do presente trabalho com objectivo de identificar áreas adequadas para expansão urbana, foram usados os cinco (5) factores, nomeadamente, altitude, cobertura do solo, tipo de solo, declividade e restrições no âmbito legal e ambiental.

Considerando a abordagem de diferentes autores e atendendo as especificidades de cada área de estudo, apresenta-se algumas referencias usadas para obtenção de resultado semelhante ao do presente trabalho:

- Garcia e Filho (2016) no trabalho com o título *Uso de Ferramenta SIG para análise de possíveis áreas de expansão da Cidade de Rio Paranaíba*, usaram como factores a área urbana, área não edificada, área de proteção permanente, buffer do aterro, declividade e buffer do aeroporto;
- Macarringue, et al (2019) usou os factores tipo de solo, hidrografia, declividade e uso do solo para o mapeamento de áreas favoráveis aos reassentamentos da população vítima de cheias ao sul da bacia do Limpopo – Moçambique;
- Barros e Marques (sd), consideraram como factores a declividade, áreas de mata densa e distância em relação as estradas, áreas urbanas consolidadas e rios no seu artigo com o título, *áreas urbanizáveis e expansão urbana: uma proposta de mapeamento para o município de viçosa-mg utilizando sistema de informação geográfica (análise multicritério)*;

- Com o tema Análise de susceptibilidade à erosão e aptidão à urbanização como contributo ao planeamento urbano no DF, Campos (2020) usou como factores a cobertura do solo, declividade e área não edificada;
- Dias, Gomes e Goes (2004), no artigo com o tema o uso do geoprocessamento na determinação de áreas favoráveis a expansão urbana no município de volta redonda, estado do rio de Janeiro, Brasil, consideraram como factores de estudo a geomorfologia, declividade, tipo de solos, ocupação do solo e proximidade a áreas urbanizadas e estradas;
- Abordando sobre o Uso de SIG na identificação de áreas aptas para expansão urbana de rio Paranaíba/MG, Filho e Gonçalves (2015) usaram como factores a declividade, uso do solo e factores de restrição hidrográfica, rodoviária e aeroporto.
- Para a identificação de áreas potenciais a expansão urbana no município de Pirassununga, São Paulo, Brasil, Trevisan, et al (2020), teve como factores a declividade, cobertura do solo e distâncias em relação aos corpos hídricos;
- Brandani (2018) na modelagem espacial para análise da restrição ambiental para a expansão urbana em Itabira/MG, usou os factores APP Total (topo de morro, hídrica e de nascente), unidade de conservação de proteção integral, uso e ocupação do solo e geomorfologia;

Neste caso, notamos que a adopção dos factores depende das condições do terreno e disponibilidade de dados, sendo que, quanto mais factores forem consideradas no estudo, maior e a consistência do resultado na aplicação do método da análise multicritério.

#### **6.4.2. Validação e Limitações**

Pelo resultado obtidos e com base nas referências acima mencionadas, verifica-se que o método AHP pode ser adoptado para diferentes contextos e necessidades, permitindo que os decisores ajustem os critérios de acordo com as especificidades e preferências locais.

No caso concreto do nosso estudo, verifica-se que o resultado está de acordo com os estudos referidos anteriormente, pois os julgamentos realizados, nomeadamente, índice de consistência (IC) e razão de consistência (RC) produziram o resultado passível de validação através da observação indirecta em imagens de satélite bem como pela comparação com os trabalhos realizados através de métodos tradicionais.

Embora o método de análise hierárquica de processos (AHP) seja uma ferramenta muito importante para a tomada de decisão em situações complexas e com múltiplos critérios, ele também apresenta algumas limitações verificadas ao longo do estudo, designadamente, sensibilidade ao julgamento dos especialistas, complexidade na construção da hierarquia, dificuldade na definição de escalas de comparação, problemas de consistência e limitações na representação da incerteza e da imprecisão.

## **CAPITULO VII. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **7.1. Conclusões do Estudo**

O estudo permitiu identificar na Cidade de Pemba e Posto Administrativo de Mizeze um total de 149.3 km<sup>2</sup> de terra em condições satisfatórias para novas áreas de expansão e 35.32 km<sup>2</sup> de área onde deve-se desencadear acções de protecção e conservação contra ocupações habitacionais.

Com o estudo de caso, conclui-se que o uso de Sistema de Informação Geográfica permitiu determinar as áreas aptas para expansão urbana através de um estudo aprofundado das diversas características do terreno.

De igual modo, o Processo de Hierarquia Analítica provou ser eficaz no auxílio à tomada de decisão na gestão de terra tendo facilitado o relacionamento de diversos factores através de uma escala de pesos.

O método de Processo de Hierarquia Analítica adoptado poderá ainda permitir que aos decisores tenham uma análise holística, ampla e baseada em julgamento de cada um dos factores considerados.

O estágio foi uma oportunidade para de forma prática e com estudo de caso, conciliar os conteúdos lecionados ao longo do curso com actividade profissional concreta. A ADE sendo uma organização estatal com diversas áreas de actuação que se baseia em Sistemas de Informação Geográfica conferiu maior valor para consolidação dos conhecimentos.

### **7.2. Recomendações do Estudo**

Às entidades promotoras e gestoras da terra, designadamente, Direcção Nacional de Ordenamento do Território, Serviços Distritais de Geografia e Cadastro, Municípios e Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da Universidade Eduardo Mondlane, recomenda-se o uso desta metodologia visto que a mesma adapta-se como uma solução para qualquer região do País.

A efetivação da metodologia que o estudo apresenta, deve ser sempre acompanhada pela elaboração dos respectivos instrumentos de ordenamento do território.

Recomenda-se ainda, sempre que necessário, a inclusão de outros factores que possam representar maior significância na respectiva área de intervenção sendo que a determinação do seu grau de importância em relação a demais factores, deve ser com base no auxílio de especialistas.

À Direcção do curso de mestrado, recomenda-se a extensão do tempo de estágio como forma de permitir maior envolvimento dos estudantes nas diversas actividades desenvolvidas nas organizações tanto em gabinete assim como no campo.

À Direcção da Agencia Nacional para o Desenvolvimento Geo-Espacial, recomenda-se o apetrechamento da componente tecnológica pois apesar de ser uma instituição moderna, haviam momentos em que durante as actividades se verificava limitação de internet e falta de actualização da versão de alguns softwares.

## Referências Bibliográficas

Aguiar, C. D., Medeiros, C. D. (1996). Construção de um modelo básico unificado a partir de sistemas stand-alone. In: Congresso e feira para usuários de geoprocessamento, ii. p. 503-515.

Barbosa, E. F. (2008). Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. Ser professor universitário.

Barros, A. F. e Marques, E. T. (s/d). Áreas urbanizáveis e expansão urbana: Uma proposta de mapeamento para o município de viçosa-mg utilizando sistemas de informação geográfica (análise multicritério).

Bernardini, S. P. (2018). O planejamento da expansão urbana na interface com a urbanização dispersa: uma análise sobre a região metropolitana de Campinas (1970-2006). urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2018 jan./abr., 10(1), 172-185 DOI: 10.1590/2175-3369.010.001.AO02 ISSN 2175-3369

Bertahome, P. B e Brandalise, N. (s/a). Uso do método analytic hierarchy process (ahp) para escolha de fornecedor de farinha de trigo: um estudo de caso, UFF.

Brandani, G. B. (2018). Modelagem espacial para análise da restrição ambiental para a expansão urbana em Itabira/MG. Ufmg. Belo Horizonte.

Campos, C. L. O. (2020). Análise de suscetibilidade a erosão e aptidão a urbanização como contribuição ao planejamento urbano no DF. Monografia de projecto final, departamento de engenharia civil e ambiental, Universidade da Brasília, Brasília, DF, 72 p.

Cavalcante, R., Sila, G. A. (2015). Apostila de introdução ao sig: Pró-reitoria de planejamento e desenvolvimento. Ufmg

Costa, C. W., Dupas, F. A., Pons, N. A. D. (2012). Regulamento de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano director participativo do município de são Carlos, sp. Geociências. V. 31, n.2, p.143-157.

Costa, H.G. (2004). Introdução ao método de análise hierárquica. In: SBPO, XXXVI, São João Del Rei. Disp. em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arg0279.pdf>.

Cunha, L. M. A., (2007). Modelos rasch e escalas de likert e thurstone na medição de atitudes: Universidade de lisboa.

Da Silva, A. F. M. (2007). Utilização de sig no cadastro multifinalitário para municípios de pequeno porte.

Dias, J. E., Gomes, O. V. O e Goes, M. H. B. (2004). O uso de geoprocessamento na determinação de áreas favoráveis a expansão urbana no município de volta redonda, estado do rio de janeiro, brasil: Geografia, v. 13, n. 2.

Domingues, C. V. (2007). O sig na gestão pública: análise crítica de um caso bem-sucedido desafios e perspectivas, Exacta, São Paulo, v. 5, n. 2, pg. 345.

Dutra, L. V., Souza, R.C.M., Mitsuo, F. A., Moreira, J. C. (1981). Análise automática de imagens multiespectrais. São José de Campos: INPE

F.Almeida, G.Costa, R.Nascimento et al. (2007). Geoprocessamento no trato de controlo de características urbanas.

Fernandes, M. F. (2007). Sistema de informação geográfica na gestão do cadastro urbano municipal aplicado ao município da praia, Dissertação de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica, Universidade Nova de Lisboa.

Ferreira, N. C. (2006). Apostila de sistema de informações geográficas.

Ferreira, N. C. (2006). Apostila de sistema de informações geográficas. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás

Filho, R. F. F., Gonçalves, R. M. L. (2015). Uso do sig na identificação de áreas aptas para expansão urbana de rio Paranaíba/MG. Revista Territorium Terram. V3, N. 5. p. 41-48.

Freitas, C. F. S., Gomes, V. G., Borge, M. (2013). Planejamento urbano com uso de sistema de informação geográfica: o caso de Feira de Santana, BA. Universitas: Arquitetura e Comunicação e Comunicação geográfica: o caso de Fjun. 2013, Doi: 10.5102/uc.v10i1.1947.

Garcia, K. G., Filho, R. F. F. (2019). Uso da ferramenta SIG para análise de possíveis áreas de expansão da cidade de rio Paranaíba.

Gomes, R. C; Bias, E. S. (2018). Integração do método ahp e sig como instrumento de análise do nível de conservação ambiental em bacias hidrográficas, São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 37, n. 1, p. 167 – 182.

Goodchild, M. F., B. O. Parks and L.T. Steyaert. (1993). *Environmental modeling with gis*, Oxford University Press, New York.

Japiassú, L. A. T e Lins, R. D. B. (2014). As diferentes formas de expansão urbana, *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 02, n. 13, pp. 15-25.

Jordão, B. M. C e Pereira, S. R. (2006). A análise multicritério na tomada de decisão - o método analítico hierárquico de T. L. Saaty.

Macarrigue, L. S., Bolfe, E. L., Matule, E. D., Maziva, L. C. (2020). Mapeamento de áreas favoráveis aos reassentamentos da população vítima de cheias ao sul da bacia do Limpopo – Moçambique. *Anais do XIX Simpósio de Sensoriamento Remoto*. ISBN: 978-85-17-00097-3. INPE – Santos-SP, Brasil.

Maloa, J. M. (2019). A urbanização moçambicana contemporânea: sua característica, sua dimensão e seu desafio.urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180101. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180101>

Ministério da Administração Estatal. (2014). *Perfil do Distrito de Pemba Metunge Província de Cabo Delgado*.

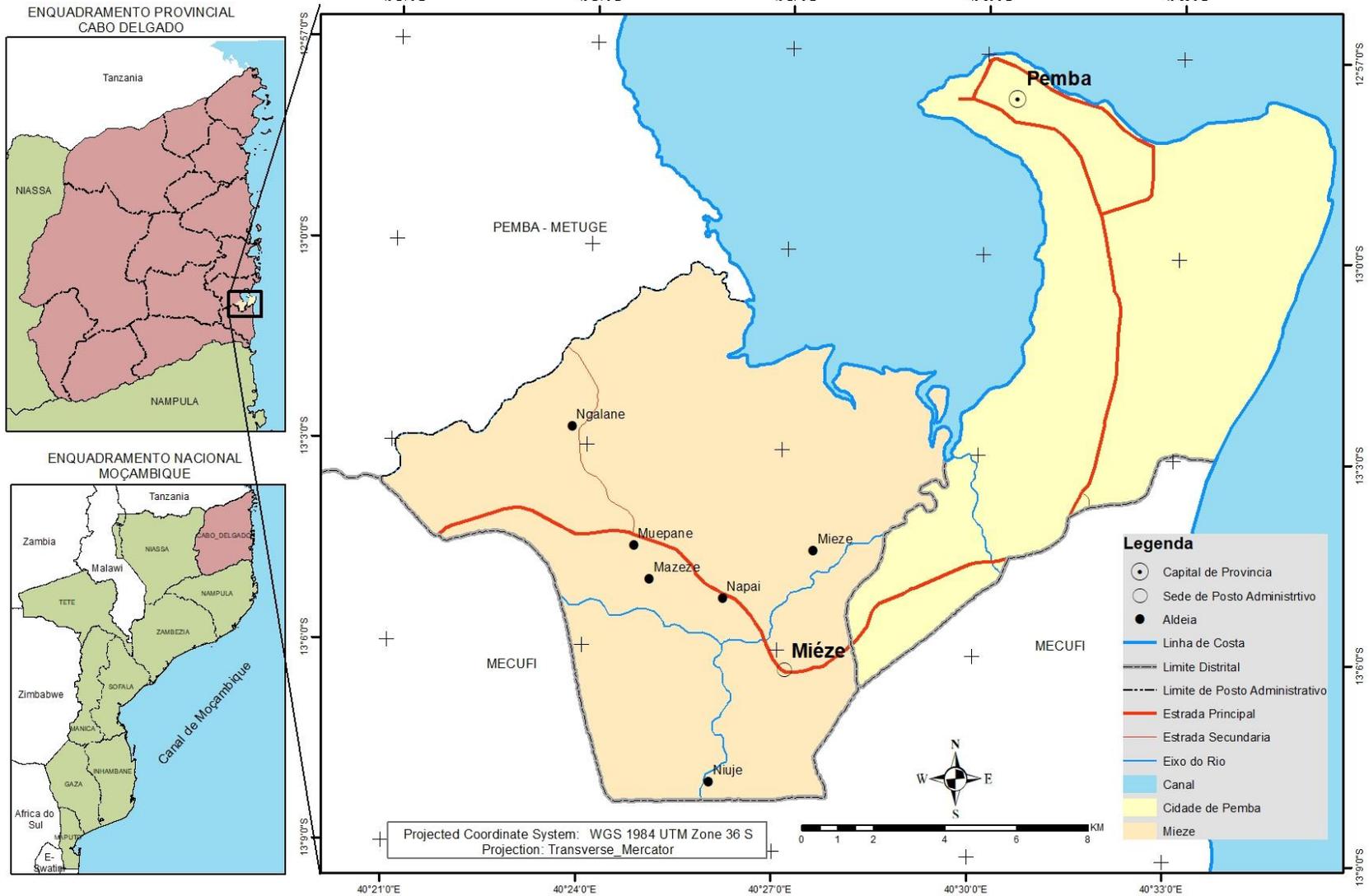
Neves, N., Juliao, R. P., Condessa, B., Fonseca, A., e Santos, H., 20

Prodanov, C. C., Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2ª Edição. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. Freevale.

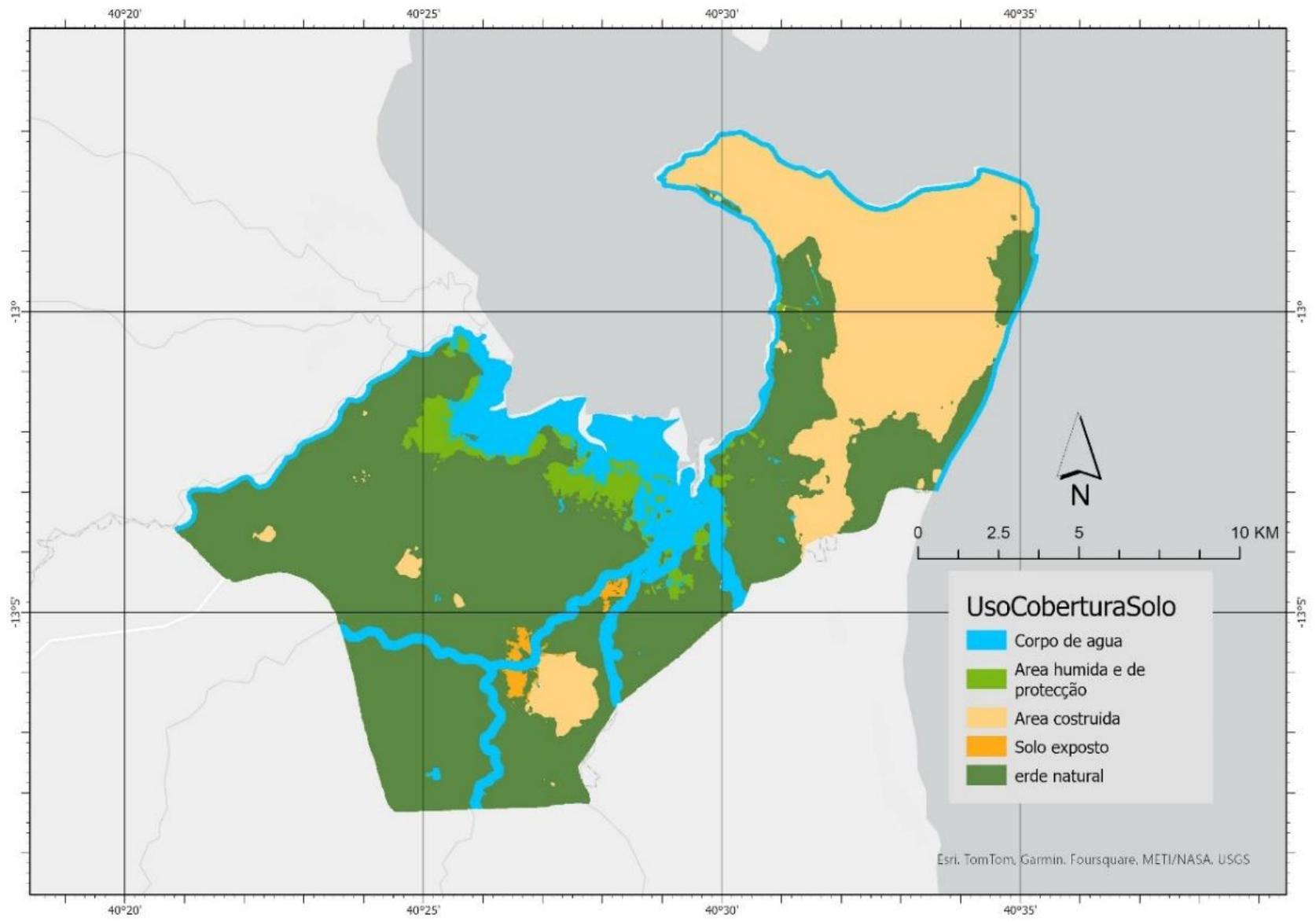
Trevisan, D. P., Carvalho. A. P. P., Carvalho, A. C. P., e Moschini, L. E. (2020). Identificação de áreas potenciais a expansão urbana no município de pirassununga, São Paulo, Brasil, *Revista tecnológica e ambiente*, v. 26, p.106-120.

## **Apêndice**

# Posto Administrativo de Mieze e Cidade de Pemba

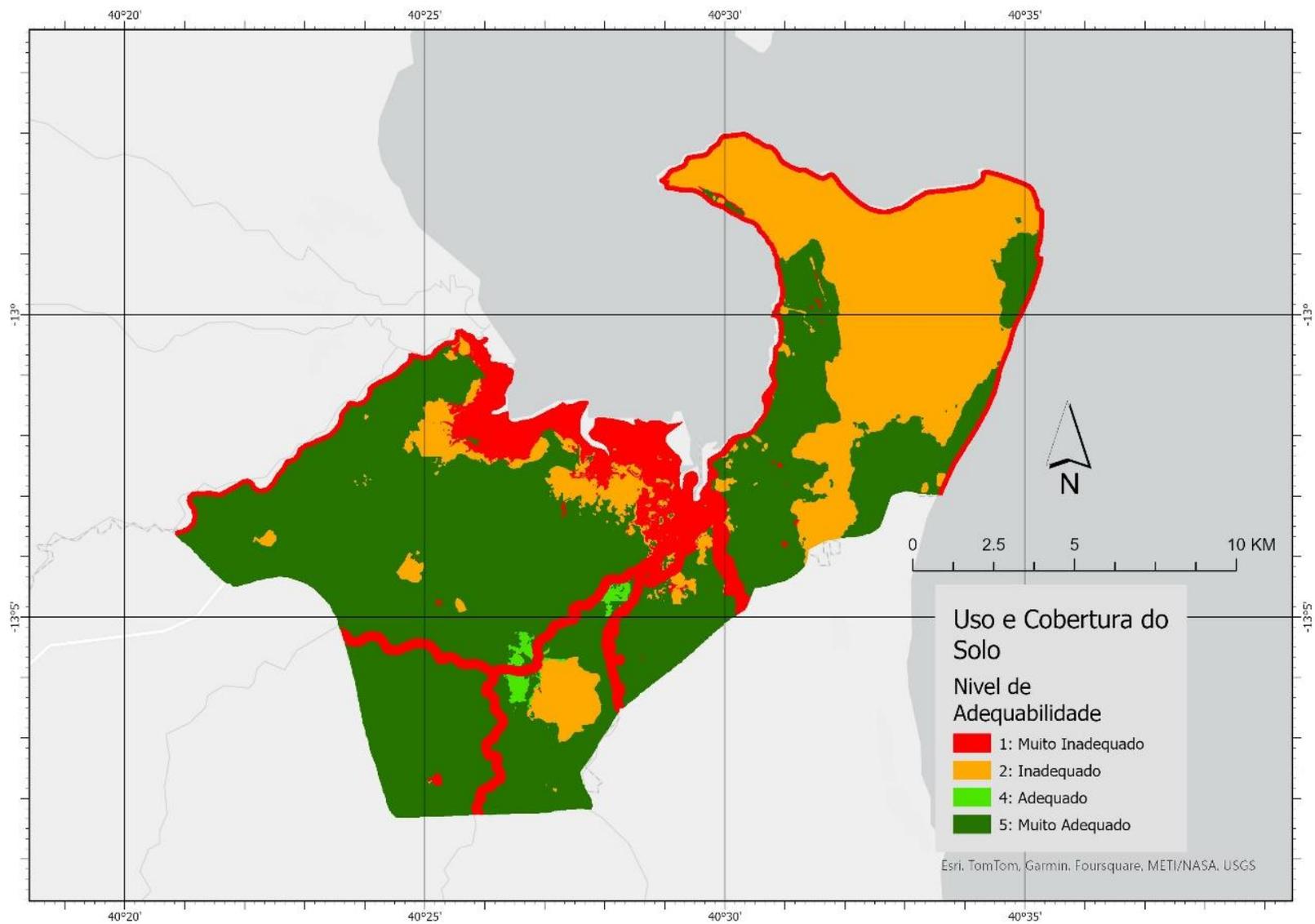


Mapa 1: Mapa de Localização

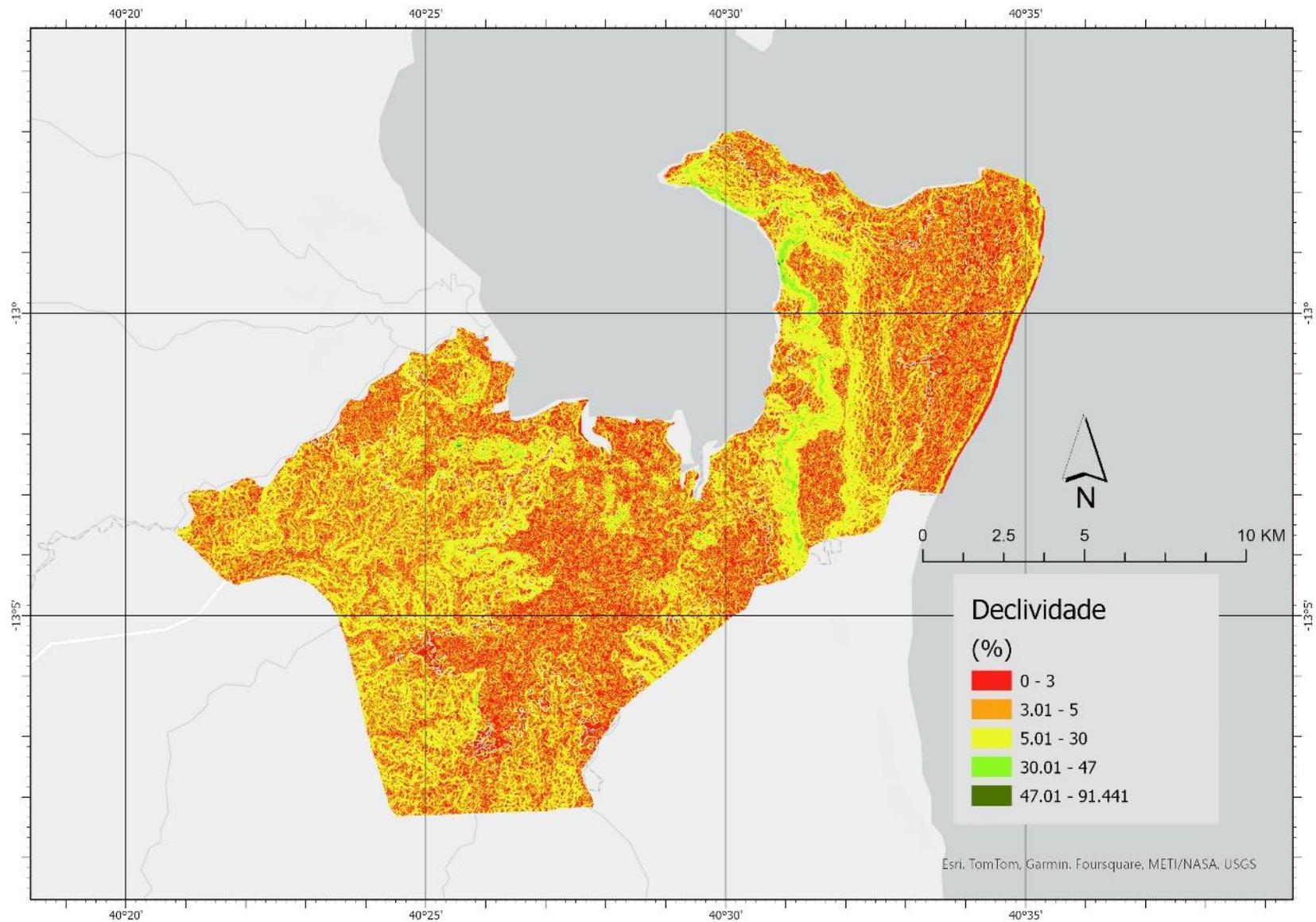


Mapa 2: Uso e Cobertura do Solo

b

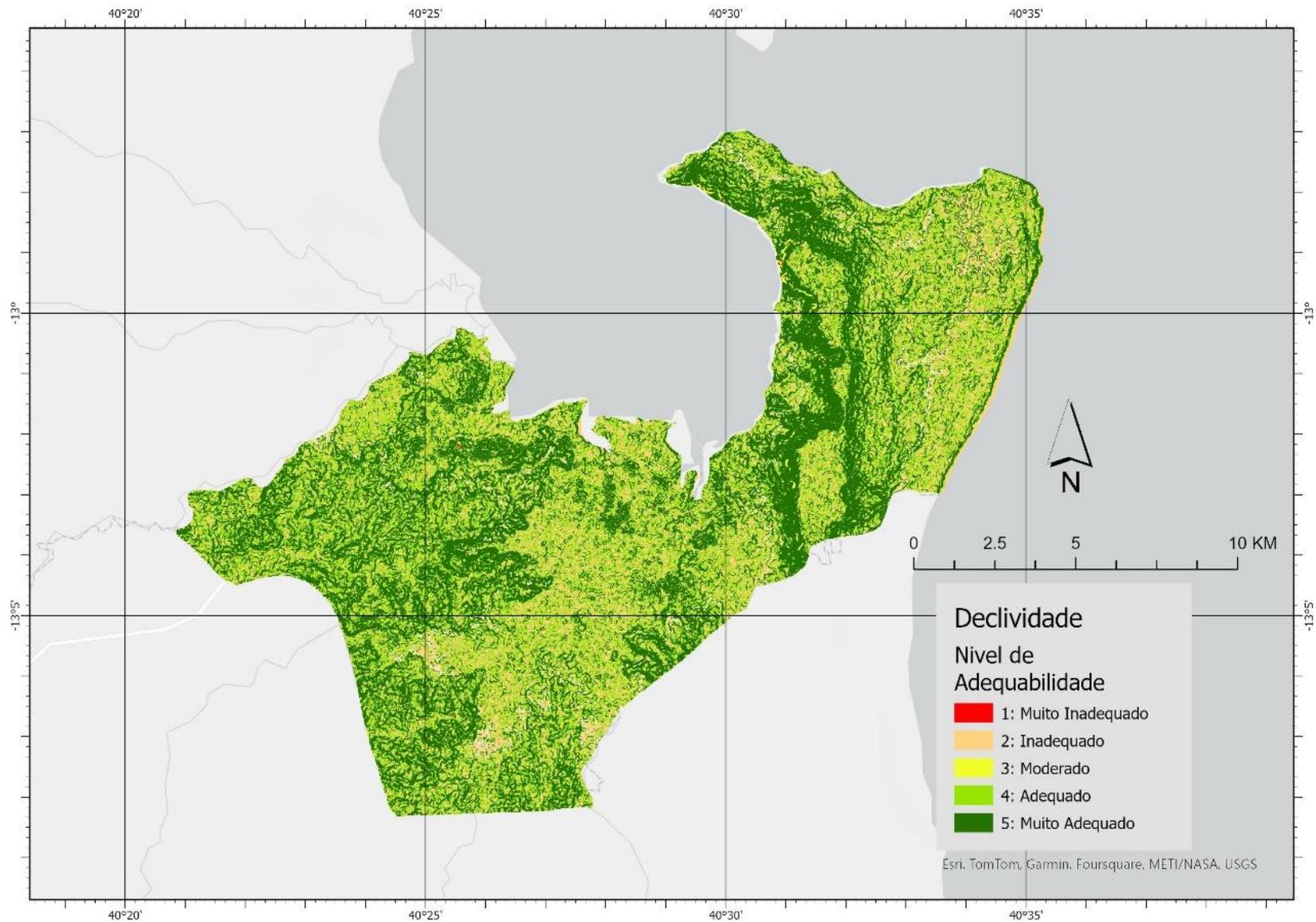


Mapa 3: Mapa de adequabilidade para o uso e cobertura do solo

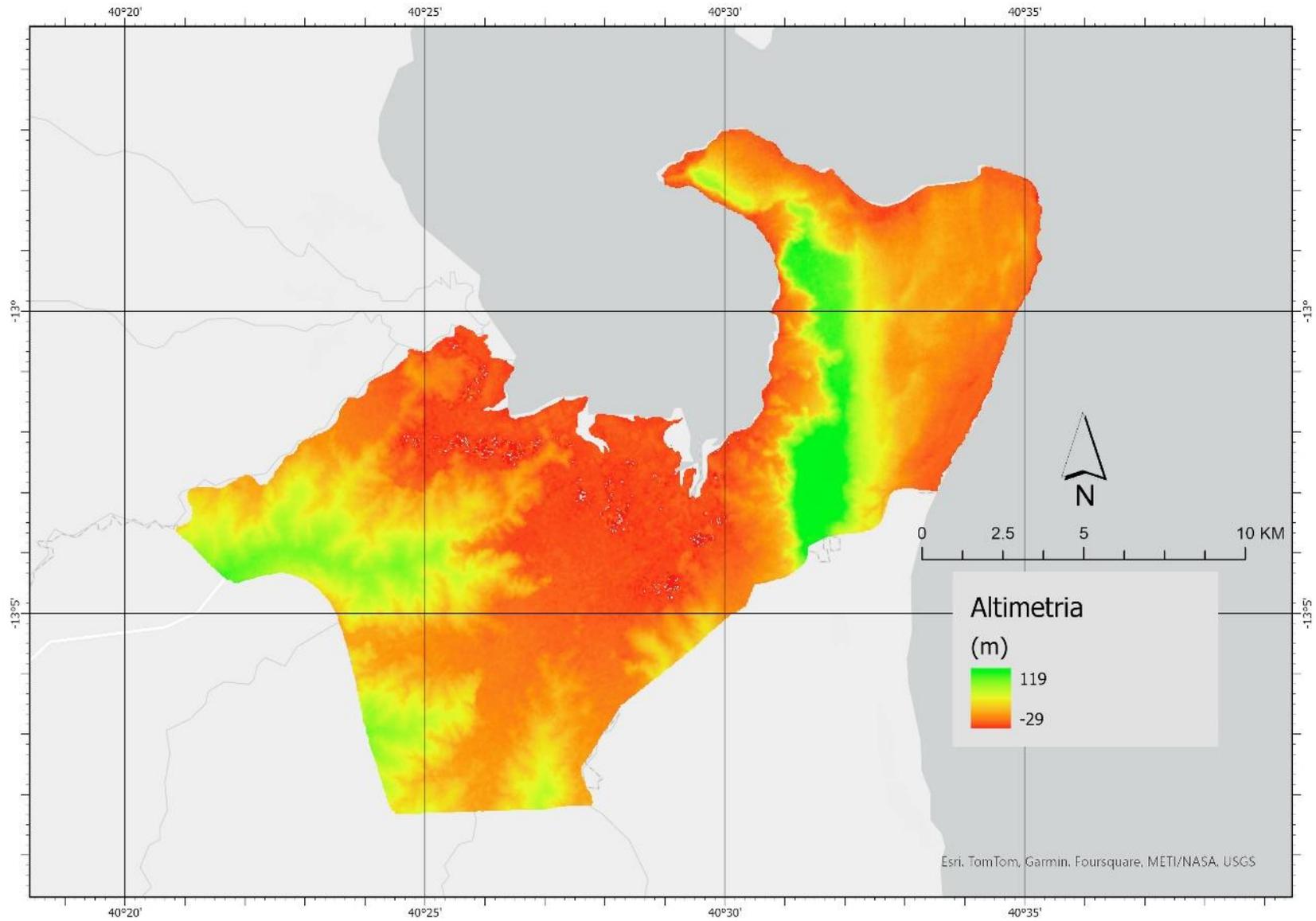


Mapa 4: Declividade

d

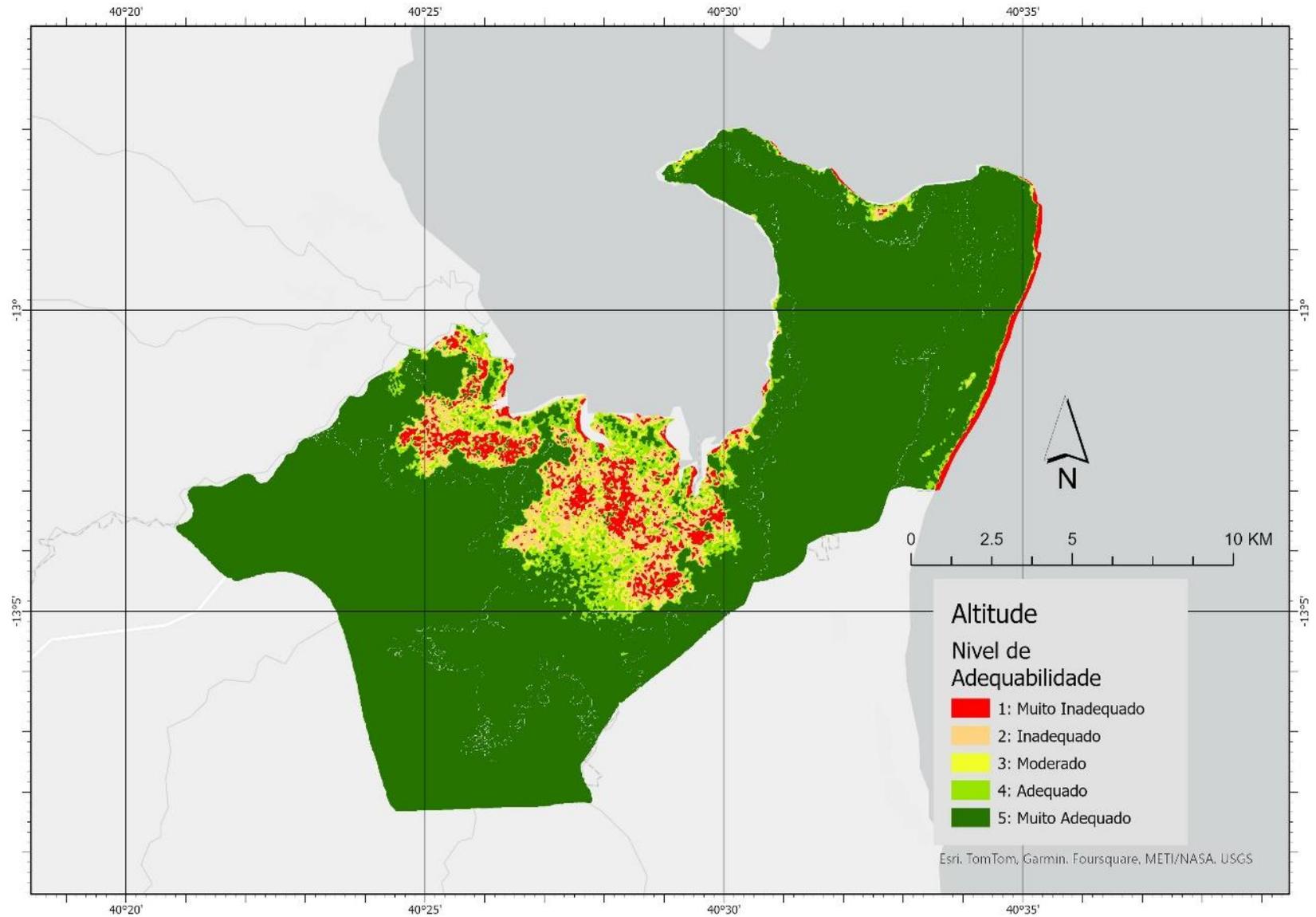


Mapa 5: Mapa de adequabilidade para a declividade

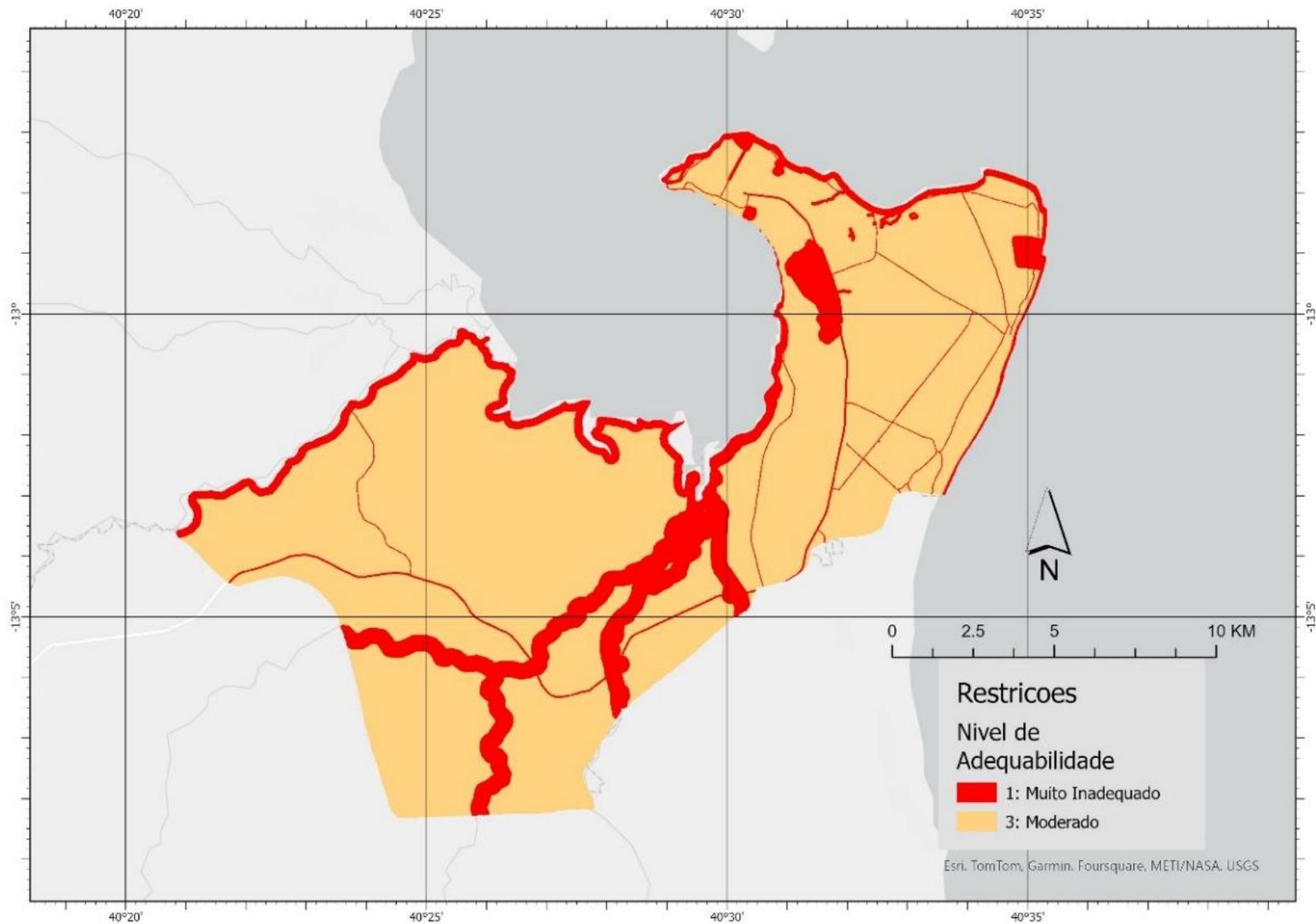


Mapa 6: Altimetria

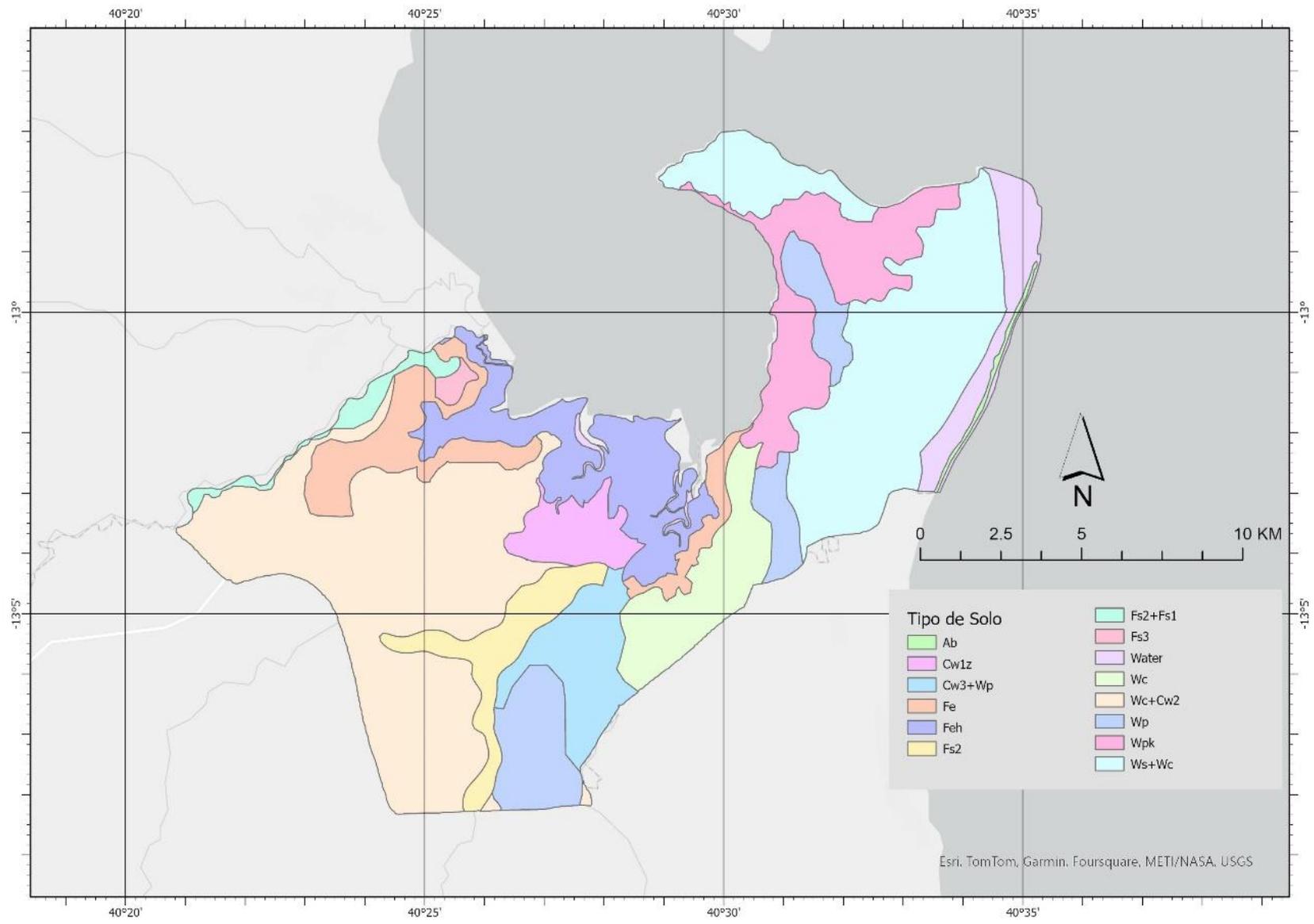
f



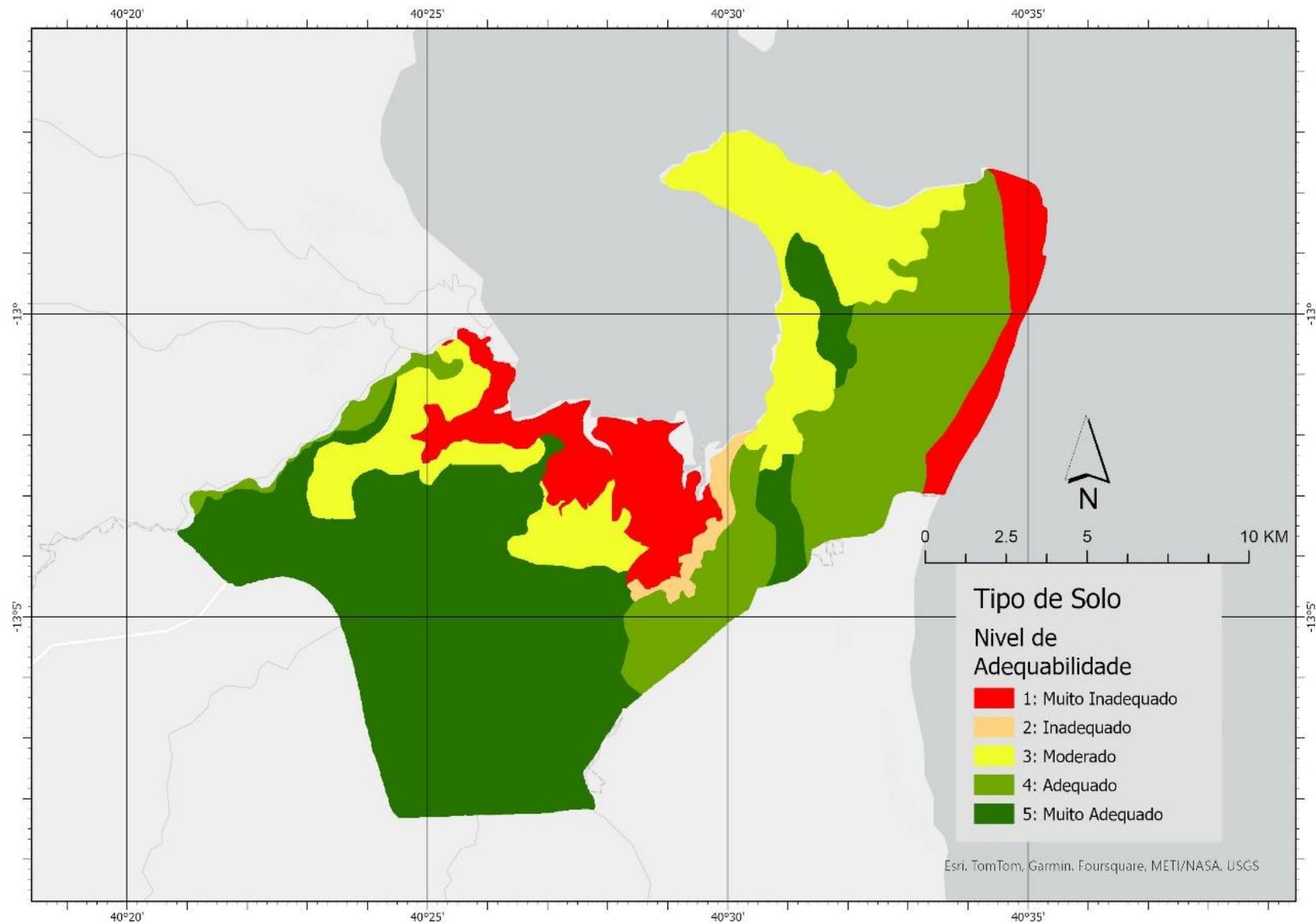
Mapa 7: Mapa de adequabilidade para a altitude



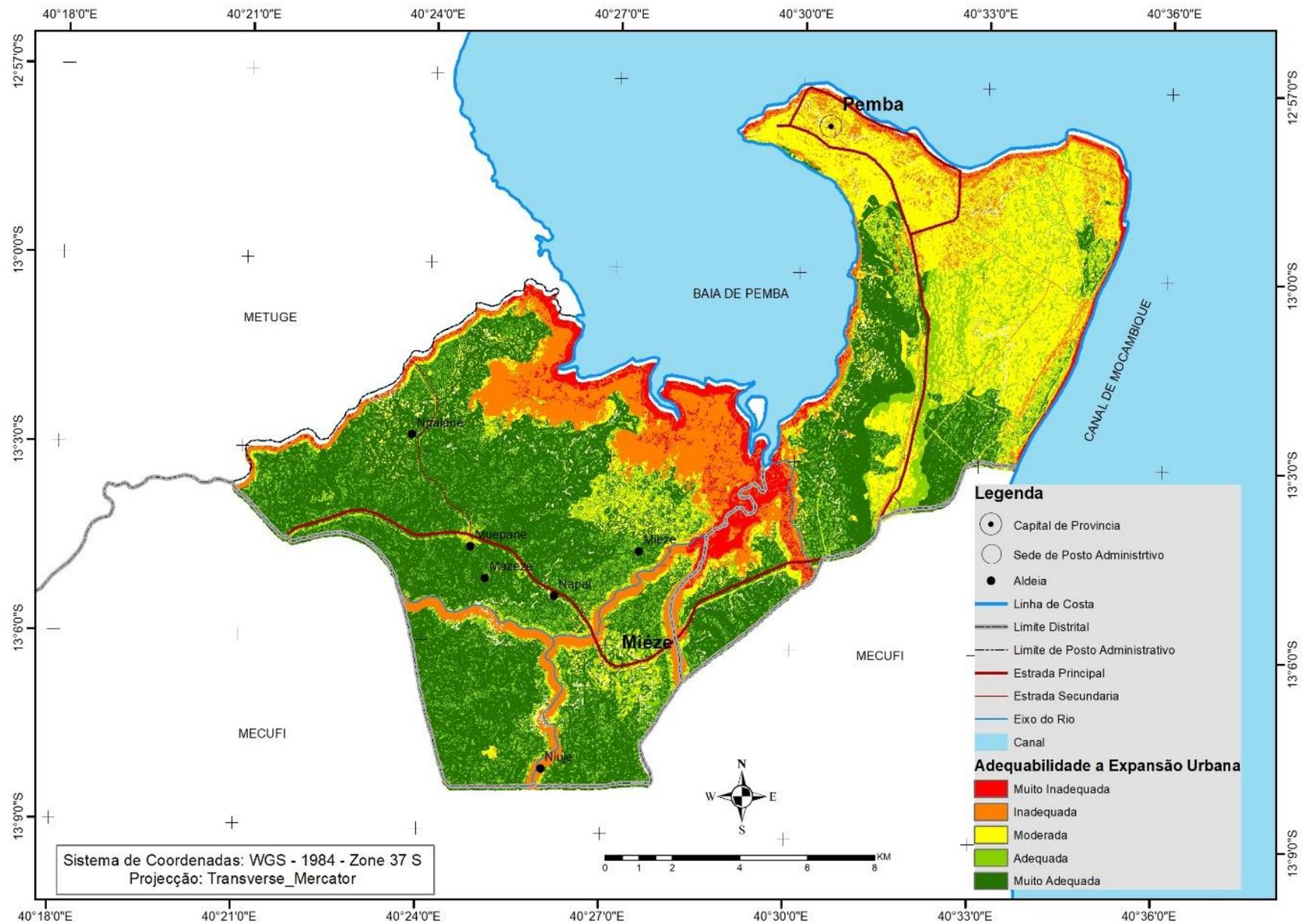
Mapa 8: Mapa de adequabilidade para as restrições



Mapa 9: Tipo de Solo



Mapa 10: Mapa de adequabilidade para o tipo de solo



Mapa 11: Mapa final Adequabilidade a Expansão Urbana  
 k